

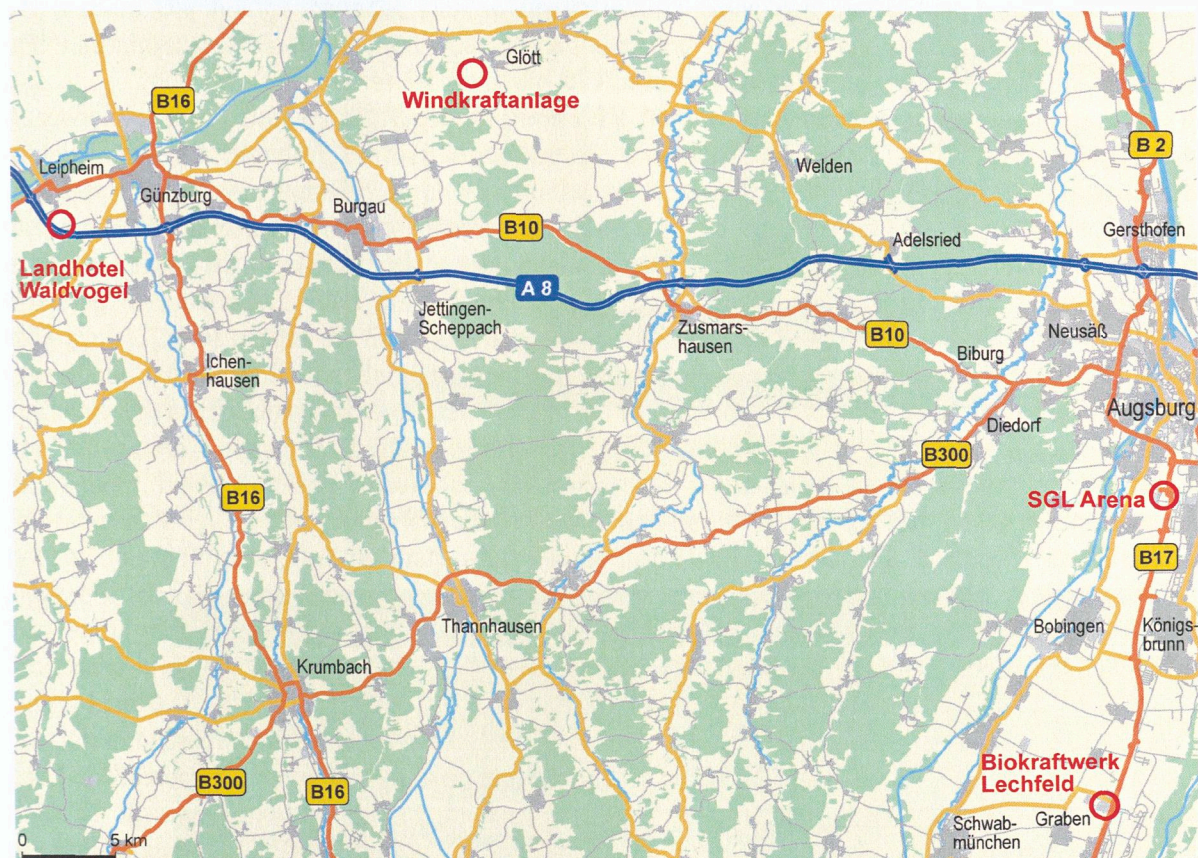
Exkursion 9: Erneuerbare Energien im Augsburger Raum – Technische Details, Standortpotenziale und Flächennutzungskonkurrenzen

Stephan Bosch

1 Vorbemerkungen:

Erneuerbare Energien prägen die Umgebung von Augsburg:

Durch die Einführung des Stromeinspeisungsgesetzes (StromEinspG) im Jahr 1990 sowie dessen zehn Jahre später erfolgende Neuauflage in Form des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) ist es gelungen, dem Zeitalter der regenerativen Energieproduktion in Deutschland das Fundament zu legen. Der darauf gründende, starke Ausbau von Erneuerbaren Energien (EE) – v. a. im Bereich Wind-, Bio- und Solarenergie (vgl. Abb. 1) –, hat innerhalb nur weniger Jahre eine Kulturlandschaft neuen Typs hervorgebracht. Gewohnte Landschaftsbilder, die von parzellierten landwirtschaftlichen Nutzflächen, inselartigen Waldgebieten und räumlich konzentrierten Siedlungsflächen geprägt waren, werden in zunehmendem Maße durch dezentrale Kraftwerke wie Biogasanlagen, Windparks, Erdwärmekraftwerke und Photovoltaik-Freiflächenanlagen ergänzt.



Exkursionsstandorte

Eigene Darstellung auf der Grundlage von Openstreetmap, Quelle: www.openstreetmap.org

Auch im Umland von Augsburg tritt dieser Wandel der gewohnten Raumstrukturen in Folge eines sich im Umbruch befindlichen Energiesystems bereits deutlich in Erscheinung. Projektentwickler finden in der Region für sämtliche Energieformen günstige Standortvoraussetzungen vor und sind nach den Ereignissen von Fukushima sowie den daraus abgeleiteten politischen Konsequenzen

Abb. 1

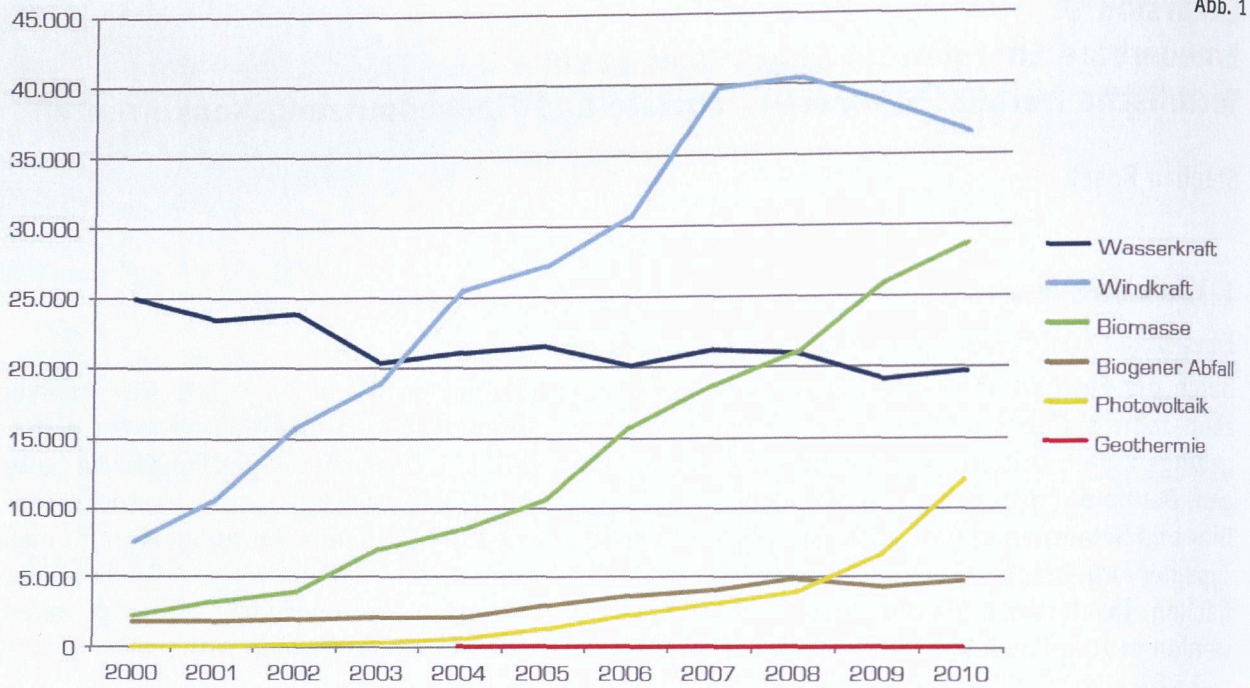


Abb. 2

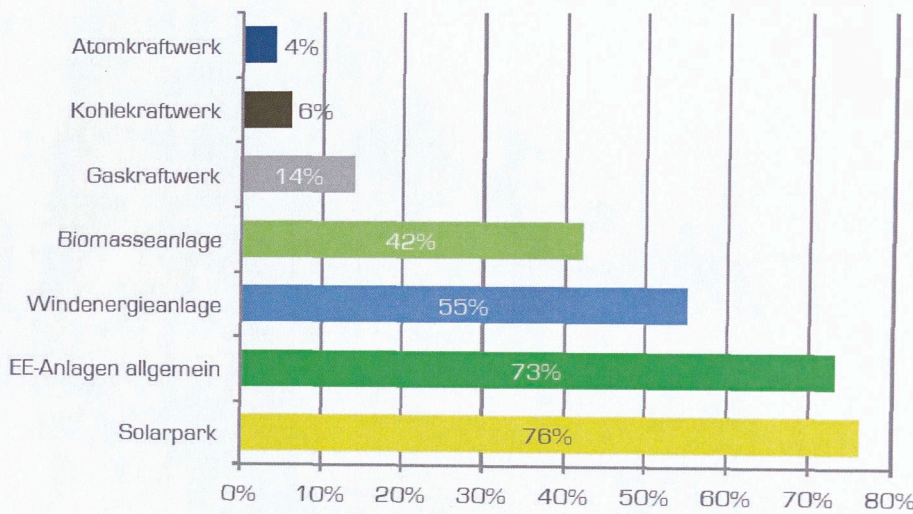


Abb. 3

Energieträger	Potential 2020	Flächenverbrauch
Windenergie	Strom: 18,8%	270.000 ha
Solarenergie	Strom: 6,6%	Freifläche: 10.500 ha
	Wärme: 2,6%	Gebäude: 37.000 ha
Geothermie	Strom: 0,6%	960.000 ha (unterirdisch)
	Wärme: 3,6%	
Bioenergie	Strom: 9,1%	3,7 Mio. ha
	Wärme: 13,1%	
	Kraftstoff: 21,4%	
Wasserkraft	Strom: 5,4%	

Abbildungen auf der linken Seite:

Abb. 1 (oben): Entwicklung der Stromerzeugung aus EE in GWh in Deutschland

(Quelle: Eigene Darstellung, nach BMWI 2011)

Abb. 2 (Mitte): Akzeptanz von Kraftwerken in räumlicher Nähe des Wohnortes in Deutschland

(Quelle: Eigene Darstellung, nach FORSA 2009, 7)

Abb. 3 (unten): Anteil von EE am dt. Endenergieverbrauch bis 2020 und Flächenbelegung

(Quelle: Eigene Darstellung, nach AGENTUR FÜR ERNEUERBARE ENERGIEN 2009, 6f.)

umso mehr darum bemüht, den Ausbau voranzutreiben. Diese Entwicklung ist nicht frei von Konflikten, denn der Flächenbedarf der neuen Technologien ist z. T. sehr hoch und führt zu neuen Dimensionen der Flächennutzungskonkurrenz. Im Rahmen einer Exkursion ist es nicht nur möglich, diese regionalplanerischen Zielkonflikte beispielhaft vor Augen zu führen und etwaige Lösungen zu diskutieren, vielmehr bietet eine Besichtigung der regenerativen Kraftwerke die Gelegenheit, einen tieferen Einblick in technische Details zu erlangen. Im Fokus der Exkursion stehen dabei das Biomassekraftwerk Lechfeld bei Graben, der Energiepflanzenbau (Elefantengras) rund um das Landhotel Waldvogel bei Leipzig, die Windkraftanlage Glött im Landkreis Dillingen sowie die Nutzung von oberflächennaher Geothermie im Rahmen des Energiekonzeptes für die SGL arena (Fußballstadion) in Augsburg.

2 Biokraftwerk Lechfeld bei Graben – Wie aus Mais Erdgas wird

Die Exkursion beginnt 20 km südlich von Augsburg, mit einem Besuch des Biokraftwerkes Lechfeld bei Graben. Die Anlage befindet sich in unmittelbarer Nähe des berühmten Franziskanerklosters und Wallfahrtsortes Klosterlechfeld, das bei ausreichend Zeit durchaus einen Besuch wert ist. Das Betriebsgelände des Kraftwerkes ist über die B17, Abfahrt Graben/ Schwabmünchen, zu erreichen. Ausgehend von der Universität Augsburg nimmt die Anfahrt rund 20 min. in Anspruch.

Angekommen am Standort, werden zunächst die Charakteristika des Energieträgers Biogas näher erläutert. Biogas zeichnet sich durch eine Reihe von Verwendungsmöglichkeiten und Eigenschaften aus, die es in der Bandbreite regenerativer Energien zu einer besonderen Form der Energiegewinnung etabliert haben. Nicht zuletzt spricht man deshalb vom „Multitalent Biogas“. Einerseits ist es grundlastfähig, das bedeutet, dass unabhängig von Wettereinflüssen eine 24-Stunden-Stromgewinnung möglich ist. Damit besitzt die Energiegewinnung mittels Biogasanlagen einen entscheidenden Vorteil gegenüber den intermittierenden Energieformen Windkraft und Photovoltaik. Andererseits ist Biogas spitzenlastfähig. Es kann leicht gespeichert, in Tanks abgefüllt und in Flaschen oder Pipelines transportiert werden. Folglich lässt sich Biomethan räumlich und zeitlich ungebunden in Strom und Wärme umwandeln. Einen weiteren Vorteil des Biogases stellen seine zahlreichen Einsatzmöglichkeiten dar. In erster Linie ist hierbei die gleichzeitige Gewinnung von Kraft (bzw. Strom) und Wärme hervorzuheben. Dieser Prozess wird als Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) bezeichnet. Hierzu ist ein Blockheizkraftwerk (BHKW) mit einem Verbrennungsmotor notwendig. Ein direkt angeschlossener und vom Verbrennungsmotor angetriebener Generator wandelt die durch den Verbrennungsmotor entstehende kinetische in elektrische Energie um. Ein Kubikmeter Biogas entspricht dabei dem Heizwert von 0,6 l Heizöl bzw. 0,6 m³ Erdgas. Daraus lassen sich etwa 6 kWh Strom erzeugen. Die parallel zur Stromproduktion anfallende Wärme kann im Zuge einer Wärmeauskopplung nutzbar gemacht werden. Speziell das Kühlwassersystem des Verbrennungsmotors ermöglicht eine Auskopplung der Wärme und macht diese für diverse Anwendungsmöglichkeiten verfügbar. Äußerst geeignete Wärmeabnehmer, die über ein Nahwärmenetz versorgt werden können, sind Schulen, Schwimmbäder, Wohnheime, Krankenhäuser und Gärtnereien. Eine weitere Nutzungsrouten stellt die Einspeisung des Biogases in das bereits vorhandene Erdgasnetz dar. Hierzu ist jedoch eine kostenintensive Reinigung sowie Aufbereitung des Biogases auf Erdgasqualität notwendig, da der Methananteil bei Erdgas mit ca. 93-98 % deutlich über dem des Biogases mit lediglich 60 % liegt. Über diesen Pfad können auch Erdgasautos mit Kraftstoff versorgt werden. Bei dem Biomassekraftwerk in Graben handelt es sich um eine derartige Anlage, die Rohbiogas zur weiteren Aufbereitung auf Erdgasqualität bereitstellt.

Mit einer Investitionssumme von 6,5 Mio. €, einer installierten elektrischen Leistung von 2 MW und einer Betriebsfläche von 12.000 m² ging das Biomassekraftwerk Lechfeld im Sommer 2008 in Betrieb. Die Geschäftsführung hat die Biokraft Verwaltungs GmbH inne, die sich aus vier Maschinenringen der Regionen Schwabmünchen, Ostallgäu, Landsberg und Mindelheim sowie dem Ingenieur-Büro AgroEnergie GmbH zusammensetzt. Nicht zuletzt war es auch die AgroEnergie GmbH, die das Projekt ins Leben gerufen und weiterentwickelt hat (vgl. BOKRAFTWERK LECHFELD 2008a & 2008b).

Nach einer allgemeinen Einführung in die Thematik Bioenergie innerhalb des geräumigen Besprechungsraumes beginnt der Rundgang auf dem Gelände des Biomassekraftwerkes. Die einzelnen Elemente des Kraftwerkes sind gut zugänglich und werden durch einen Experten exakt erläutert. Aufgrund der hohen Schallemissionen im Kraftwerksbetrieb erhalten die Besucher Kopfhörer mit integrierten Mikrofonen, mit deren Hilfe die Kommunikation erfolgt.

Das Herzstück der Anlage bilden die zwei liegenden, rechteckigen Beton-Fermenter mit einem Nettovolumen von jeweils 1.600 m³. Diese zweistufige Anlage hat gegenüber einstufigen den Vorteil, dass die chemischen Prozesse der Hydrolyse und Acidogenese (Versäuerungsphase) räumlich von jenen der Acetogenese (Essigsäurebildung) und Methanogenese getrennt werden können. Dadurch lassen sich die Umgebungsbedingungen besser an die jeweiligen Bakterienkulturen – die bei einer Betriebstemperatur zwischen 38 und 40°C (mesophil) sowie unter Lichtabschluss und anaeroben Bedingungen organisches Material vergären und dabei Biogas erzeugen – anpassen. Aus diesem Grund liegt die Abbauleistung von Bakterienstämmen in zweistufigen Anlagen über jener in einstufigen. Von Bedeutung dabei ist, dass die Essigsäurebildner eine enge Lebensgemeinschaft mit den Bakterien der Methanogenese knüpfen, so dass ein zweistufiges Verfahren – wie es die Anlage in Graben aufweist – eine Optimierung der chemischen Prozessabläufe aufgrund der räumlichen Kombination von Acetogenese und Methanogenese ermöglicht. Da die Methanbakterien am empfindlichsten auf schwankende Umgebungsbedingungen reagieren, werden die Milieubedingungen in erster Linie an sie angepasst. Antibiotika, Lösungs- und Desinfektionsmittel sowie Salze, Herbizide, Schwermetalle und ligninhaltiges Material gelten als Störstoffe und können die Abbauleistung der Bakterien rapide herabsetzen und in extremen Fällen sogar zum Zusammenbruch des gesamten Gärprozesses führen. Eine kontinuierliche Überwachung der Vorgänge im Fermenter ist daher geboten.

Im Zuge der Hydrolyse werden Kohlenhydrate, Eiweiße und Fette in einfache organische Verbindungen wie Zucker, Fett- und Aminosäuren zerlegt. Im Rahmen der Acidogenese (Versäuerungsphase) bauen säurebildende Bakterien das organische Material weiter zu niederen Fettsäuren wie Essig-, Propion- und Buttersäure ab. Dabei werden auch geringe Mengen an Alkohol und Milchsäure gebildet. Die sich anschließende Acetogenese (Essigsäurebildung) liefert wiederum die Vorläufersubstanzen des Biogases: Wasserstoff, Kohlendioxid und auch Essigsäure. Schließlich wird im Zuge der Methanogenese aus Kohlenstoffdioxid und Wasserstoff das für die Energiegewinnung so entscheidende Methan gebildet.

Bei dem von den Bakterien produzierten Biogas handelt es sich um ein Gasgemisch aus v. a. Methan (CH₄, 60 %) und Kohlendioxid (CO₂, 35 %) sowie Wasserdampf (H₂O, 3,1 %), Stickstoff (N₂, 1 %), Wasserstoff (H₂, <1%), Sauerstoff (O₂, 0,3 %), Schwefelwasserstoff (H₂S, 500 mg/ m³) und Ammoniak (NH₃, 0,7 mg/ m³) (vgl. FNR 2004, FNR 2007 & FACHVERBAND BIOGAS 2005). Für die Substratbereitstellung in Graben von insgesamt 35.000 t pro Jahr in Form von Silomais (28.000 t), Grassilage (5.000 t) und Getreide (2.000 t) sind ca. 60 Landwirte verantwortlich. Diese haben sich in der Biokraftwerk Lechfeld GmbH und Co. KG zusammengeschlossen. Die zur Versorgung des Biomassekraftwerkes benötigte Anbaufläche beträgt insgesamt 750 ha. Per LKW wird das Substrat von den dezentralen Silos zur Biogasanlage transportiert. Die Anlage selbst besitzt kein Silo (vgl. BOKRAFTWERK LECHFELD 2008a & 2008b).

Das während des Gärprozesses im Fermenter entstehende Rohbiogas wird schließlich an die erdgas schwaben GmbH verkauft, die es aufgrund der Gefahr von Korrosion zunächst von Schwefel

und Wasserdampf reinigt und anschließend in einer Biogasaufbereitungsanlage auf Erdgasqualität (CH₄-Anteil von 96 %) anhebt. Von zentraler Bedeutung ist dabei die Druck-Wechsel-Adsorptionsanlage (PSA-Technik). Nach der Veredelung weist das Biomethan einen Druck von 4 bar sowie einen Brennwert von 10,6 kWh/ m³ auf. Um den Brennwert anzuheben und auf das Niveau von Erdgas zu bringen, wird Flüssiggas beigemischt. In diesem Zustand kann das Biomethan in das örtliche Gasnetz, das Erdgas-Verteilnetz (DP 4), eingespeist werden (vgl. ASUE 2011). Der Methangehalt des Abgases aus der PSA-Anlage beträgt etwa 4 Vol.-%. Mittels eines nachgeschalteten Schwachgasbrenners wird dieses unschädlich gemacht. Die daraus gewonnene Energie dient als Prozesswärme zur Heizung des Fermenters (vgl. BOKRAFTWERK LECHFELD 2008a & 2008b).

Die Energiegewinnung mittels Biomasse hat bereits seit Jahren das schlechteste Image unter den EE (vgl. Abb. 2). Speziell in Schwaben hat der starke Ausbau v. a. im Landkreis Donau-Ries zu einer massiven Gegenbewegung seitens Bürgerinitiativen, Heimatpflegevereinen und Naturschutzverbänden geführt. KANNING/ BUHR/ STEINKRAUS (2009, 144) führen diese Irritationen u. a. darauf zurück, dass zwischen den einzelnen Biomassenutzungspfaden unzureichend differenziert wird und speziell im Hinblick auf die ökologischen und räumlichen Dimensionen des Biogaspfades eine große Forschungslücke klafft. Ursprünglich geht der Konflikt auf die Novellierung des EEG im Jahr 2004 zurück. Mit der damaligen Einführung des NawaRo(Nachwachsende Rohstoffe)-Bonus, die den Energieträger Silomais zum wichtigsten Substrat bei der Versorgung von Biogasanlagen etablierte – Silomais bildet nicht zuletzt auch das entscheidende Substrat des Biomassekraftwerkes Lechfeld –, gingen aus ökologischer Sicht bedenkliche Veränderungen in der Kulturlandschaft wie der Verlust an floristischer und faunistischer Biodiversität einher (BOSCH 2008, 8f.). Der Anbau von Silomais hat sich in Deutschland zwischen 2004 und 2010 von 1.248.000 ha auf 1.647.000 ha, folglich um 32 % erhöht. Das Deutsche Maiskomitee führt diesen Anstieg auf den Substratbedarf von Biogasanlagen zurück (vgl. LESSNER 2010). Energiepflanzen werden derzeit auf einer Fläche von etwa 2 Mio. ha angebaut. Den mit 0,9 Mio. ha größten Flächenanspruch hat hierunter noch der Raps zur Herstellung von Biodiesel und Pflanzenöl. Kulturarten zur Versorgung von Biogasanlagen werden in Deutschland auf etwa 0,8 Mio. ha angebaut. Energiemais hat mit 0,7 Mio. ha daran den höchsten Flächenanteil (vgl. FNR 2012). Aufgrund dieser zunehmenden „Vermaisung“ der Kulturlandschaft plädiert der Naturschutzbund Deutschland in einem Zehn-Punkte-Papier für eine naturverträgliche und damit räumlich stark eingeschränkte Biogasproduktion (vgl. NABU 2010). Dabei ist die zentrale Forderung, den Anteil von Silomais an der Substratversorgung einer Biogasanlage auf 50 % zu begrenzen. Die Umsetzung dieser Forderung würde jedoch die Wirtschaftlichkeit vieler Biogasanlagen in Frage stellen, denn der hohe Biomassertrag und der daraus resultierende hohe Gasertrag pro Hektar qualifizieren den Silomais nach wie vor zum wichtigsten Substrat. Seine Bedeutung spiegelt sich in der jährlichen Ausbeute an Kilowattstunden pro Hektar wider. Durchschnittlich erreichen Energiepflanzen einen Wert von 33.000 kWh/ ha/ a (PLANK 2004, 8). Im Falle von Silomais sind durchschnittlich 50.000 kWh/ ha/ a zu erwarten, auf optimalen Silomaisstandorten ist sogar ein Energieertrag von 110.000 kWh/ ha/ a möglich (FACHVERBAND BIOGAS 2005, 4). Berechnet man den Wirkungsgrad der Blockheizkraftwerke von 35-40 % mit ein, so lassen sich aus einem Hektar Silomais 17.000-20.000 kWh Strom erzeugen. Damit kann der Strombedarf von fünf Haushalten gedeckt werden bzw. ein Erdgas-Auto 70.000 km weit fahren (vgl. FACHVERBAND BIOGAS 2005, 7). Davon abgesehen ist Silomais für die in der Biogasanlage eingesetzten Bakterien leicht verdaulich. Dies garantiert eine hohe Gasausbeute und Prozessstabilität (OTT 2006, 48). Vergleicht man diese Energieausbeute jedoch mit jener von Windkraft und Photovoltaik, so offenbaren sich die Nachteile des Energiepflanzenbaus. Für die Produktion von 1 GWh Endenergie benötigt man bei Biogasanlagen 102 ha, bei WKA 5,7 ha und bei PV-Anlagen nur 4,4 ha (PETERS 2010, 17). Eine weitere Forderung des NABU ist ein absoluter Verzicht seitens der Landwirtschaft darauf, Grünland zu Gunsten neuer Standorte für Energiepflanzen umzubrechen. Überhaupt seien im Rahmen der Biogasproduktion ökologisch sensible Standorte (z. B. Standorte mit starker Hangneigung) zu meiden sowie ökologische Ausgleichsflächen (z.B. Extensivgrünland,

Feldgehölze, Blühstreifen) in Höhe von 10 % der Betriebsfläche nachzuweisen. Angesichts der von der Agentur für Erneuerbare Energien formulierten Zielsetzungen zum Ausbau von Erneuerbaren Energien ist jedoch zu erwarten, dass sich der Konflikt zwischen Naturschutzverbänden und Anlagenbetreibern noch verschärfen wird, denn um bis 2020 jährlich 54,3 Mrd. kWh Strom, 150,3 Mrd. kWh Wärme und 111,3 Mrd. kWh Kraftstoff liefern zu können, müsste der Bioenergie ein Anteil von 21,9 % an der landwirtschaftlich genutzten Fläche (3,7 Mio. ha) zugestanden werden (vgl. Abb. 3).

Zum Ausgleich widerstrebender Nutzungsinteressen bedarf es einer adäquaten Steuerung der Raumnutzung. Es besteht die Auffassung, dass mit dem Regionalplan bereits ein ausreichendes Instrument zur Verfügung steht. Grundsätzlich sind die räumlichen Unterschiede zwischen dem Nahrungs- und Futtermittelanbau auf der einen sowie dem Biomasseanbau für energetische Zwecke auf der anderen Seite marginal. Folglich ließe sich der Anbau von Energiepflanzen über die Ausweisung von Vorrang- und Vorbehaltsgebieten für die Landwirtschaft steuern. Auf eine gesonderte Ausweisung von Vorrang- und Vorbehaltsgebieten für den Biomasseanbau kann daher verzichtet werden (BBR 2010, 10). Die konkrete Verortung einer Bioenergieanlage wird schließlich durch das Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG), das Baurecht (BauGB) und das Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung gesteuert (NAWARO-KOMMUNAL 2010, 95f.). Lösungen bietet auch die EEG-Novelle 2012. Dort heißt es, dass der Gülle-Bonus nur gewährt wird, wenn mindestens 60 Masseprozent dieses Stoffes im Fermenter eingesetzt werden. Wiederum dürfen für die Gewährung des NawaRo-Bonus höchstens 60 Masseprozent Silomais vergoren werden (MAY/ NIKIONOK-EHR- LICH 2011, 14). Beide Vorgaben werden zwangsläufig zu einer Verringerung des Flächenbedarfes von Silomais führen. Davon abgesehen stehen FuE in der Verantwortung, neben Silomais neue, ertragreiche Energiepflanzen zu etablieren und ökologisch unbedenkliche Energiefruchtfolgen auch aus ökonomischer Sicht möglich zu machen. Im Blickpunkt des Interesses stehen dabei massenwüchsige Pflanzen wie Sudangras (*Sorghum sudanense*), Chinaschilf (*Miscanthus sinensis*) und Durchwachsene Silphie (*Silphium perfoliatum*) (FNR 2007, 20f. & FNR 2011).

*Kontakt: Biokraftwerk Lechfeld GmbH & Co. KG, Johann-Schüle-Str. 5, 86836 Graben
Ansprechpartner: Herr Metzler, Tel.: 08232 – 99 73 4 88, Fax: 08232 – 99 73 4 89,
Web: www.bkw-lechfeld.de/*

3 Landhotel Waldvogel – Elefantengras aus Leipheim

Vom Gelände der Biokraftwerk Lechfeld GmbH und Co. KG geht es über die B17 und A8 in nordwestlicher Richtung weiter in die Nähe des 80 km entfernten Ortes Leipheim. Nach etwa einer Stunde Busfahrt ist der zweite Standort – das Landhotel Waldvogel – erreicht. Hier besteht auch die Möglichkeit zur Einkehr in eine Gastwirtschaft mit nicht zuletzt regionalem Bezug in der saisonal ausgerichteten Speisekarte.

Das Landhotel Waldvogel zeichnet sich durch sein innovatives Konzept aus, das wie folgt lautet: „Wir gehen den Grünen Weg“! Es stellt sich die Frage, was genau unter dieser Aussage zu verstehen ist. Beim „Grünen Weg“ handelt es sich um einen ganzheitlichen Ansatz, d. h. alle im Hotel bestehenden Strukturen und ablaufenden Prozesse werden von dem Leitbild einer nachhaltigen Entwicklung durchdrungen. Salate, Kräuter und Gemüse werden in Eigenregie angebaut, Brot wird im eigenen Holzofen gebacken, auch Kuchen, Gebäck und Plätzchen stammen aus dem eigenen Betrieb. Des Weiteren werden ausschließlich regionale Lieferanten in die Logistik miteinbezogen. Daraus folgt u. a., dass den Gästen ausschließlich eine saisonale sowie regionale Speisekarte offeriert wird. Selbst der angebotene Tee wird z. T. auf den eigenen Flächen produziert. Bei der Versorgung der Gäste mit Kaffee wird auf Fair Trade- sowie Bio-Produkte zurückgegriffen. Ziel der Personalabteilung ist es wiederum, v. a. Fachkräfte aus der Region anzuwerben und diese auch langfristig an den Betrieb und damit an die Region zu binden. Es geht folglich darum, einen bo-

denständigen sowie sozial und ökologisch verträglichen Umgang mit den zur Verfügung stehenden natürlichen Ressourcen zu leben und zu vermitteln.

Dass im Rahmen dieses Konzeptes die Energieversorgung eine wesentliche Rolle spielt, versteht sich von selbst, denn ohne eine Versorgung mit regenerativer Energie lässt sich ein nachhaltiges Wirtschaften nicht durchsetzen. Der Grüne Weg weist aus diesem Grund auch ein Grünes Energiekonzept auf. Neben gebäudeintegrierten Photovoltaik-Modulen spielen dabei der Anbau von Miscanthusgras bzw. Elefantengras sowie der Betrieb einer Hackschnitzelheizung eine wesentliche Rolle. Miscanthusgras entstand aus der Kreuzung von zwei der ca. 180 Miscanthus-Arten und kann bis zu vier Meter hoch werden. Die Folge sind enorm hohe Flächenerträge. Darüber hinaus benötigen die Pflanzen nur einen geringen Einsatz von Düngemitteln. Bemerkenswert ist, dass, wenn die Saat erst einmal ausgebracht ist, die Pflanze jahrzehntelang nachwächst. Auch der Befall durch Schädlinge ist vernachlässigbar. Am besten gedeiht die Pflanze auf tiefgründigen, sandig-lehmigen Böden. Der Wasserbedarf ist entsprechend der Massenwüchsigkeit relativ hoch. Der visuelle Eindruck dieses spezifischen Energiepflanzenbaus in der Landschaft ist gewöhnungsbedürftig, denn der schilfartige Charakter des Elefantengrases erinnert eher an die Flora südostasiatischer Räume und stellt damit ein exotisches Element in der bayerischen Kulturlandschaft dar. Nach der Ernte des Elefantengrases wird dieses zu kleinen Hackschnitzeln verarbeitet, getrocknet und anschließend in einer Hackschnitzelheizung verbrannt (vgl. WALDVOGEL 2011 & WEITLANER 2005).

Kontakt:

Waldvogel, Grüner Weg 1, 89340 Leipheim

Ansprechpartner: Herr Ihle, Telefon: 08221 - 27 97 0, Telefax: 08221 - 27 97 34,

E-Mail: info@wald-vogel.de, Web: wald-vogel.de/

4 Windkraftanlage Glött – Neue Energie im Angesicht von Gundremmingen

Den dritten, etwa 25 km in östlicher Richtung von Leipheim entfernten Exkursionsstandort stellt die Windkraftanlage (WKA) in Glött im Landkreis Dillingen dar. Die Anfahrt über die B10 nimmt etwa eine halbe Stunde in Anspruch. Der Standort der Anlage, der sich auf einer Anhöhe ca. 870 m westlich der Siedlung Glött befindet, gewährt auch einen guten Blick auf das nur 5 km entfernte Atomkraftwerk Gundremmingen.

An diesem Exkursionsstandort prallen wahrlich zwei Welten zusammen: Auf der einen Seite das alte, zentral organisierte, auf fossilen und nuklearen Energieträgern basierende Energiesystem – getragen von wenigen, großen Energiekonzernen –, auf der anderen Seite die neuen, vom Mittelstand geprägten, dezentralen Strukturen regenerativer Natur, kleiner Erzeugungseinheiten und höheren Flächenverbrauchs.

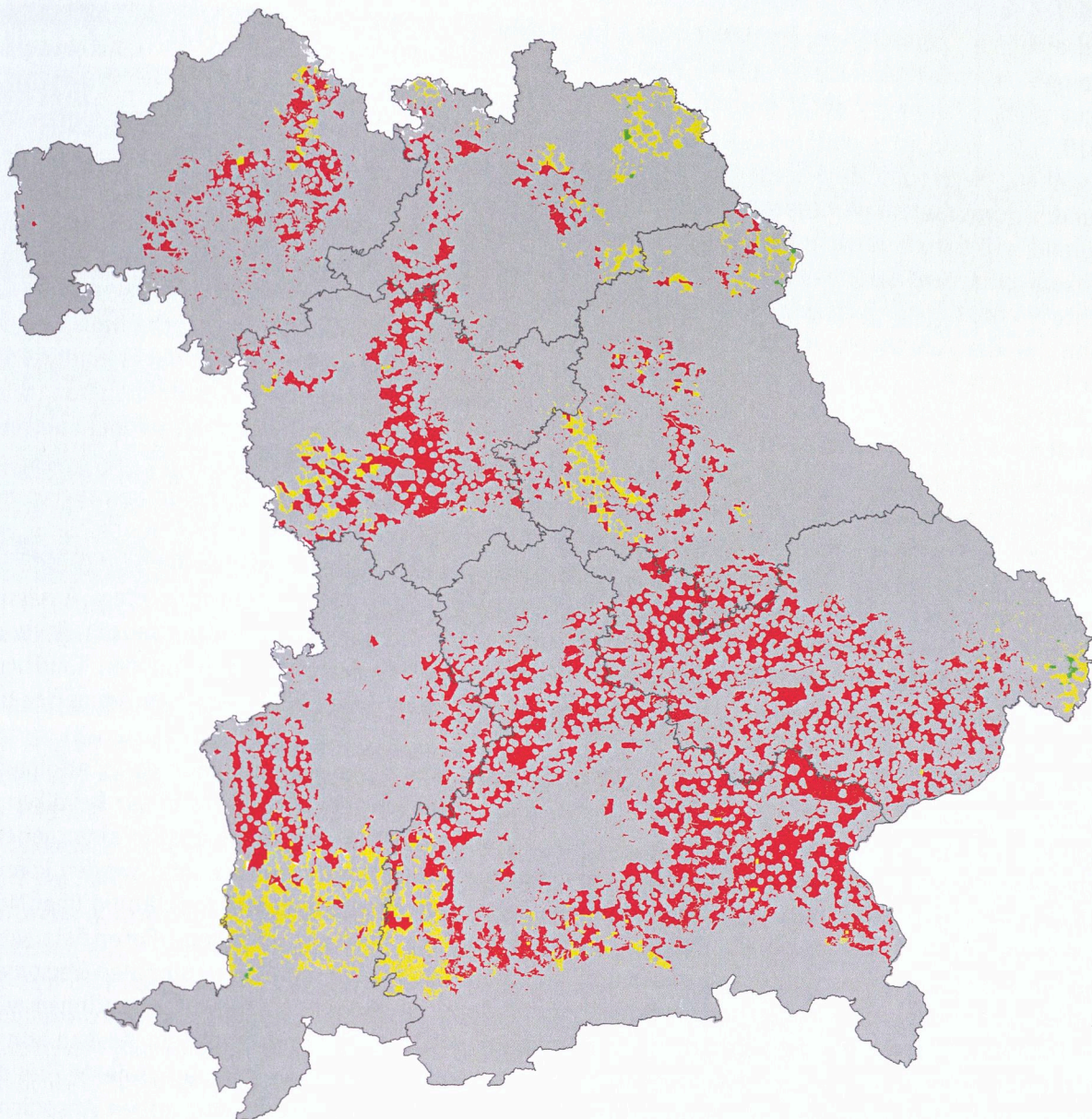
Da das Atomkraftwerk Gundremmingen in der Region gut verwurzelt und akzeptiert sowie ein wichtiger Arbeitgeber ist, stellte es sich für den Betreiber der WKA in Glött, die ATG Alternative Technology Group, als äußerst schwierig heraus, ein Vorzeigeprojekt des „neuen Energiesystems“ auf den Weg zu bringen. Der Widerstand gegen dieses Projekt war bisweilen so groß, dass ein Scheitern keineswegs als Überraschung gegolten hätte. Dennoch ist es dem Unternehmen im Jahr 2007 aufgrund seiner Kompromissbereitschaft gegenüber der ansässigen Bevölkerung gelungen, die erste WKA im Landkreis Dillingen – innerhalb dessen sich nur wenige Flächen für die Windenergie eignen (vgl. Abb. 4) – zu errichten. Da es sich um das erste Windprojekt in der Region handelte, wurde die Anlage entsprechend mit dem Namen Dillingen 1 (DLG 1) versehen.

Bei dieser WKA des Anlagenbauers Enercon handelt es sich um eine Schwachwindanlage des Typs E 53, die speziell für windschwache Standorte konzipiert wurde. Die Anlage weist eine Gesamthöhe von 99 m, eine Nabenhöhe von 73 m, einen Rotordurchmesser von 53 m sowie eine installierte elektrische Leistung von 0,8 MW auf. Ursprünglich war es das Ziel, eine E 82, mit einer Leistung von 2 MW, zu installieren. Die tatsächlich errichtete Anlage ist als Ergebnis eines bereits oben

erwähnten Aushandlungsprozesses zu verstehen, denn der Skepsis in der Bevölkerung gegenüber einer weithin sichtbaren WKA war allein durch die Wahl eines kleineren Anlagentyps beizukommen (vgl. ATG 2010). Da die technologische Entwicklung im Bereich Windenergie schnell voranschreitet, ist die DLG 1 mittlerweile zu den mit Abstand leistungsschwächsten Anlagen zu zählen. Die neueste Generation von WKA, die E 126, mit einer Gesamthöhe von 198,5 m, einer Nabenhöhe von 135 m, einem Rotordurchmesser von 127 m sowie einer Leistung von 7,5 MW, ermöglicht es der Windbranche, zukünftig neue Wege in der Technologieverortung und Leistungsbereitstellung zu gehen (vgl. ENERCON GMBH 2011). Eine deutlich geringere Anzahl von Anlagen wird folglich ausreichen, um die gleiche bzw. eine größere Energiemenge bereitstellen zu können. Werden alte, leistungsschwache Anlagen durch neue, leistungsstarke ersetzt, so wird von Repowering gesprochen. Dem Vorteil eines geringeren Flächenverbrauches steht jedoch der Nachteil einer höheren Sichtbarkeit gegenüber.

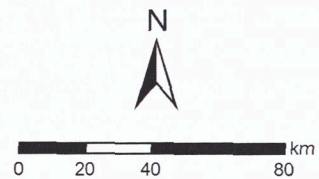
Die DLG 1 befindet sich in einem Vorranggebiet für Windenergie, wobei die umliegenden Flächen allesamt landwirtschaftlich genutzt werden. Der Standort selbst wird in unmittelbarer Nähe von einer 380 kV-Freileitung mit entsprechenden Hochspannungsmasten sowie von Richtfunkstrecken passiert, die die Schutzwürdigkeit des Landschaftsbildes ohnehin stark herabsetzen. Eine weitere Belastung des Blickfeldes durch eine relativ kleine WKA stellt daher keinen regionalplanerischen Zielkonflikt dar. Zum Standort der WKA ist zu sagen, dass die im Regionalplan Donau-Iller und Augsburg vorgesehenen Mindestabstände strikt eingehalten werden. Eine Störung der Anwohner aufgrund von Schallemissionen und Schattenwurf kann damit ausgeschlossen werden. Auch zu kulturlandschaftlich bedeutsamen Elementen wie den Kapellen St. Sebastian und Frauenbrunn wurde ein Abstand von 1.000 m gewahrt. Des Weiteren hält die Anlage den vom Landratsamt Dillingen, von der Regierung von Schwaben sowie im Regionalplan Augsburg empfohlenen Abstand von 1.500 m zur im Norden verlaufenden Grenze des Donautals ein. Damit wird der großen Bedeutung des Natur- und Landschaftsschutzes Rechnung getragen (vgl. ATG 2010).

Trotz dieses schmalen räumlichen Korridors, innerhalb dessen sich die Verortung von WKA bewegen darf, kommt es bei Projektentwicklungen immer wieder zu konflikträchtigen Situationen. Emotionen von Anwohnern und mangelhafte Aufklärungsarbeit seitens der Projektentwickler versperren dabei oftmals den Zugang zu einer sachlich geführten Diskussion um die Vor- und Nachteile einer Technologieverortung. Es stellt sich die Frage, wie es zu derartigen Auseinandersetzungen kommen mag und welche ggf. interpretationsbehafteten Vorgaben zu derartigen Irritationen führen können. Die baurechtliche Privilegierung von WKA im Außenbereich von Gemeinden ist sichtbarer Ausdruck des politischen Willens, die Energieversorgung Deutschlands sukzessive auf regenerative Energieträger umzustellen. Die maßgebenden politischen und wirtschaftlichen Akteure sehen sich jedoch massiver Kritik seitens Naturschutzverbänden und Heimatpflegevereinen ausgesetzt. Diese verweisen auf § 35 Abs. 3 Nr. 5 des Baugesetzbuches, worin betont wird, dass Bauen im Außenbereich nicht zulässig ist, wenn es die „Belange des Naturschutzes und der Landschaftspflege, des Bodenschutzes, des Denkmalschutzes oder die Eigenart der Landschaft und ihren Erholungswert beeinträchtigt oder das Orts- und Landschaftsbild verunstaltet“ (BAUGB 2010, §35). Zum Verständnis dieses Konflikts ist es notwendig, den Begriff „Kulturlandschaft“ zu erläutern. Im wissenschaftlichen Sinn ist unter Kulturlandschaft die vom Menschen genutzte und dadurch umgeformte Naturlandschaft zu verstehen. In der öffentlichen Diskussion wird der Begriff jedoch oftmals auf das Bild einer vorindustriellen, bäuerlichen Landschaft reduziert und dabei die ästhetische Funktion überbewertet. Dem Erhalt des kulturhistorischen Archivs kommt im Rahmen der Kulturlandschaftspflege eine entscheidende Bedeutung zu (DIX/ SCHENK 2007, 819). Heimatpflegevereine kritisieren nun, dass der im ländlichen Raum historisch gewachsene Höhenmaßstab in Form der bisherigen Maßstabsbildner wie Bäume und Kirchtürme (20-35 m) durch den Ausbau von WKA (bis 190 m) verloren geht. Es wird betont, dass diese Maßstabsverluste zu einer ästhetischen Abschwächung und Verdrängung naturräumlicher sowie kultureller „Großereignisse eines Raumes“ (NOHL 2010, 9) führen. Mit Blick auf das touristische Potenzial einer Region gewinnen diese Ei-



Standortpotential Windenergie

- Optimal
- Gut
- Mäßig
- Restriktionsflächen I + II



Daten-/Kartengrundlage: Regierung Oberbayern, Regierung Niederbayern, Regierung Schwaben, Regierung Oberpfalz, Regierung Oberfranken, Regierung Mittelfranken, Regierung Unterfranken.

Abb. 4: Standortpotential der Windenergie im Freistaat Bayern
(Quelle: Eigene Darstellung)

genartverluste auch aus ökonomischer Perspektive an Relevanz (ARGE PV-MONITORING 2007, 37 u. 48). Darüber hinaus befürchtet man, dass eine Überformung der Kulturlandschaft durch WKA die Grenzen zwischen den Gegenwelten einer technisch-urban geprägten Alltagswelt der Menschen

und einer als naturnah empfundenen Kulturlandschaft nivelliert. Der ursprünglich ästhetisch-psychologische Effekt einer Landschaft, dem Menschen Ruhe und Gelassenheit zu vermitteln, ginge nicht zuletzt durch die permanenten Rotorbewegungen verloren (NOHL 2001, 365ff. & SCHEIDLER 2010, 526f.). Belastungen des Blickfeldes können bei klarer Sicht sogar von 60 km entfernten WKA ausgehen, da exponierte Standorte wie Plateaus, Terrassen, Geländekanten und Zeugenberge gute Standortvoraussetzungen bieten (NOHL 2010, 10).

Störend wirkt nach Ansicht des Bayerischen Landesvereins für Heimatpflege auch die Gegensätzlichkeit zwischen der überwiegend horizontal gegliederten Landschaft und den vertikal ausgerichteten WKA (Horizontverschmutzung). Visuelle Beeinträchtigungen treten sogar nachts auf, denn der von künstlichem Licht bis dato relativ unbeeinflusste ländliche Raum erhält aus Gründen der Flugsicherheit durch die gleichmäßig aufgereihten Lichtsignale eines Windparks eine weithin sichtbare Quelle der Lichtverschmutzung. Akustische Störungen rühren aus der Überlagerung landschaftstypischer Geräusche wie dem Plätschern eines Baches, dem Zwitschern von Vögeln und dem Rauschen von Bäumen durch die Rotorgeräusche von WKA (NOHL 2010, 11f.).

Die neueste Generation von WKA mit hohen Wirkungsgraden und großen Nabenhöhen rücken nun auch den Flächenstaat Bayern, der mit ca. 400 WKA zu den Schlusslichtern in Deutschland hinsichtlich der installierten Windleistung zu zählen ist, in den Fokus der Windbranche. Es ist davon auszugehen, dass dort in den kommenden Jahren etwa 1.500 WKA errichtet werden. Ansässige Bürgerinitiativen haben bereits Kampagnen gestartet, um die bayerische Kulturlandschaft vor einer „Verspargelung“ zu bewahren. Befürchtet werden negative Auswirkungen auf den Tourismus, denn die Errichtung mehrerer, an der Rotorspitze bis zu 190 m hoher WKA zwischen Ammersee und Starnberger See würde zu einem ungewohnten Landschaftsbild führen (SEBALD 2010, 42).

Die Windbranche ist sich der Tatsache bewusst, dass eine Energiewende nur dann erfolgreich vollzogen werden kann, wenn sie auf dem Fundament einer breiten Akzeptanz in der Bevölkerung gründet. Bei Windprojekten ist dies jedoch nicht immer gewährleistet, da mit Hilfe einer gerichtlichen Entscheidung Vorhaben auch gegen eine kommunale Mehrheit durchgesetzt werden können (ARGE PV-MONITORING 2005, 38). Eine offensive Informationspolitik sowie Aufklärung über Möglichkeiten der Teilhabe an einem Energieversorgungssystem, das auf endogene Potenziale setzt, regionale Wirtschaftskreisläufe ankurbelt und die Unabhängigkeit von überregionalen Versorgern fördert, ist hierbei ein bedeutender Faktor. Entscheidend ist jedoch, inwieweit es gelingen wird, die Dichotomie zwischen dem Erhalt einer attraktiven Kulturlandschaft und dem Ausbau von EE aufzulösen. Hierzu gibt es bereits ausgereifte Konzepte und gelungene Vorzeigeprojekte, die den Interessenkonflikt zwischen den bewahrenden Kräften der Heimatpfleger, den hohen Ansprüchen der Naturschützer und dem am Fortschritt orientierten Willen von Politik und Wirtschaft auszugleichen versuchen. Angesichts dieser Konfliktlage erscheint es notwendig, verstärkt gesellschaftliche Debatten über die Grenzen und Möglichkeiten von Erneuerbaren Energien auf kommunaler Ebene zu führen. Dabei müssen die Fehlentwicklungen der letzten Jahre thematisiert werden und als Erfahrungswerte in neue Vorzeigeprojekte einfließen. Dadurch könnte die Akzeptanz für einen weiteren Ausbau der Windenergie im ländlichen Raum wieder erhöht werden und der dezentrale Charakter einer regenerativen Energieversorgung gewahrt bleiben. Gelingt dies nicht, so ist eine stärkere Fokussierung der Windbranche auf Großprojekte im Offshore-Bereich zu erwarten, die nicht zuletzt die finanziellen Möglichkeiten des Mittelstandes überschreitet (vgl. BOSCH/ PEYKE 2011a, BOSCH/ PEYKE 2011b & BOSCH/ PEYKE 2011c) (vgl. Abb. 4).

Kontakt:

*ATG Alternative Technology Group GmbH, Raiffeisenstraße 4, 89353 Glött
Ansprechpartner: Herr Eisenhofer, Tel.: 09075 – 8644, Fax: 09075 – 8804,
E-Mail: info@atg-energy.de und info@windkraft-gloett.de,
Web: www.atg-energy.de und www.windkraft-gloett.de*

Energieträger in Deutschland 2010	Installierte Leistung in MW
Steinkohle	29.000
Windenergie	27.204
Gas	23.100
Braunkohle	22.400
Kernenergie	21.500
Photovoltaik	17.320
Heizöl	5.200
Biomasse	4.910
Wasserkraft	4.780
Biogener Anteil des Abfalls	1.480
Geothermie	7,5

Abb. 5: Installierte elektrische Leistung einzelner Energieträger in Deutschland 2010
(Quelle: Eigene Darstellung, nach BMWI 2011)

5 Geothermie in der SGL arena – Europas erstes CO₂-neutrales Fußballstadion

Den letzten Exkursionsstandort bildet das Stadion des Fußballclubs Augsburg (FCA), das sich im Süden von Augsburg befindet. Die Anfahrt von Glött über die A8 und B17 mit gut 50 km nimmt etwa 45 min. in Anspruch. Bei der SGL arena in Augsburg handelt es sich um das europaweit erste CO₂-neutrale Fußballstadion. Die Nutzung von erneuerbaren Quellen ist dabei vielschichtig und spart pro Jahr etwa 750 t CO₂ ein. Neben der Verwendung von Strom aus PV-Anlagen und Wasserkraftwerken sowie dem Einsatz von Rapsöl in einem Notstromaggregat wird speziell zu Spitzenlastzeiten auch Biomethan von der Erdgas Schwaben GmbH – das Rohbiogas stammt im Übrigen aus dem Biomassekraftwerk Graben (s. o. Exkursionspunkt 2) – verarbeitet. Das Besondere an dem Energiekonzept der SGL arena stellt jedoch zweifelsohne die Verwendung von Grundwasser für die Heizung des Rasens und die Kühlung der Gebäude dar. Die Projektentwickler haben sich dabei der Möglichkeiten der oberflächennahen Geothermie bedient (vgl. STADTWERKE AUGSBURG 2011).

Allgemein handelt es sich bei geothermischer Energie bzw. Erdwärme um die unterhalb der Erdoberfläche vorkommende Wärme. Ein Großteil dieser Energie stammt aus der Zeit der Erdentstehung, als Gravitationsenergie in Wärme umgewandelt wurde. Ein weiterer Teil ist auf die natürlichen radioaktiven Zerfallsprozesse im Erdinneren zurückzuführen, wo Temperaturen von bis zu 6.000°C herrschen. In vulkanisch aktiven Regionen sowie an Grenzen von Kontinentalplatten (z. B. Island) tritt die Wärme z. T. ohne Probleme an die Erdoberfläche. In Deutschland hingegen liegt ein Großteil der lukrativen Energie weit unterhalb dieser und muss mit großem technischem Aufwand gefördert werden. Es kann von einem Temperaturgradienten von 3°C pro 100 Meter Tiefe ausgegangen werden, d.h. dass Temperaturen von 100 °C erst ab einer Tiefe von etwa 3 km zu erwarten sind. Das hohe Fündigkeitsrisiko sowie die extrem hohen Bohrkosten zur Erschließung dieses Reservoirs, das entweder in Form von heißem Wasser (hydrothermal) oder heißem Gestein (petrothermal) vorliegt, haben bisher einen stärkeren Ausbau der sog. Tiefengeothermie – die sich mit dem Erdwärmepotenzial ab 400 m und tiefer befasst – verhindert (vgl. BMU 2007 & Abb. 5). Im Gegensatz dazu kann die oberflächennahe Erdwärme, die sich mit der Tiefe zwischen einem und 400 Meter befasst, ohne größeren Aufwand genutzt werden (vgl. STMUGV 2005).

Bei der SGL arena wird mittels sechs Brunnen Grundwasser aus einer Tiefe von 40 m gefördert und

anschließend zu einer Wärmepumpe geleitet (vgl. STADTWERKE AUGSBURG 2011). Innerhalb einer Wärmepumpe wird der Wärme-Kraft-Prozess quasi umgekehrt, denn mittels technischer Arbeit wird die thermische Energie aus dem Grundwasserreservoir, wo ganzjährig Temperaturen zwischen 8 und 10°C vorliegen, auf ein Temperaturniveau angehoben, das als Nutzwärme zu bezeichnen ist. Diese scheinbar geringe Energiemenge von 8-10°C warmem Wasser ist ausreichend, um ein unter Überdruck stehendes, flüssiges Fluid wie Propan, das seinen Siedepunkt bei einem Druck von 2 bar bereits bei einer Temperatur von -25°C erreicht, verdampfen zu lassen. Dieser Dampf wird anschließend mittels elektrischer Energie komprimiert, wobei eine Erwärmung stattfindet. Durch den Kondensator ist es im Zuge der Abgabe von Wärme möglich, diese an das Heizungssystem weiterzuleiten. Ein Nachteil dieser Nutzungsrouten ist, dass zusätzlich externe Energie in Form von Strom beigesteuert werden muss. Die Jahresarbeitszahl beschreibt, wie viel Verdichterenergie in Form von Strom aufgewendet werden muss, um eine entsprechende Menge an Nutzenergie in Form von Wärme zu erhalten. In der Regel können mittels einer Kilowattstunde Strom etwa drei Kilowattstunden Wärme erzeugt werden (Jahresarbeitszahl = 3).

Aufgrund des einzigartigen Energiekonzeptes der SGL arena, das ausschließlich auf erneuerbare Quellen setzt, wurde das von den Energieversorgern Stadtwerke Augsburg und Lechwerke AG entwickelte Projekt im Rahmen der Initiative „Deutschland – Land der Ideen“ ausgezeichnet. Nach einer Besichtigung des Stadions geht es zum wenige Kilometer entfernten Ausgangspunkt, dem Gelände der Universität Augsburg, zurück.

Kontakt:

Lechwerke AG, Schaezlerstraße 3, 86150 Augsburg

Ansprechpartner: Herr Petzuch, Tel.: 0821 – 32 84 251

E-Mail: thomas.petzuch@lew.de, Web: www.lew.de/CLP/lew-startseite.asp

6 Fazit

Die vier vorgestellten Exkursionsstandorte innerhalb des Großraumes Augsburg gewähren einen wesentlichen Einblick in das gesamtgesellschaftliche Bemühen, ein regeneratives Energiesystem zu etablieren. Das Spektrum umfasst dabei die Biogastechnologie, den Energiepflanzenbau, die Windenergie sowie die oberflächennahe Geothermie und zeigt eindrucksvoll die Bandbreite an regenerativen Potenzialen in der Region auf. Davon abgesehen besteht auch die Möglichkeit, die Photovoltaik-Technologie im Rahmen einer Exkursion noch stärker mit einzubeziehen. Speziell in Kissing und Althegegnen sowie in unmittelbarer Nähe zur B2 (zwischen Augsburg und Donauwörth) und zur B17 (Lagerlechfeld) sind zahlreiche PV-Freiflächenanlagen zu finden. Diese bilden hervorragende Anschauungsbeispiele für den solar-basierten Technologiepfad der EE. Der Konflikt zwischen dem Energiepflanzenbau auf der einen sowie der Heimatpflege auf der anderen Seite ist am Beispiel des landwirtschaftlichen Intensivgebietes Donau-Ries hervorragend nachzuvollziehen. Mehr als 80 Biogasanlagen säumen diesen kulturhistorisch als hochwertig einzustufenden Landstrich und treffen oftmals auf nur wenig Verständnis innerhalb der ansässigen Bevölkerung. Es ist diesbezüglich von einer Dichotomie zwischen regenerativer Energieproduktion und Heimatpflege zu sprechen. Ziel muss es daher sein, bei der räumlichen Integration von dezentralen Kraftwerken noch mehr als bisher auf die regionalen Besonderheiten einzugehen und den Anwohnern sowohl die Vor- als auch die Nachteile regenerativer Energieproduktion stets deutlich vor Augen zu führen. Zur Entwicklung neuer Ausbaustrategien sowie zur Umsetzung regionaler und nationaler Energiekonzepte bedarf es offenkundig der Einbindung von geographischem Know-how. Es obliegt der Geographie, die räumlichen Grenzen und Möglichkeiten von EE aufzuzeigen. Dabei steht diese Wissenschaft in der Verantwortung, die gesellschaftliche Akzeptanz einer Energiewende dadurch zu erhöhen, dass den EE ertragreiche Flächen in Abstimmung mit konkurrierenden Nutzungen zu-

gewiesen und ihr Ausbau auf – aus ökologischer, ökonomischer und sozialer Sicht – bedenklichen Flächen eingeschränkt wird (vgl. BOSCH/ PEYKE 2011a, S. 58).

Literatur:

- AGENTUR FÜR ERNEUERBARE ENERGIEN (2009): Erneuerbare Energien 2020. Potenzialatlas Deutschland. Berlin.
- ALTERNATIVE TECHNOLOGY GROUP (ATG) (2010): Informationen zur Windkraftanlage Glött. <http://www.windkraft-gloett.de/>, (17.10.2010).
- ARBEITSGEMEINSCHAFT FÜR SPARSAMEN UND UMWELTGERECHTEN ENERGIEVERBRAUCH E.V. (ASUE) (2011): Bio-Erdgas – Regenerative Energie mit Zukunft. Berlin.
- ARGE PV-MONITORING (2005): Photovoltaik-Freiflächenanlagen – Aktuelle Erfahrungen und Konfliktlinien. Gustav Stresemann-Institut, Bonn; 21.-22.3.2005 – Workshop-Dokumentation.
- ARGE PV-MONITORING (2007): Leitfaden zur Berücksichtigung von Umweltbelangen bei der Planung von PV-Freiflächenanlagen. Im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Hannover.
- BAUGESETZBUCH (BAUGB) (2010): Bauen im Außenbereich § 35. <http://dejure.org/gesetze/BauGB/35.html>, (12.12.2010).
- BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT, GESUNDHEIT UND VERBRAUCHERSCHUTZ (STMUGV) (2005): Oberflächennahe Geothermie – Heizen und Kühlen mit Energie aus dem Untergrund. Ein Überblick für Bauherren, Planer und Fachhandwerker in Bayern. München.
- BIOKRAFTWERK LECHFELD (2008a): Projektbeschreibung. http://bkw-lechfeld.de/index.php?option=com_content&task=view&id=16&Itemid=38, (02.09.2011).
- BIOKRAFTWERK LECHFELD (2008b): Bioenergie aus der Region für die Region – Biokraftwerk Lechfeld speist Biomethan ins Erdgasnetz ein. http://www.agroenergie-gmbh.de/images/Projektbeispiel_BKW_Lechfeld.pdf, (02.09.2011).
- BOSCH S. (2008): Kulturlandschaften und Erneuerbare Energien – Auswirkungen auf Natur und Landschaft: Ökonomische Bedeutung und ökologische Probleme der Biogasgewinnung. In: VEREIN RIESER KULTURTAGE E. V. [Hrsg.]: Rieser Kulturtage – Eine Landschaft stellt sich vor. Dokumentation Band XVII. Nördlingen, 125-128.
- BOSCH S., PEYKE G. (2011a): Erneuerbare Energien und Offshore-Standorte. Rückzug oder Zukunftsperspektive? In: Geographische Rundschau (4), 51-59.
- BOSCH S., PEYKE G. (2011b): Gegenwind für die Erneuerbaren – Räumliche Neuorientierung der Wind-, Solar- und Bioenergie vor dem Hintergrund einer verringerten Akzeptanz sowie zunehmender Flächennutzungskonflikte im ländlichen Raum. In: Raumforschung und Raumordnung 69, (2), 105-118.
- BOSCH S., PEYKE G. (2011c): Regionalplanerische Einstufung der Windenergie in Deutschland – Visualisierung konkurrierender Flächennutzungsansprüche an On- und Offshore-Standorten mittels GIS. In: STROBL J., BLASCHKE T., GRIESEBNER G. [Hrsg.]: (=Angewandte Geoinformatik 2010 – Beiträge zum 23. AGIT-Symposium Salzburg), 450-459.
- BUNDESAMT FÜR BAUWESEN UND RAUMORDNUNG (BBR) (2010): Raumverträgliche Biomasseproduktion – Handlungsmöglichkeiten der Regionalplanung. In: Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) [Hrsg.]: Informationen aus der Forschung des BBSR (1), 10.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT (BMU) (2007): Tiefe Geothermie in Deutschland. Berlin.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT UND TECHNOLOGIE (BMWI) (2011): Zahlen und Fakten – Energiedaten – Nationale und Internationale Entwicklung. Berlin.
- DIX A., SCHENK W. (2007): Historische Geographie. In: GEBHARDT H., GLASER R., RADTKE U., REUBER P. [Hrsg.]: Geographie – Physische Geographie und Humangeographie, 816-829, Heidelberg.
- ENERCON GMBH (2011): E 126 – Spitzenperfektion. <http://www.enercon.de/de-de/66.htm>, (04.08.2011).
- FACHAGENTUR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE (FNR) (2004): Handreichung – Biogasgewinnung und -nutzung. Gülzow.
- FACHAGENTUR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE (FNR) (2007): Leitfaden Bioenergie – Planung, Betrieb und Wirtschaftlichkeit von Bioenergieanlagen. Gülzow.
- FACHAGENTUR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE (FNR) (2011): Die Durchwachsene Silphie (*Silphium perfoliatum* L.) aus der Gattung *Silphium* aus der Familie der Asteraceae (Korbblütler). <http://www.energiepflanzen.info/pflanzen/portraits/durchwachsene-silphie.html>, (02.05.2011).
- FACHAGENTUR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE (FNR) (2012): Anbaufläche für nachwachsende Rohstoffe 2011 <http://mediathek.fnr.de/grafiken/daten-und-fakten/anbauflaeche-fur-nachwachsende-rohstoffe-2011.html>, (08.05.2012).
- FACHVERBAND BIOGAS (2005): Biogas – das Multitalent für die Energiewende. Freising.
- GESELLSCHAFT FÜR SOZIALFORSCHUNG UND STATISTISCHE ANALYSEN MBH (FORSA) (2009): Umfrage zum Thema „Erneuerbare Energien“ 2009. http://www.unendlich-viel-energie.de/fileadmin/content/Presse/Ergebnisse_forsa09.pdf, (15.06.2010).

- KANNING H., BUHR N., STEINKRAUS K. (2009): Erneuerbare Energien – Räumliche Dimensionen, neue Akteurslandschaften und planerische (Mit)Gestaltungspotenziale am Beispiel des Biogaspfades. In: Raumforschung und Raumordnung (2), 142-156.
- LESSNER A. (2010): Widerstand formiert sich. In: Erneuerbare Energien, 4, 76-79.
- MAY H., NIKIONOK-EHRLICH A. (2011): Geschafft. In: neue energie (8), 14-17.
- NATURSCHUTZBUND DEUTSCHLAND (NABU)(2010): Zehn-Punkte-Papier Biogas: Grundsätze für eine naturverträgliche Produktion. <http://niedersachsen.nabu.de/imperia/md/content/niedersachsen/resolutionen/7.pdf>, (14.05.2010).
- NAWARO-KOMMUNAL (2010): Die Anlagengenehmigung. <http://www.nawaro-kommunal.de/documents/I-Anlagengenehmigung.pdf>, (20.05.2010).
- NOHL W. (2001): Ästhetisches Erlebnis von Windkraftanlagen in der Landschaft. In: Naturschutz und Landschaftsplanung, Bd. 33 (12), 365-372.
- NOHL W. (2010): Landschaftsästhetische Auswirkungen von Windkraftanlagen. In: BAYERISCHER LANDESVEREIN FÜR HEIMATPFLEGE E. V. [Hrsg.]: Schönere Heimat – Erbe und Auftrag (1), 3-12.
- OTT M. (2006): Top-Silagen für Top-Biogaserträge. In: Mais (2), 48.
- PETERS J. (2010): Landschaft als Energieressource – Biomasseproduktion und die Auswirkungen auf die Kulturlandschaft. Fachtagung „Raumplanung und die steigende Nutzung von Bioenergie, am 28. September 2010 Wetzlar. <http://www.na-hessen.de/downloads/10n102biomassekulturlandschaft.pdf>, (13.12.2010).
- PLANK J. (2004): Biogas: Wärme und Strom vom Acker – Optimale Wärmenutzung ist wichtiges Kriterium bei Planung von modernen und dezentralen Biomasseheizkraftwerken. In: Landwirtschaftliche Mitteilungen (10), 8-9.
- SCHEIDLER A. (2010): Verunstaltung des Landschaftsbildes durch Windkraftanlagen. In: Natur und Recht, 32, 525-530.
- SEBALD C. (2010): Mehr als ein laues Lüftchen – Der alte Glaube, dass sich Windkraft in Bayern nicht lohne, ist längst widerlegt. In: Süddeutsche Zeitung, Nr. 149, 42, vom 02.07.2010.
- STADTWERKE AUGSBURG (2011): SGL arena – Das erste CO₂-neutrale Stadion Europas. Augsburg.
- WALDVOGEL (2011): Wir gehen den Grünen Weg. <http://wald-vogel.de/den-gruenen-weg-gehen>, (01.09.2011).
- WEITLANER W. (2005): Elefantengras soll Europas Energiebedarf decken. In: innovations report – Forum für Wissenschaft, Industrie und Wirtschaft. http://www.innovations-report.de/html/berichte/energie_elektrotechnik/bericht-48826.html, (05.10.2010).