



IZNE

Interdisziplinäres **Zentrum** für Nachhaltige
Entwicklung der Universität Göttingen

Auf dem Weg zu einer nachhaltigen Bioenergienutzung - Instrumente zur Entscheidungsunterstützung



Niedersächsisches Ministerium
für Wissenschaft und Kultur



GEORG-AUGUST-UNIVERSITÄT
GÖTTINGEN

Einführung

Bioenergie ist ein Alleskönner! Aus Biomasse können sowohl Strom, Wärme und Kälte als auch Kraftstoffe erzeugt werden. Dabei kommen viele Technologien, unterschiedliche Einsatzstoffe und verschiedene Betreiberkonzepte zum Einsatz. Bei der energetischen Nutzung von Biomasse sind darüber hinaus die unterschiedlichsten Akteure beteiligt, wie z. B. Land- und Forstwirte, Energieversorger, Kommunen und deren Bürger, aber auch außerlandwirtschaftliche Investoren, mit teilweise gegensätzlichen Interessen. Da Bioenergie Flächen beansprucht, spielen zusätzliche Faktoren wie Flächenkonkurrenzen, landwirtschaftliche Pachtpreisentwicklungen, Veränderungen des Landschaftsbildes und der Biodiversität und Akzeptanzprobleme eine verstärkte Rolle bei der Entscheidung, ob und wie ein Bioenergiekonzept entwickelt werden soll.

All diese unterschiedlichen Aspekte zeigen, wie komplex das Thema Bioenergie ist, und machen eine Entscheidung für oder gegen ein geplantes Projekt schwierig. Projektinvestoren entscheiden in erster Linie auf der Basis wirtschaftlicher Analysen; Nachhaltigkeitsaspekte werden oftmals nur beiläufig und unvollständig beachtet. Die Folge dieser einseitigen Sichtweise sind dann oft Akzeptanzprobleme in der Bevölkerung.

Diese Broschüre wendet sich u.a. an Landwirte, Regionalplaner, Verwaltungen, Anlagenbetreiber, Naturschutzverbände, Ingenieurbüros und interessierte Bürger. Sie zeigt steckbriefartig einige wichtige Nachhaltigkeitsaspekte sowie Instrumente auf, die bereits bei der Bioenergie-Konzeptentwicklung und Projektplanung hilfreich sein können. Die Entscheidung wird dem Nutzer damit nicht abgenommen, aber die vorgestellten „Produkte“ ermöglichen ein Abwägen verschiedener alternativer Konzepte aus dem Blickwinkel der Nachhaltigkeit und erhöhen die Transparenz des Entscheidungsprozesses. In der Broschüre werden u. A. Softwaremodelle vorgestellt, die teilweise open source genutzt werden können (BioSTAR, Software zur multikriteriellen Entscheidungsunterstützung). Weiterhin werden Handlungsempfehlungen bezüglich ökologischer Aspekte des Energiepflanzenbaus sowie Hinweise zur wirtschaftlichen Realisierung von Wärmenutzungskonzepten vor Ort gegeben. Im Kapitel „Organisation der Erneuerbare Energie-Transformation auf regionaler Ebene“ werden Prozessschritte aufgezeigt, wie eine Umstellung auf Erneuerbare Energien in Landkreisen und Kommunen umgesetzt werden kann.

All diese Produkte wurden im Rahmen des Verbundforschungsprojektes „Nachhaltige Nutzung von Energie aus Biomasse im Spannungsfeld von Klimaschutz, Landschaft und Gesellschaft“ am Interdisziplinären Zentrum für Nachhaltige Entwicklung (IZNE) der Universität Göttingen entwickelt. Weitere Informationen zu dem Verbundforschungsprojekt finden sich unter www.bioenergie.uni-goettingen.de.

Das Projekt und diese Broschüre werden durch das Niedersächsische Ministerium für Wissenschaft und Kultur (MWK) finanziert.

Jens Ibendorf (Herausgeber)
Interdisziplinäres Zentrum für Nachhaltige Entwicklung
der Universität Göttingen
Goldschmidtstr. 1
37077 Göttingen

Tel.: 0551-39-14401

E-mail: jens.ibendorf@geo.uni-goettingen.de

Inhaltverzeichnis

Modellierung von Agrarpflanzenerträgen mit der BioSTAR Software	2
Energiepflanzenbau – ökologisch optimiert!	4
Bioenergie immer zuerst auf belastete Areale!	6
Wirtschaftliche Optimierung von Nahwärmenetzen für Bioenergiedörfer	8
Multikriterielle Entscheidungsunterstützung zur Nachhaltigkeitsbewertung.....	10
Organisation der Erneuerbare Energie-Transformation auf regionaler Ebene.....	12

Modellierung von Agrarpflanzenenerträgen mit der BioSTAR Software

Zielgruppen

Kommunal- und Regionalplanung, landwirtschaftliche Betriebe, Forschungseinrichtungen, Ingenieurbüros.

Problembeschreibung

In einer intensiv genutzten Kulturlandschaft mit vielfältigen Nutzungsansprüchen ist heutzutage jede Fläche durch eine Nutzung belegt und die verschiedenen Nutzungsarten (Nahrung, Energie, Natur- und Landschaftsschutz) konkurrieren untereinander um diese Flächen. Eine wohldurchdachte und überregional ausgelegte Flächennutzungs- und Anbauplanung scheint daher für die Konfliktvermeidung in der Agrarlandschaft unabdingbar.

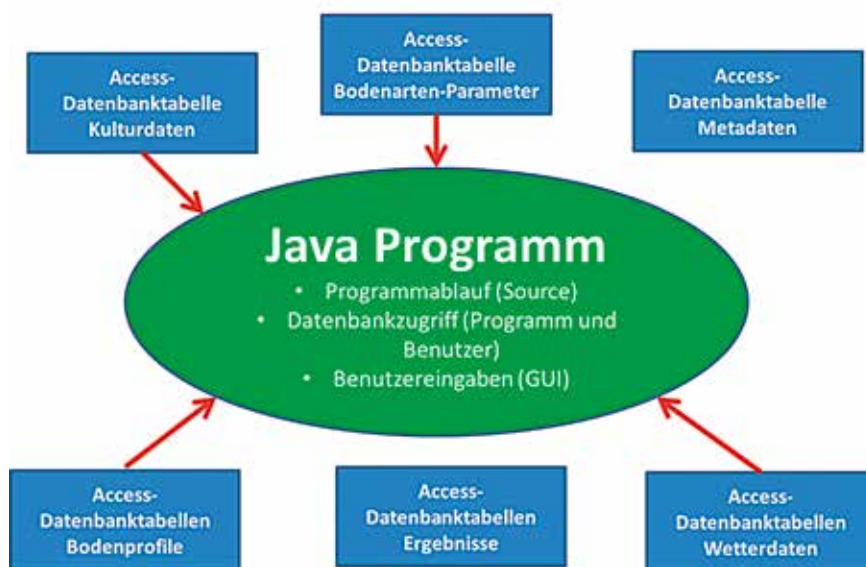
Die Einführung von neuen Kulturarten, Nutzungsformen (z.B. Energiepflanzen) und Fruchtfolgen birgt für beteiligte Akteure (Landwirte, Biogasanlagen-Betreiber) gewisse Risiken, da in Punkto Ertragshöhen und Deckungsbeiträgen oftmals noch keine Erfahrungswerte für diese vorliegen. Auch für regionale und großräumige Abschätzungen von Ertragspotenzialen, sei es für Energiepflanzen oder Nahrungsmittelkulturen, beschränkt sich die Datenlage oft auf die für die Landkreise zusammengefassten Werte der Agrarstatistiken. Einflüsse des Klimawandels (Extremjahre und -Wetterereignisse) auf die Ertragshöhen und den Wasserverbrauch von Kulturen lassen

sich schwer abschätzen und stellen somit ein weiteres und schlecht kalkulierbares Risiko für die beteiligten Akteure dar.

Lösungsansätze/ Produktbeschreibung/ Grafiken

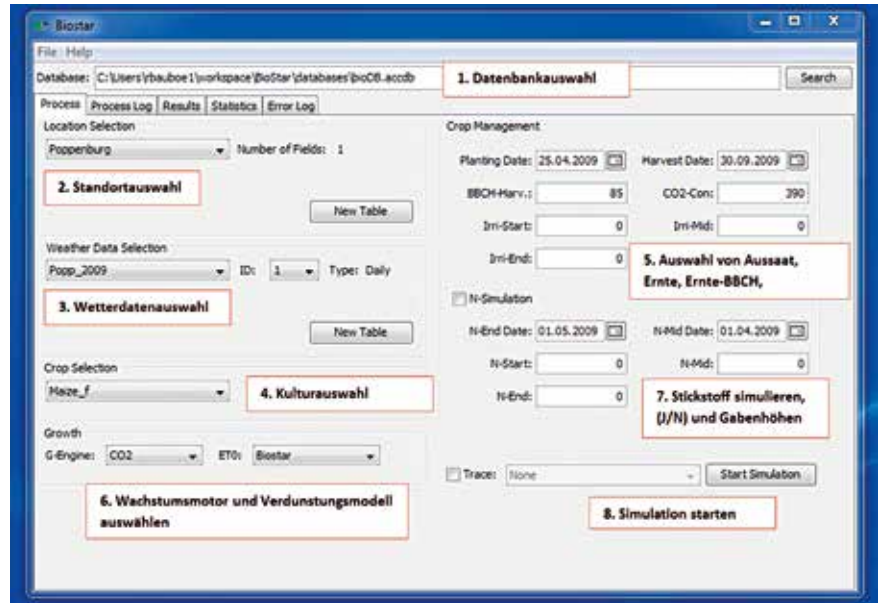
Das Pflanzenmodell BioSTAR ist insbesondere für die schlagspezifische oder großräumige Berechnung von Biomassepotenzialen im Agrarbereich entwickelt worden. In Abhängigkeit von Klima- und Bodenverhältnissen lassen sich die Erträge von Energie- und Nahrungsmittelpflanzen mit dem Modell innerhalb eines mittleren Fehlerbereichs von +/- 10% gut abschätzen. Insbesondere die Parameter der Wassermengen (Niederschlags- und Bodenwasser) und der Temperatur-

und Strahlungsumgebung steuern in dem einfach gehaltenen Wachstumsmodell die Ertragsbildung von Agrarpflanzen. Sie eröffnen dem Anwender eine gewisse "Vorauschauperspektive" und bieten somit auch ein stückweit mehr Planungssicherheit. Das Pflanzenmodell ist in einer einfach zu bedienenden und kostenlosen Software untergebracht, für deren Nutzung allerdings eine Installation der Microsoft Datenbanksoftware 'MS-Access' erforderlich ist. Der Zugriff auf die Datenbanksoftware ermöglicht dem Programm ein schnelles und einfaches Auslesen und Hineinschreiben von Eingangs- und Ergebnisdaten (vgl. Abb. 1). Aufgrund der Verwendung einer Datenbankverbindung ist auch die Verarbeitung von sehr großen Klima- und Bodendaten-



Softwarearchitektur des BioSTAR Modells

sätzen (z.B. auf Landkreisebene) relativ einfach zu handhaben. Die Benutzeroberfläche von BioSTAR ist einfach gehalten und erschließt sich auch für nicht-wissenschaftliche Anwender schnell (Abb. 2). Derzeit lässt sich mit BioSTAR das Wachstum verschiedener Winter- und Sommergetreide, Raps, Mais, Sorghum, Zuckerrübe, Sonnenblume, Silphie, und Pappel/Weide modellieren. Die Kalibrierung/Validierung für Silphie und Pappel/Weide steht noch aus. Sofern Pflanzenparameter vorliegen, können auch neue Kulturen im Modell angelegt werden.



Eingabemaske von BioSTAR: Mit 8 Klicks zum Simulationsstart

Ansprechpartner

Dr. Roland Bauböck,
Prof. Dr. Martin Kappas,
Geographisches Institut
Abteilung Kartographie,
GIS und Fernerkundung
Goldschmidtstr. 5
37077 Göttingen

Tel.: +49(0)551/39-8071
Fax: +49(0)551/39-8020
E-mail: mkappas@uni-
goettingen.de

Weiterführende Literatur

Bauböck, Roland. 2013. GIS-gestützte Modellierung und Analyse von Agrar-Biomassepotenzialen in Niedersachsen – Einführung in das Pflanzenmodell BioSTAR, Dissertation. [Online] 15. 02 2013. [Zitat vom: 05. 08 2013.] <http://hdl.handle.net/11858/00-1735-0000-000E-0ABB-9>.

Weiterführende Informationen zur Software: <http://www.uni-goettingen.de/de/ag-biostar/431252.html>

Bauböck, R. (2013). Modelling of Site Specific Biomass Potentials. In: Ruppert, H., Kappas, M. & Ibendorf, J. (Hrsg., 2013). Sustainable Bioenergy Production – An Integrated Approach. S.111-139, Springer, Dordrecht.

Tum, Markus, Günther, Kurt P., Kappas, Martin. 2013. A Process-Based Vegetation Model for Estimating Agricultural Bioenergy Potentials. In: Ruppert, H., Kappas, M. & Ibendorf, J. (Hrsg., 2013). Sustainable Bioenergy Production – An Integrated Approach. S.97-110, Springer, Dordrecht.

Energiepflanzenbau – ökologisch optimiert!

Zielgruppen

Landwirte, Biogasanlagenbetreiber, Landkreisverwaltungen, Naturschutzverbände, Imker, Bioenergieakteure.

Problembeschreibung

Die Öffentlichkeit verbindet mit dem Begriff „Energiepflanzenbau“ den Anbau von Mais und Raps. Tatsächlich vereinigen diese beiden

Kulturen auch 80 % der niedersächsischen Energiepflanzenanbaufläche. Biogasmais nimmt allein 205.000 ha Fläche (Stand 2011) ein. Eigentlich könnte jedoch eine Vielzahl von verschiedenen Pflanzen als Energiepflanzen angebaut werden, so dass Fruchtfolgen und Landschaft eine Bereicherung erfahren. Leider wird davon in der Praxis noch zu wenig Gebrauch gemacht.

Einige Beispiele aus unseren Modellbetrieben in den Landkreisen Wolfenbüttel und Goslar und Region Hannover sollen aufzeigen, wie ein ökologisch optimierter Energiepflanzenbau zur **Bereicherung der Landschaft, zur Artenvielfalt, zum Boden- und Klimaschutz und zu gesünderen Fruchtfolgen** beitragen kann.



Beispiel 1: Untersaaten zu Mais



Beispiel 2: Artenmischungen mit Getreide und Leguminosen



Beispiel 3: Blütenreiche Dauerkulturen auf ökologisch sensiblen Standorten



Lösungsansätze

Beispiel 1: Untersaaten zu Mais

Untersaaten im Mais verbessern die Humusbilanz, aktivieren das Bodenleben in humuszehrenden Fruchtfolgen und schützen den Boden vor Bodenerosion. Nach der Maisernte wächst das im Bild zu sehende Welsche Weidelgras rasch weiter und schützt den Boden über Winter vor Erosion. Im Frühjahr ist eine Ernte und Nutzung als Futter oder Gärsubstrat möglich.

Beispiel 2: Artenmischungen mit Getreide und Leguminosen

Kulturartenmischungen, wie z. B. Wintertriticale und Winterwicke, erhöhen die Artenvielfalt, locken Bienen und Insekten an und sind eine optische Augenweide in monotonen Getreidelandschaften.

Beispiel 3: Dauerkulturen auf ökologisch sensiblen Standorten

Dauerkulturen wie die Durchwachsene Silphie (*Silphium perfoliatum* L.), die Nordamerikanische Malve (*Sida hermaphrodita*), spezielle Wildpflanzenmischungen für Biogasnutzung sowie Dauergräser können besonders auf Standorten, die bei intensiver Bewirtschaftung zur Bodenverdichtung, Erosion, Nährstoffauswaschung, zum Humusaufbau und Artenschwund neigen, positive ökologische Effekte erzielen.

Zu erwartende Ergebnisse

Eine Auflockerung der Fruchtfolgen und die Integration neuer, bisher nicht angebauter „Biogaskulturen“ sowie die Herausnahme von ökologisch sensiblen Standorten aus der Fruchtfolge für den extensiven Anbau von Dauerkulturen sind die Grundlagen für einen „integrativen Energiepflanzenanbau“. Auf problematischen Standorten eröffnen Dauerkulturen große Chancen, die negativen Effekte einer intensiven Landwirtschaft auf Biodiversität und Landschaftsfunktionen abzu-

mildern. Verminderung von Boden-erosion, Humusaufbau durch C-Speicherung, Reduktion des Austrages von Stickstoff und Pflanzenschutzmitteln in Grund- und Oberflächenwasser, Erhöhung der Wasserrückhaltefähigkeit können durch gezielten Anbau von Energiepflanzen, insbesondere durch Dauerkulturen erreicht werden. Des Weiteren können mit dem Maisanbau vergleichbare Kosten pro erzeugte Energieeinheit erzielt werden.

Ansprechpartner

PD Dr. Marianne Karpenstein-Machan,
Interdisziplinäres Zentrum für Nachhaltige Entwicklung,
Universität Göttingen,
Goldschmidtstr. 1,
37077 Göttingen,
Tel.: 0551 39 12 781,
E-mail: mkarpen@gwdg.de

Weiterführende Literatur

Karpenstein-Machan, M (2004). Neue Perspektiven für den Naturschutz durch einen ökologisch ausgerichteten Energiepflanzenbau, Zeitschrift: Naturschutz und Landschaftsplanung, 2/36, 58 -64.

Karpenstein-Machan, M. & Weber (2010). Energiepflanzenanbau für Biogasanlagen: Veränderung der Fruchtfolgen und der Bewirtschaftung von Ackerflächen in Niedersachsen. Naturschutz und Landschaftsplanung 42 (10), 313 – 320.

Karpenstein-Machan, M., Zimmermann, T., Musshoff, O. (2013). Ökonomische und pflanzenbauliche Optimierung des Anbaus von Nahrungs-, Futter- und Energiepflanzen mit Unterstützung eines Linearen Programmierungsmodells. Berichte über Landwirtschaft, Bd. 91, Heft 1, 1 -16.

Karpenstein-Machan, M. (2013) Integrative Energy Crop Cultivation as a Way to a More Nature-Orientated Agriculture. In: Ruppert, H., Kappas, M. & Ibendorf, J. (Hrsg., 2013). Sustainable Bioenergy Production – An Integrated Approach. S. 143-180, Springer, Dordrecht.

Bioenergie immer zuerst auf belastete Areale!

Zielgruppen

Politiker, Regionalplaner, landwirtschaftliche Berater Wissenschaftler, Verwaltung, Landwirte

Problembeschreibung

In Deutschland sind potenziell bis zu etwa 10% der gesamten landwirtschaftlichen Fläche mit Schadelementen belastet, so dass dort nur eine eingeschränkte Lebens- und Futtermittelproduktion möglich ist. Solche Bereiche umfassen etwa die Auenbereiche großer Flüsse wie Rhein, Neckar, Main, Weser, Elbe und teilweise auch kleinerer Flüsse wie z.B. Oker und Innerste (Niedersachsen), aber auch Rieselfelder, Industrieflächen oder Schwermetallindustriestandorte. Häufig sind diese Flächen mit mehreren Schadelementen wie z. B. Arsen, Cadmium, Blei, Kupfer, Antimon, Thallium und Zink belastet. Konventionelle Technologien zum Sanieren dieser zum Teil ausgedehnten Bereiche sind weder ökonomisch noch ökologisch sinnvoll durchführbar. Die Schadelemente durch den gezielten Anbau mit schwermetallakkumulierenden Pflanzen zu reinigen, die sogenannte Phytoremediation, ist nicht zielführend, da es Jahrhunderte bis Jahrtausende dauern würde, den Gehalt in dem Boden auf akzeptable niedrige Gehalte zu senken.

Die richtige Pflanzenwahl für Bioenergie auf belasteten Flächen

Eine echte Alternative hierzu ist es, auf belasteten Flächen Pflanzen mit hohen Biomasseerträgen und gleichzeitiger geringer Schadelementaufnahme anzubauen. Diese Pflanzen werden siliert und dann als Substrat in Biogasanlagen gegeben und können somit zur erneuerbaren Strom- und Wärmeproduktion beitragen. Bei diesem Nutzungspfad ist die Gefahr des Eintritts der giftigen Metalle in die Futtermittel- bzw. Lebensmittelkreisläufe gebannt. Durch die mögliche ganzjährige Bedeckung des Bodens mit Energiepflanzen werden nur wenige Schadelemente in andere Bereiche oder in die Gewässer verlagert. Die Gärreste mit den darin enthaltenen Nährelementen werden als Wirtschaftsdünger wieder auf die Felder zurückgeführt, auf denen die Energiepflanzen erzeugt wurden. Hierbei muss beachtet werden, dass sich die Schadelemente im Gärrest ungefähr um den Faktor 3 gegenüber dem Ausgangssubstrat anreichern (Sauer 2009; Sauer & Ruppert 2013). Da der Grenzwert für Cadmium in Düngemitteln nach der Düngemittelverordnung bei 1,5 mg/kg TS (Trockensubstanz) liegt, dürfen somit im Mittel nur Energiepflanzen mit Cadmiumgehalten unter 0,5 mg/kg TS eingesetzt werden. Um dies zu gewährleisten, wird derzeit von Forschern der Universität Göttingen ein Prognosesystem für zu erwartende Schadelementgehalte im Erntegut vorbereitet. Als

Eingangsdaten für diese Prognosen werden die mobilen Schadelementgehalte des Bodens mittels Ammoniumnitratextraktion benötigt. Erste grobe Abschätzungen sind bereits möglich, weitere werden in den nächsten Monaten zur Verfügung stehen und sollen in folgenden Forschungsprojekten ausgebaut und präzisiert werden.

Neben der Nutzung von Energiepflanzen für Biogas kann auch der Anbau von schnellwachsenden Hölzern in Kurzumtriebsplantagen (KUP) für schwermetallbelastete Flächen sinnvoll sein. Dies gilt insbesondere für sehr stark belastete oder separat gelegene Flächen. In Deutschland sind zurzeit wenige Baumarten zur KUP-Nutzung zugelassen. Darunter Weiden, Pappeln, Erlen und Robinien. Da Pappeln und Weiden sehr viel Cadmium aus dem Boden aufnehmen, sollte auf cadmiumbelasteten Standorten unbedingt auf Robinien oder Erlen ausgewichen werden. Sonst sind erhöhte Cadmium-Emissionen bei der anschließenden Verbrennung zu erwarten.

Methoden

Die Schadelementanreicherungen durch unterschiedliche Pflanzen wurden an zehn Standorten mit stark variierender Belastung getestet. Grundsätzlich verhalten sich die Elemente entsprechend ihrer chemischen Eigenschaften im Pfad Boden-Pflanze unterschiedlich. Einige, wie Cadmium, Thallium und Zink, sind sehr mobil und können

leicht über die Bodenlösung in die Pflanze verlagert werden. Selbst bei geringen Gehalten im Boden können sich diese Elemente in den oberirdischen Pflanzenteilen anreichern. Elemente wie Kupfer, Molybdän und Nickel sind in geringerem Maße mobil. Kaum aufgenommen wird beispielsweise Blei. Dieses Element wird hauptsächlich mit anhaftendem Bodenmaterial auf Blatt- oder Stieloberflächen aufgetragen, welches den Elementgesamtgehalt stark erhöhen kann. Bei sehr hoher Bleibelastung im Boden sollte also am Erntegut anhaftendes Bodenmaterial unbedingt vermieden werden. Die Ergebnisse des Projektes zeigen eine sehr unterschiedliche Schwermetallanreicherung der verschiedenen Pflanzenfamilien, -gattungen und -arten. Auf dem gleichen Standort kann sich der Cadmiumgehalt in unterschiedlichen Pflanzen um den Faktor 100 unterscheiden (0,1 mg/kg Cd in Durchwachsene Silphie zu 9,1 mg/kg Cd in Amarant). Diese Tatsache zeigt, dass neben der Bodenbelastung auch die Pflanzenphysiologie einen sehr hohen Einfluss auf die Schwermetallaufnahme hat. Von den getesteten Kulturarten wurden vor allem Gattungen und Arten der Süßgräser als Familie mit geringem Aufnahmepotential identifiziert. Dazu gehören zum Beispiel verschiedene Getreidearten wie Roggen, Weizen, Gerste, Triticale und auch Mais. Unter den Hauptgetreidearten konnte so auf allen Standorten des Projektes folgende Reihenfolge der Cadmiumanreicherung festgestellt werden: Roggen < Gerste < Weizen. Sehr hohe Kon-

zentrationen an Cadmium erreichen zum Beispiel einige Gattungen der Fuchsschwanzgewächse wie Amarant, Rübe (oberirdisches Blatt) und Quinoa. Einige Gattungen der Knöterichgewächse (z. B. Buchweizen, *Igniscum*) nehmen ebenfalls viel Cadmium auf und sind daher nicht für die bioenergetische Nutzung dieser Flächen zu empfehlen.

Die Elementdaten wurden nach einem Säuretotalaufschluss der Pflanzenproben mittels ICP-OES (Optisches Spektrometer) und ICP-MS (Massenspektrometer) ermittelt.

Zu erwartende Ergebnisse

Ein Fokus des zukünftigen Bioenergieausbaus sollte auf schwermetallbelasteten Flächen liegen. Das Flächenpotential von belasteten landwirtschaftlichen Flächen in Deutschland liegt etwa bei einer Millionen ha. Der ansteigende Flächendruck auf produktive nicht belastete Flächen könnte somit entschärft werden, wenn der zukünftige

ge Energiepflanzen-Flächenausbau auf belastete Flächen ausweicht.

Die Ergebnisse dieses Projektansatzes zeigen, dass es für kontaminierte Flächen Nutzungsalternativen in Form von Energiepflanzenanbau gibt und diese Standorte aus der Nahrungs- und Futtermittelproduktion herausgenommen werden können. Die Auswahl der Energiepflanzen erfolgt auf Basis der beiden Kriterien: maximaler Ertrag bei gleichzeitig niedriger Schadelementaufnahme. Ebenfalls kann der Anbau von schnellwachsenden Hölzern eine Nutzungsalternative auf kontaminierten Flächen darstellen.

Ansprechpartner

Dr. Benedikt Sauer,
Interdisziplinäres Zentrum für Nachhaltige Entwicklung,
Universität Göttingen,
Goldschmidtstr. 1,
37077 Göttingen
Tel.: 0551 39 13 736,
E-mail: bsauer@gwdg.de

Weiterführende Literatur

- Sauer, B. (2009). Elementgehalte und Stoffströme bei der Strom- und Wärmegewinnung im Bioenergiehof Jühnde. Schriftenreihe Fortschritt neu denken, 2, 124.
- Sauer, B. & Ruppert, H. Bioenergy Production as an Option for Polluted Soils – A Non-phytoremediation Approach. In: Ruppert, H., Kappas, M. & Ibendorf, J. (Hrsg., 2013). Sustainable Bioenergy Production – An Integrated Approach. S. 427-446, Springer, Dordrecht.

Wirtschaftliche Optimierung von Nahwärmenetzen für Bioenergiedörfer

Zielgruppen

Akteure in potentiellen Bioenergiedörfern, Ingenieurbüros

Problembeschreibung

Die Nutzung der bei der Stromproduktion in Biogasanlagen anfallenden Wärme ist sowohl aus Gründen der Energieeffizienz sinnvoll als auch durch die neuen gesetzlichen Rahmenbedingungen (EEG 2012) gefordert. Insbesondere in dörflichen Siedlungsstrukturen mit vorrangig Einfamilienhäusern stellt die Umsetzung eines Nahwärmekonzepts aufgrund der räumlich stark verteilten Wärmeabnehmer (Privathäuser, öffentliche Gebäude, evtl. kleinere Firmen, Freibäder, ...) eine wirtschaftliche und planerische Herausforderung dar.

Konventionelle Machbarkeitsstudien von Ingenieurbüros liefern in der Regel eine gute, aber nicht zwangsläufig wirtschaftlich optimale Lösung für den Verlauf der Nahwärmenetze. Darüber hinaus gibt es gerade in Bioenergiedörfern durch die große Dynamik in den sozialen Prozessen große Schwankungen bei den Planungsdaten, beispielsweise im Hinblick auf die zukünftigen Wärmeabnehmer. Diese Unsicherheiten lassen sich nur mit relativ viel Aufwand in den eher statisch orientierten Machbarkeitsstudien berücksichtigen und legen daher den Einsatz eines flexibleren Planungsinstrumentariums nahe.

Produktbeschreibung

Als Ergänzung zu den technischen Planungen eines Ingenieurbüros

kann ein solches Instrument als mathematisches Entscheidungsmodell genutzt werden, um für ein Bioenergiedorfprojekt die Auswirkungen alternativer Streckenverläufe oder die Auswirkungen der Einbeziehung weiterer Anschlussobjekte zu analysieren. Zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit der Lösungsvorschläge wird der Kapitalwert herangezogen, der deutlich macht, ob sich die Investition in ein Nahwärmenetz rentiert.

Methoden

- Kapitalwertberechnung
- Lineares Optimierungsmodell
- Einsatz der Software Xpress IVE



Planungsausschnitt mit potenziellen Wärmeabnehmern (grün) und Biogasanlage (rot)

Ergebnisse

Die Modellierung und Optimierung führt zu dem wirtschaftlich günstigsten Netzverlauf mit dem größtmöglichen Kapitalwert.

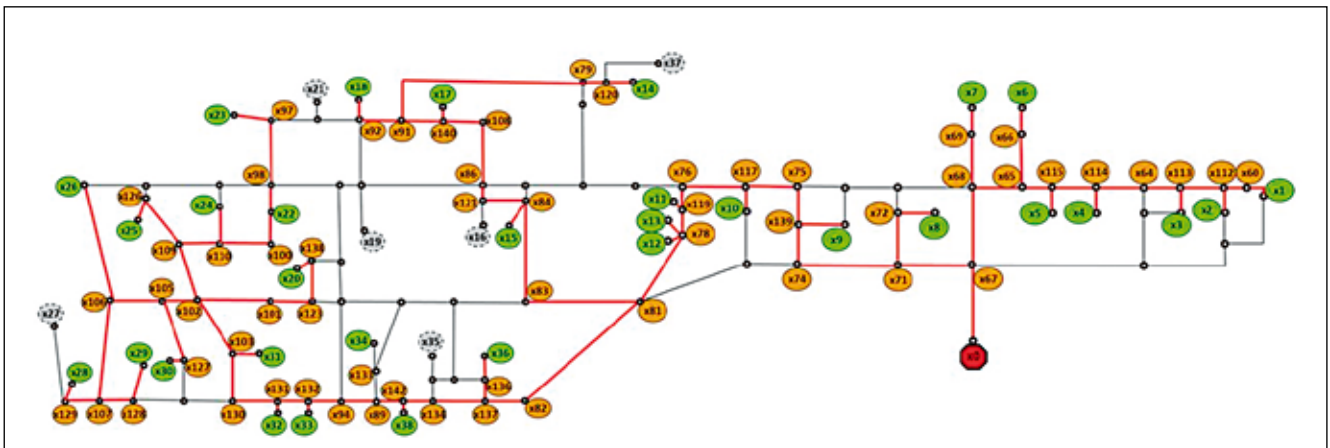
Bei der Berechnung lassen sich soziale und andere Vorgaben (z. B. Anschluss des Dorfgemeinschaftshauses) berücksichtigen. Des Weiteren können die Auswirkungen verän-

derter Planungsdaten (z. B. Einbeziehung weiterer Wärmekunden oder Veränderung der Anschlusskonditionen) auf den optimalen Netzverlauf und den Kapitalwert ausgewiesen werden.

Modellierung und Variationsrechnungen würden bei Vorlage der notwendigen Parameterwerte (Wärmebedarfe etc.) für einen Ort in der Größenordnung des Beispiels ca. 4-6 Tage beanspruchen.

Ansprechpartner

Prof. Dr. Folker Roland
Hochschule Harz
Friedrichstr. 57-59
38855 Werningerode
E-mail: froland@hs-harz.de



Verlauf des Nahwärmenetzes (rot) mit den anzuschließenden Wärmeabnehmern (grün) als Ergebnis des Optimierungsprozesses

Weiterführende Literatur

Daub, A.; Uhlemaier, H.; Ruwisch, V.; Geldermann, J.: Optimising Bioenergy Villages' Local Heat Supply Networks, in: Ruppert, H., Kappas, M. & Ibendorf, J. (Hrsg., 2013). Sustainable Bioenergy Production – An Integrated Approach. S.219-238, Springer, Dordrecht.

Uhlemaier, H.: Optimierung des Produktions- und Distributionssystems von Bioenergie-dörfern, Göttingen 2012

Werners, B.: Kurzeinführung in XPress-IVE – Standardsoftware zur Lösung linearer, kontinuierlicher und (gemischt-)ganzzahliger Programmierungsmodelle, Bochum 2007

Multikriterielle Entscheidungsunterstützung zur Nachhaltigkeitsbewertung

Zielgruppen

Kommunal- und Regionalplanung, regionale und lokale Verwaltung, Ingenieurbüros, landwirtschaftliche Berater, Energieversorger, Betreiber-gesellschaften

Problembeschreibung

Die energetische Nutzung von Bio-masse sieht sich diversen Kritik-punkten ausgesetzt (Vermaisung, Tank-oder-Teller Diskussion, be-nötigte Subventionen etc.), die zu einer sinkenden Akzeptanz in der Bevölkerung führen. Weiterhin sind die an einem Bioenergieprojekt beteiligten Akteure vielfältig (Land-wirte, Hauseigentümer als Wärme-nutzer, kommunale und regionale Verwaltung etc.) und haben zum Teil konträre Interessen. Ein nach-haltiges Konzept zur energetischen Nutzung von Biomasse sollte da-her eine Vielfalt an Anforderungen beachten und die Partizipation der Akteure unterstützen.

Lösungsansätze/ Produkt-beschreibung

Um den Prozess der Umstellung auf Bioenergie zu begleiten, kön-nen Methoden der multikriteriellen Entscheidungsunterstützung (Multi Criteria Decision Analysis, MCDA) in Verbindung mit weiteren Me-thoden eingesetzt werden. Hierzu wurden verschiedene Werkzeuge in dem Forschungsprojekt entwickelt: Ein Satz von Bewertungskriterien für Bioenergieprojekte (insbesondere Biogas), eine Open-source MCDA-

Software und Leitfaden für die An-wendung von MCDA-Methoden im Allgemeinen.

Bei der Umsetzung eines Bioener-gieprojektes fallen viele Entschei-dungen während des Prozesses an: Welche Inputstoffe (z. B. Mais, Tri-ticale,...) sollen verwendet werden? Welche Wärmenutzung ist möglich (z. B. für anliegende Häuser, für ein Freibad, für einen Industriestand-ort,...)? Welcher Standort für die An-lage ist am besten geeignet und wird von den Anwohnern akzeptiert? Eine Methode zur Entscheidungs-unterstützung kann praxisorientiert diesen Prozess begleiten. Die Ele-mente und die Schritte einer MCDA sind die folgenden:

- Definition von Alternativen (z. B. „Biogasanlage + Holz-hackschnitzelheizwerk“ vs. „Biogasanlage + Ölkessel“)
- Diskussion und Festlegung von Bewertungskriterien,
- Festlegung von Gewichtungen für die Bewertungskriterien,
- Erhebung von Daten, um die Alternativen mit den Kriterien bewerten zu können und
- Zusammenführung der Daten

Diese Schritte können in einem strukturierten Vor-Ort-Prozess mit anderen Methoden wie Zukunftswerkstätten, Best-practice-Reisen, Interviews kombiniert werden (vgl. hierzu Produktsteckbrief „Organi-sation der Erneuerbare Energien Transformation auf regionaler Ebene“). Eine ganzheitliche Bewertung im Sinne einer Nachhaltigen Ent-

wicklung umfasst Kriterien aus den Dimensionen Ökologie, Ökonomie, Soziales und Technik. Um diese zu entwickeln, ist Fachwissen aus meh-reren Disziplinen erforderlich. In dem Forschungsprojekt wurde ein Kriteriensatz mit 20 ökologischen, 12 ökonomischen, 16 sozialen und 13 technischen Kriterien für Bio-energieprojekte ermittelt, der als Orientierung für weitere Anwen-dungen dienen kann (Eigner-Thiel et al., 2013).

Da bei der Anwendung der MCDA-Methode eine Menge an Informatio-nen berücksichtigt und ausgewertet werden muss, wird die Berechnung computergestützt vorgenommen. Hierzu wird eine kostenlos ver-fügbare Open-Source-Software in deutscher Sprache bereitgestellt, die eine Bewertung der erhobenen Daten und Visualisierung der Er-gebnisse ermöglicht.¹ Zum besseren Verständnis der Bestandteile, Mög-lichkeiten und Einsatzgebiete von MCDA-Methoden im Allgemeinen sowie deren Anwendung wurde ein leicht nachvollziehbarer MCDA-Leitfaden konzipiert (Lerche, Gel-dermann, 2013).²

Methoden

Mittels Methoden der multikriteri-ellen Entscheidungsunterstützung können mehrere Biomassenut-zungskonzepte anhand von ver-schiedenen Nachhaltigkeitskriterien miteinander verglichen und bewer-tet werden. Die Bewertungskriterien können durch die Akteure gewichtet werden, so dass deren Standpunk-

te in die Bewertung mit einfließen und mit den erhobenen Fakten zusammen gebracht werden. Mit der MCDA-Software können dann die verschiedenartigen Daten trotz der unterschiedlichen Einheiten zusammengeführt werden, so dass eine Rangordnung der Alternativen in Bezug auf ihre zu erwartende Nachhaltigkeit möglich wird.

Zu erwartende Ergebnisse

Die Ziele der Anwendung von MCDA-Methoden liegen zum einen darin, eine Empfehlung bezüglich der Nachhaltigkeit der verschiedenen Alternative auszusprechen. Weiterhin soll ein besseres Verständnis bei allen Beteiligten für das Entscheidungsproblem als Ganzes geschaffen werden. Ein positiver Effekt ist die steigende Transparenz der Entscheidung und die mögliche Partizipation betroffener Zielgruppen. Im Rahmen des Gewichtungsprozesses kann ein besseres Verständnis der eigenen Sichtweisen, aber auch der der anderen Akteure erzielt werden.

Die MCDA-Methode und Auszüge aus dem Kriteriensatz wurden bereits im Rahmen von praktischen Anwendungen in Brandenburg und Niedersachsen eingesetzt. Die angebotene spezifische Biomasse-Kriteriensammlung stellt hierbei ein wichtiges Instrument zur Orientierung und Wissenstransfer dar, wie insbesondere aus den sehr positiven Rückmeldungen seitens der Teilnehmer deutlich wurde. Die Akteure können sich durch die Entwicklung potenzieller Alternativen,

der Aufstellung der zugrundeliegenden Bewertungskriterien sowie der Gewichtung der Kriterien einbringen. Die aktive Partizipation am Entscheidungsprozess wurde

hierbei bisher von den Teilnehmern als positiv empfunden, wodurch die Akzeptanz gesteigert werden konnte.

Weiterführende Literatur

Eigner-Thiel, S., Geldermann, J., Schmehl, M. (2012). Soziale Kriterien zur Bewertung der Nachhaltigkeit unterschiedlicher Biomassepfade. In Böttcher, J. (Hrsg.). Management von Biogas-Projekten: Rechtliche, technische und wirtschaftliche Aspekte. Springer, Berlin.

Eigner-Thiel, S., Schmehl, M., Ibendorf, J. und Geldermann, J. (2013). Assessment of different bioenergy concepts in terms of sustainable development. In: Ruppert, H., Kappas, M. & Ibendorf, J. (Hrsg., 2013). Sustainable Bioenergy Production – An Integrated Approach. S.339-384, Springer, Dordrecht.

Lerche, N.; Geldermann, J. (2013): Leitfaden zur Anwendung von Methoden der multikriteriellen Entscheidungsunterstützung – Methode: PROMETHEE, Professur für Produktion und Logistik, Georg-August-Universität Göttingen, Verfügbar unter: <http://www.uni-goettingen.de/de/171915.html>(online Dezember 2013)

Ansprechpartner/in

Dr. Ines Wilkens, Dr. Swantje Eigner-Thiel
Interdisziplinäres Zentrum für Nachhaltige Entwicklung,
Universität Göttingen
Goldschmidtstr. 1, 37077 Göttingen
E-mail: ines.wilkens@geo.uni-goettingen.de, eigner-thiel@hawk-hhg.de

Nils Lerche
Universität Göttingen
Professur für Produktion und Logistik
Tel: 0551 39 20 344
E-mail: nils.lerche@wiwi.uni-goettingen.de

1 Verfügbar unter: <http://www.uni-goettingen.de/de/171915.html>.

2 Verfügbar unter: <http://www.uni-goettingen.de/de/171915.html>

Organisation der Erneuerbare Energie Transformation auf regionaler Ebene

Zielgruppen

RegionalpolitikerInnen, engagierte BürgerInnen in NGOs, Energie-Genossenschaften, Regionalplanung

Problembeschreibung

Die Umstellung auf Erneuerbare Energien (EE) in Deutschland läuft derzeit wenig koordiniert und in vielen Fällen nicht im Einklang mit Nachhaltigkeitserfordernissen und den Interessen der BürgerInnen vor Ort ab. Daher sind Lösungsansätze gefragt, welche hier Alternativen anbieten.

Produktbeschreibung

Basierend auf dem „Zyklischen Nachhaltigkeitsmanagement“ wurde ein Prozessablauf mit fünf Prozess-Schritten für die Umstellung eines Landkreises bzw. einer Kommune auf EE entwickelt.

1. Bestandsaufnahme

- Aktive Personengruppen identifizieren (Wer engagiert sich bereits für EE in der Region?)
- Energiebilanzen erstellen (Wie viel Energie wird derzeit in den verschiedenen Sektoren im Landkreis produziert und verbraucht, welche Anteile liefern EE-Anlagen? Welche Potenziale an EE gibt es in der Region?)
- Diese Aktivitäten münden in einen Bericht für regionale Politiker und Regionalmanager sowie den Aufbau organisatorischer Strukturen (Task force „Energietransformation“)

2. Visionen erarbeiten & Zieldefinition

Mit Hilfe von ganztägigen Planungswerkstätten/Zukunftswerkstätten nach Jungk sollen Visionen aufgezeigt werden: Zunächst müssen relevante TeilnehmerInnen identifiziert werden (zentrale Akteure aus Politik, Verwaltung, Wirtschaft und Zivilgesellschaft); dann sollte für gute Arbeitsbedingungen gesorgt sein (großer, heller Raum, Teilnehmer sitzen im Plenum im Kreis und haben Tische für Gruppenarbeit).

- Kritikphase: Probleme benennen -> Chancen und Herausforderungen ableiten
- Phantasiephase: Vision für die 100% EE-Versorgung entwickeln, basierend auf verfügbaren Potenzialen und bestehenden Anlagen (z.B. mit dem Tool ProSim von Herrn Schmidt-Kanefendt, www.wattweg.net/).
- Umsetzungsphase: Von der Vision „rückwärts“ planend Meilensteine/Zwischenziele festlegen, Handlungsprogramm mit Zwischen-Zielen erstellen, kurz-, mittel- und langfristige Projekte entwerfen, Ergebnisse dokumentieren.

Dabei müssen Effizienz- (Energie/Stoffströme effizient nutzen z.B. mit Kraft-Wärme-Kopplung) und Suffizienz-Aspekte (Reflektion der Lebensstile/Konsumverhalten) im Blick behalten werden.

Unterschiedliche Optionen können unter Einbeziehung der Akteure mit multikriteriellen Methoden der Entscheidungsunterstützung bewertet und priorisiert werden (vgl. Pro-

duktsteckbrief „Multikriterielle Entscheidungsunterstützung zur Nachhaltigkeitsbewertung“).

3. Ratsbeschluss

Eine zentrale Voraussetzung für die erfolgreiche Umstellung der Energieversorgung besteht darin, dass die politische Leitung hinter den Transformationsplänen steht und diese zur Chefsache erklärt.

Politische Ziele und konkrete Regionsbeschlüsse müssen formuliert werden (kurz-, mittel- und langfristige Maßnahmen). Ziele und Maßnahmen sollten dokumentiert und priorisiert werden. Das fertige Handlungsprogramm muss dann politisch bestätigt und ein Ratsbeschluss herbeiführt werden. Ergebnisse und nächste Schritte sollten wiederum öffentlich vorgestellt werden.

4. Umsetzung und Monitoring

Die Umsetzung der Maßnahmen und Leitprojekte sollte dokumentiert und beobachtet werden. Hierfür ist mindestens eine Personalstelle einzuplanen. Nach Möglichkeit und Bedarf sollten Wissenschaftler oder wissenschaftlich fundierte Berater den Prozess begleiten.

5. Berichterstattung und Evaluierung

Eine systematische Evaluation der Erfolge und Aktivitäten nach festem Zeitplan, z.B. einmal pro Jahr, empfiehlt sich. Ziele anpassen. Den Zyklus fortsetzen.

Methoden im Einzelnen

Bestehende Methoden wie die Zukunftswerkstatt nach Jungh, Visionsfindung nach Schmidt-Kanefendt (Programm 100 ProSim), multikriterielle Entscheidungsunterstützung (MCDA) empfehlen wir zu kombinieren mit Erfolgsfaktoren, die in unseren Analysen von erfolgreich realisierten Projekten zur Umstellung der Energieversorgung auf EE auf kommunaler und Landkreisebene durch Interviewstudien ermittelt wurden:

- Planstellen schaffen in der Verwaltung für Organisatoren der Energiewende (zuständig für Schaffung von Allianzen, Vernetzung, Moderation, strategische Planung und Controlling)
- parteiübergreifend agieren
- konkretes Procedere zur Aktivierung des örtlichen Engagements:
 - ◆ Wettbewerbe als Methode der Aktivierung von sensibilisierten Personengruppen zum Handeln.
 - ◆ Besuchsfahrten zu Best-Practice-Projekten mit relevanten EntscheidungsträgerInnen
- Partizipation auch bei der Finanzierung

Empfohlene Prinzipien zur Einbettung von Bioenergie in künftige EE-Regionen

- Primat auf Rest- und Abfallstoffe legen

- Flächenkonkurrenzen explizieren, auf Regionalebene transparent machen, z.B. mit 100 ProSim
- Szenarien gegeneinander abwägen mit einer multikriterielle Analyse, weg vom Pingpong mit Einzelkritiken („gegen Windräder wegen Milan, keine PV wegen seltener Erden, kein Biogas wegen Flächenknappheit oder Monokulturen“)
- Probleme von Monokulturen (auch bei Energiepflanzen) transparent machen
- Primat auf dezentralen, regionalen EE-Anlagen (Verringerung energieaufwändiger Transporte, Verantwortlichkeit aber auch Nutzen von Anlagen bleiben vor Ort).
- Verknüpfung aller EE

Zu erwartende Ergebnisse

Transformation des Energiesystems auf erneuerbare und dezentrale Energien in der jeweiligen Region. Akzeptanz dieser Umstellung und der einzelnen Projekte. Konsensorientierte Lösungen mit Bürgerbeteiligung.

Ansprechpartner

Prof. Dr. Peter Schmuck
Universität Göttingen
Interdisziplinäres Zentrum für nachhaltige Entwicklung (IZNE)
Tel.: 0157 72 05 65 11
E-mail: peterschmuck@gmx.de

Weiterführende Literatur

Zyklisches Nachhaltigkeitsmanagement: http://www.nachhaltigkeit-kommunal.eu/fileadmin/files/Handbuch-Projekt21_Druck.pdf

Planungswerkstätten: Jungk, R. & Müllert, N. (1997). Zukunftswerkstätten. München: Heyne Verlag

Visionsfindung: 100 ProSim: www.wattweg.net

Konkrete Unterstützung bei Ihrem Vorhaben: Institut für Bioenergie und Regionalentwicklung e.V.,

Bürgerenergienetze Initiative: www.buergerenergienetze.de

Schmuck, P., Karpenstein, M. & Wüste, A. (2013) Applying the Sustainability Science Principles of the Göttingen Approach to Initiate Renewable Energy Solutions in Three German Districts. In: Ruppert, H., Kappas, M. & Ibendorf, J. (Hrsg., 2013). Sustainable Bioenergy Production – An Integrated Approach. S.319-338, Springer, Dordrecht.

Interdisziplinäres Zentrum für Nachhaltige Entwicklung (IZNE) der Universität Göttingen

Im IZNE werden wissenschaftliche Beiträge dazu geleistet, wie der Schutz der natürlichen Lebensgrundlagen mit einer humanen Gesellschaft und einer bedürfnisgerechten wirtschaftlichen Entwicklung in Einklang gebracht werden kann. Dies erfordert Praxisnähe und das Zusammenwirken von Akteuren aus unterschiedlichen Disziplinen. Im Arbeitsfeld "Energie und Gesellschaft" werden praxisorientiert wissenschaftliche Beiträge für eine zukunftsweisende Energieversorgung erarbeitet. Dies geschieht vor dem Hintergrund der zunehmenden Verknappung fossiler Energieträger, dem mit deren Nutzung verbundenen Klimawandel sowie der ungelösten Probleme bei der Nutzung der Atomenergie. Es sollen Konstellationen und Möglichkeiten aufgezeigt werden, wie ein gesellschaftliches Klima geschaffen werden kann, in dem das Wissen um die Begrenztheit fossiler Energieträger und deren Umweltauswirkungen nicht verdrängt, sondern handlungsleitend zur konstruktiven Mitwirkung an einer zukunftsfähigen Energieversorgung wird. Das IZNE hat das erste Bioenergiedorf Jühnde initiiert und wissenschaftlich begleitet

Prof. Dr. Hans Ruppert
Universität Göttingen, Geowissenschaftliches Zentrum
Abt. Sedimentologie & Umweltgeologie
Goldschmidtstr. 3, 37077, Göttingen
Tel.: 0551-39-9701, E-mail: hrupper@gwdg.de

Weiterführende Links und Literatur

Ruppert, H., Kappas, M. & Ibendorf, J. (Hrsg., 2013). Sustainable Bioenergy Production – An Integrated Approach. Springer, Dordrecht.

Interdisziplinäres Zentrum für Nachhaltige Entwicklung der Universität Göttingen
www.izne.uni-goettingen.de

Arbeitsfeld Energie und Gesellschaft
http://www.izne.uni-goettingen.de/?page_id=9

Projekt „Bioenergie Nachhaltige Nutzung von Energie aus Biomasse im Spannungsfeld von Klimaschutz, Landschaft und Gesellschaft
www.bioenergie.uni-goettingen.de

Software zur Entscheidungsunterstützung
<http://www.uni-goettingen.de/de/171915.html>

Software BioSTAR
<http://www.uni-goettingen.de/de/ag-biostar/431252.html>

Institut für Bioenergiedörfer Göttingen
<http://www.bioenergiedorf.info>

