

## 5. Recherche: Energiequelle Natur

Unsere Energieversorgung ist eine Grunddienstleistung der Natur. Ob auf chemisch-geologischen Zusammenhängen oder auf der Energieabstrahlung der Sonne aufbauend – immer liegen natürliche Prozesse zugrunde. Die Primärenergieträger werden unterschieden in nicht-erneuerbare Energieträger (Steinkohle, Braunkohle, Erdgas, Erdöl, Uran) und regenerative Energieträger (Solarenergie, Windenergie, Gezeitenenergie, Wasserkraft und Erdwärme sowie Bioenergie). Wir konzentrieren uns in diesem Kapitel auf die regenerativen Energieträger. Man kann sich darüber streiten ob bei der Nutzung von Wasserkraft und Windenergie oder gar von der Sonnenenergie tatsächlich die Natur (im Sinne von Ökosystemen, Habitaten und Arten) selbst die Produktivkraft ist, oder ob dabei nicht vielmehr diejenigen Kräfte angezapft werden, die überhaupt erst die Existenzgrundlage für die Natur bilden. Allerdings ist es für einen nachhaltigen Ausbau der Erneuerbaren Energien unerlässlich die positiven und negativen Wirkungen der Nutzung von erneuerbaren Energiequellen auf den Naturhaushalt in seiner Gesamtheit mit biotischen und abiotischen Bestandteilen sowie dem Landschaftsbild zu betrachten und zu entwickeln. Daher geben wir nur einen kurzen Überblick über die Gesamtbedeutung regenerativer Energien und ihr (nicht immer unkompliziertes) Verhältnis zur Natur und gehen dann vor allem auf diejenigen regenerativen Energieformen ein, die „direkt aus der Natur“ geerntet werden: Die Energie aus Biomasse aller Art.

Eine nachhaltige Energieversorgung für die Zukunft ist – auch beim Ausbau des Anteils an Erneuerbaren - nur zu leisten, wenn gleichzeitig die Energieeffizienz gesteigert wird und der Energieverbrauch deutlich reduziert wird. Für die kommenden Jahre bedeutet die Umsetzung dieser Anforderung, dass erhebliche Investitionen auch in die Verbesserung von Technologien der Energieeffizienz und –einsparung getätigt werden müssen. Anderenfalls würde auch eine Versorgung mit erneuerbaren Energiequellen bei gleichzeitig exponentiell steigendem Energiebedarf nicht gelingen. Gleichzeitig müssen Strategien gefunden und umgesetzt werden, um die negativen Auswirkungen auf Naturhaushalt und Landschaftsbild zu minimieren und Synergieeffekte auszubauen.

### **Erneuerbare Energien: Wertschöpfung und Arbeitsplätze in Deutschland**

Derzeit (2005) werden weltweit 10% der weltweit verbrauchten Primärenergie aus Biomasse und Abfällen, weitere 2% aus Wasserkraft und 1% aus sonstigen erneuerbaren Energien gedeckt (IEA 2007). Weltweit wird 80% der eingesetzten Biomasse für die häusliche Energieversorgung verwendet, 18% für den industriellen Energieverbrauch und 2% für Transportenergie. In manchen Entwicklungsländern hat die Biomasse dabei einen Anteil von bis zu 90% an der gesamten Primärenergie (FAO 2008)

Der Boom der erneuerbaren Energien (EE) ist ein wichtiger Motor für das Wachstum der Arbeitsplätze im Umweltschutzbereich: Fast 1,8 Millionen Menschen in Deutschland arbeiten im Bereich Umweltschutz, mehr als fünf Prozent der Industriegüterproduktion in Deutschland entfielen 2007 auf Umweltschutzgüter. Dies zeigt ein erstmals im Januar 2009 vorgelegter Umweltwirtschaftsbericht des Bundesumweltministeriums und des Umweltbundesamtes

(UBA, BMU 2009). Folgender Überblick zeigt die Wirtschaftsleistung der erneuerbaren Energien (Agentur für erneuerbare Energien 2008a):

	Investitionen in neue Anlagen 2007	Umsätze aus Anlagenbetrieb 2007	Arbeitsplätze 2007	Exportquote deutscher Firmen 2007
Windenergie	2.275 Mio. €	3.504 Mio. €	84.300 - 89.700 (versch. Quellen)	78%
Bioenergie	2.382 Mio. €	7.489 Mio. €	ca. 96.100	10%
Sonnenenergie	5.400 Mio. €	1.855 Mio. €	12.100 – 15.000 (versch. Quellen)	70%
Erdwärme	601 Mio. €	0,05 Mio. €	4.500 – 12.000 (versch. Quellen)	k.A.
Wasserkraft	70 Mio. €	1.130 Mio. €	ca. 9.400	80%
<b>Gesamt</b>	<b>ca. 10,7 Mrd. €</b>	<b>ca. 14 Mrd €</b>	<b>ca. 250.000</b>	<b>ca. 9 Mrd. € Exportvolumen</b>

Die Roland Berger Unternehmensberatung erwartet, dass im Jahr 2020 etwa 400.000 bis 500.000 Menschen im Bereich der erneuerbaren Energien in Deutschland tätig sind, also ungefähr doppelt so viel wie heute. Für 2030 werden sogar 710.000 Beschäftigte erwartet (Bühler et al. 2007).

Die Neuen Bundesländer profitieren besonders vom Boom der Solarindustrie. 2008 waren in der ostdeutschen Solarbranche 14.000 Menschen beschäftigt, vor allem im neuen „Solar Valley“ zwischen Bitterfeld, Halle, Jena und Dresden und auch in der Hauptstadtregion Berlin/Frankfurt-Oder. Allein 22 Firmen aus dem Bereich der neuen Dünnschicht-Modul-Produktion siedelten sich seit 2001 im Osten Deutschlands an – und es bildete sich ein Cluster von Unternehmen, wie Wissenschaftler des Instituts für Wirtschaftsforschung Halle feststellen (Brachert, Hornych 2009).

Die Umsätze der gesamten EE- Branche stiegen von 2003 bis 2007 um 150 Prozent von rund 10 Milliarden Euro auf rund 25 Milliarden. Die Bioenergie war daran zu 40,9 Prozent beteiligt, die Solarenergie (Photovoltaik und thermische Solarenergie) zu 29 Prozent, die Windkraft zu 22,8 Prozent, die Wasserkraft zu 4,9 Prozent und die Geothermie zu 2,4 Prozent. 11 Milliarden Euro Gesamtinvestitionen wurden in Anlagen investiert. Allein diese Investitionen übertreffen somit deutlich die jährliche Förderung – die so genannten Differenzkosten – der erneuerbaren Energien. Diese lagen im Jahr 2008 bei schätzungsweise 4,8 Milliarden Euro, vor allem über das EEG.(BMU 2008b). Laut Bundesverband Erneuerbare Energien sollen die jährlichen Investitionen bis 2020 auf 200 Milliarden Euro anwachsen. (BEE 2009)

Weltweit zunehmende Investitionen in Wind- und Wasserkraft, Solar- und Bioenergie sowie Erdwärme schaffen Exportmärkte für deutsche Unternehmen. Wichtige Wachstumsmärkte sind neben der Europäischen Union vor allem China, Indien und die USA. Im Jahr 2020 wird dieser Markt nach Angaben der Agentur für erneuerbare Energien auf mehr als 400 Milliarden Euro anwachsen (Agentur für erneuerbare Energien 2008a). Greenpeace International und der europäische Photovoltaik-Industrieverband EPIA (2008) prognostizieren, dass bis 2020 über zwei Millionen Jobs im Bereich der Photovoltaik entstehen und Solarstrom den Energiebedarf von einer Milliarde Menschen weltweit deckt.

Allein in die Solarenergie wurden in 2007 nach einer Studie der UNEP weltweit 28,6 Milliarden US-Dollar investiert, die Gesamtinvestitionen in eine nachhaltige Energienutzung betragen weltweit 148,4 Mrd US\$. Darin eingerechnet sind alle Biomasse-, Geothermie- und Windenergieprojekte mit einer Leistung von mehr als 1MW, alle Wasserkraftnutzungen von 0.5 bis 50 MW, alle Solarprojekte größer als 0.3 MW, alle Projekte, die Meeresenergie nutzen, alle Biosprit- erzeugenden Projekte mit einer Kapazität von mehr als 1 Mio Liter pro Jahr und alle Projekte zur Steigerung der Energieeffizienz, sofern sie auf finanzielle Investoren angewiesen sind. Dabei machen Windenergie- Investitionen 43% aus, Solarenergie- Investitionen 24% und Investitionen in Biokraftstoffe haben einen Anteil von 17 % (Boyle et al. 2008).

Im internationalen Vergleich ist der deutsche EE-Sektor führend. 2007 wurden Anlagen und Technik mit einem Volumen von ca. neun Milliarden Euro exportiert. Die grösste Bedeutung hat das Auslandsgeschäft zurzeit für die Wasserkraft- und die Windindustrie mit Exportquoten von 80 Prozent, allein der Weltmarktanteil der Windenergiebranche liegt bei 36 Prozent. Stark an Bedeutung gewonnen hat der Export aber auch für die Solarbranche: Im Jahr 2007 lieferte die Photovoltaikindustrie nach Angaben des Bundesverbands Solarwirtschaft 43 Prozent ihrer Produktion ins Ausland (Exportvolumen 2,5 Milliarden Euro), im Jahr 2008 stieg die Exportquote auf 46 Prozent und ein Exportvolumen von 3,2 Milliarden Euro an. Bis zum Jahr 2020 strebt die deutsche Erneuerbare-Energien-Branche eine durchschnittliche Exportquote von 70 Prozent an (Agentur für erneuerbare Energien 2008a).

Das Erneuerbare Energien Gesetz EEG hat positive Wirkungen auf die Innovationskraft der deutschen Wirtschaft. Die Zahl der jährlichen Patente bei den erneuerbaren Energien kletterte allein zwischen 1998 und 2002 von 20 auf etwa 70. Mittlerweile hat sich das EEG als Steuerungsinstrument, bei dem die zusätzlichen Mittel vom Stromkunden aufgebracht werden, zu einem Exportschlager entwickelt. Das gilt für die meisten EU- Länder aber auch für Japan und neuerdings Indien, das auf diese Weise 20.000 MW Photovoltaik installieren will (Jänicke, Jahr?)

Um zu erfahren, welche Perspektiven mittelständische Unternehmer den erneuerbaren Energien einräumen, hat die Agentur für Erneuerbare Energien im Oktober und November 2008 durch die Forschungsstelle Mittelständische Wirtschaft (Universität Marburg) eine repräsentative Kurzumfrage unter Führungskräften von 1.000 mittelständischen Unternehmen durchführen lassen (Agentur für erneuerbare Energien 2008b). Zentrale Ergebnisse sind: Die erneuerbaren Energien werden zunehmend zur Querschnittsbranche. Bereits ein Drittel aller Unternehmen verfügt über entsprechende geschäftliche Kontakte. Im Vergleich zu anderen deutschen Leitbranchen trauen die Mittelständler der Erneuerbare-Energien-Branche das stärkste Wachstum bis 2020 zu. Das geringste Wachstum bzw. den grössten Rückgang sagen sie für die Bergbaubranche voraus, aber auch die Finanz- und die Automobilbranche werden unter den aktuellen Bedingungen schlechter eingeschätzt. 95 Prozent der teilnehmenden Unternehmer sehen die Bedeutung der deutschen Erneuerbaren-Energien-Unternehmen im Weltmarkt wachsen. Die Mehrheit der Befragten (71 Prozent) sieht die Entwicklung der Erneuerbare Energien- Branche durch die Finanzkrise nur moderat beeinträchtigt. Lediglich knapp zwei Prozent gehen von einer starken Beeinträchtigung aus. Fast 80 Prozent der Befragten hält eine Anschubfinanzierung der Erneuerbaren Energien für gerechtfertigt, wenn diese Technologien dadurch schneller wettbewerbsfähig werden.

Es gibt auf kommunaler und regionaler Ebene zahlreiche Beispiele dafür, die zeigen, welches großes Potenzial die erneuerbaren Energien für regionale Wertschöpfung und Arbeitsplatzsicherung haben. So hat sich beispielsweise die Initiative "Klimaschutz am Oberrhein" zur Aufgabe gemacht, den Klimaschutz und regionale Wertschöpfung durch die Förderung von Massnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz und des Ausbaus der regenerativen Energien zu fördern. Allein in der Region am Oberrhein beträgt das mögliche Gesamtvolumen aller Massnahmen rund 14 Milliarden Euro (Klimaschutz am Oberrhein o.J.). Ein interaktiver Atlas bietet eine Übersicht über entsprechende Aktivitäten deutscher Kommunen (Agentur für erneuerbare Energien o.J.).

### **Versorgungssicherheit, Import- Substitution und Energie- Autarkie**

Der Beitrag der EE am gesamten Energieverbrauch in Deutschland betrug 2007 rund 8,6 Prozent. Im darauf folgenden Jahr trugen die erneuerbaren Energien bereits mit 9,6 Prozent zur Deckung des Endenergiebedarfs bei. Beim Strom waren es 15,1 Prozent, bei der Wärme 7,3 Prozent und beim Kraftstoff 5,9 Prozent. (BEE 2009). Aufgeschlüsselt nach verschiedenen Energiearten ergibt sich folgendes Bild (BMU 2008b):

- 2007 wurde Kraftstoff in einer Größenordnung von 46.556 Gigawattstunden (GWh) regenerativ gewonnen, davon insgesamt 34.389 GWh aus Biodiesel, der Anteil des Pflanzenöls betrug 8.750 GWh, der Anteil des Bioethanols 3.417 GWh.
- Der mit Abstand größte Teil der regenerativen Wärmeenergie, nämlich 71.328 GWh – von insgesamt 90.198 GWh –, stammte aus biogenen festen Brennstoffen. Die Solarthermie lieferte 3.700 GWh, die Geothermie 2.299 GWh, der Rest stammt aus biogenen flüssigen Brennstoffen sowie dem biogenen Anteil des Abfalls.
- Den größten Anteil des regenerativ erzeugten Stroms lieferte die Windkraft mit insgesamt 40 Terawattstunden (TWh) = 6,5 %, gefolgt von der Bioenergie mit 28 TWh = 4,5 %, der Wasserkraft mit 21 TWh = 3,4 % und der Photovoltaik mit 4 TWh = 0,6 %. Für 2020 prognostiziert der Bundesverband Erneuerbare Energien bereits einen 47 % Anteil beim Stromverbrauch, wovon die Geothermie 1 %, die Wasserkraft 5 %, die Photovoltaik 7%, die Bioenergie 9 % und die Windenergie 25 % (davon Offshore 19%) beitragen sollen (vgl. Agentur für erneuerbare Energien 2008a). Die Bundesregierung strebt bis 2020 einen Anteil der regenerativen Energien an der Stromerzeugung von 30 % sowie bei der Wärmeerzeugung von 14 % an.

Damit vermeiden erneuerbare Energien immer mehr Importe teurer fossiler Brennstoffe nach Deutschland. Allein im Jahr 2007 haben Kraftstoffe, Strom und Wärme aus regenerativen Quellen fossile Energieimporte im Gegenwert von 5,4 Milliarden Euro ersetzt. Innerhalb von nur drei Jahren konnte dieser Wert verdreifacht werden. Diese rasante Entwicklung hängt zum einen mit dem rasch wachsenden Anteil Erneuerbarer Energien zusammen, zum anderen mit den explodierenden Kosten für die fossilen Energieträger. Die Branchenverbände prognostizieren, dass die erneuerbaren Energien im Jahr 2020 fossile Energieimporte im Wert von 22,6 Milliarden Euro ersetzen können (BEE 2009: 10).

Abzüglich der Einfuhr von Biomasse aus dem Ausland ergibt sich ein Netto-Einspareffekt von 4,3 Milliarden Euro. Diese Summe entspricht genau den höheren Beschaffungskosten, die von den Energieversorgern 2007 für Strom aus regenerativen Quellen bezahlt werden mussten (Agentur für Erneuerbare Energien e.V., Pressemeldung vom 19.08.2008, <http://www.unendlich-viel-energie.de/de/detailansicht/browse/3/article/224/erneuerbare-energien-unterm-strich-ein-gewinn-fuer-die-volkswirtschaft.html>).

Der Beitrag der erneuerbaren Energien zur Versorgungsunabhängigkeit ist umso bedeutsamer als die Importquote der in Deutschland genutzten Energie in den vergangenen zehn Jahren deutlich angestiegen ist, nämlich von 68,5 Prozent im Jahr 1995 auf 74,5 Prozent im Jahr 2006. Aktuell stammen rund 84 Prozent des in Deutschland genutzten Erdgases und 64 Prozent der Steinkohle aus dem Ausland – mit steigender Tendenz. Erdöl wird fast vollständig (96 Prozent) und Uran zu 100 Prozent importiert. Die Reserven der meisten Energieträger sind auf wenige Länder konzentriert. Mehr als 80 Prozent des weltweit abbaubaren Urans befindet sich in nur vier Ländern. Der Nahe Osten beherbergt rund 62 Prozent der Weltölvorräte und 30 Prozent der Erdgasreserven liegen allein in Russland. Damit stammen Teile der knappen Rohstoffe aus politisch instabilen bzw., aus weit entfernten Regionen, mit entsprechenden Versorgungsrisiken (Umbach 2004, Meier-Walser 2006).

Rund 100 Regionen und Kommunen in Deutschland, die ihre Energieversorgung zu 100 % auf erneuerbare Energien umstellen wollen oder schon umgestellt haben, zeigen, dass eine weitgehende „Energieautarkie“ möglich ist. (<http://www.100-ee-kongress.de/der-kongress.html>). In Freiamt (Schwarzwald) wurden 2008 rund 14,3 Millionen kWh Strom durch regenerative Anlagen erzeugt. Diese Energiemenge liegt um ca. 1,5 Millionen kWh über dem Gesamtstromverbrauch der Gemeinde. Momentan sind ca. 130 Photovoltaikanlagen mit einer Leistung von rund 1.300 kWp installiert und ständig kommen neue Anlagen hinzu. Vier Windkraftanlagen mit einer Leistung von jeweils 1.800 kW tragen ebenfalls zur positiven Energiebilanz bei. Etwa 300 Anteilseigner betreiben die Windkraftanlagen, dazu haben sie sich in einem Verein zusammengeschlossen ([www.freiamt-windmuehlen.de](http://www.freiamt-windmuehlen.de)). Auch die Wasserkraft kommt zum Einsatz: Vier Kleinkraftwerke erzeugen Strom für zwei Sägewerke und eine Mühlenbäckerei. Rund 150 Sonnenkollektoren werden zur Heizungsunterstützung und Warmwasserbereitung genutzt. Erwärmung von Wasser ist aber auch anders möglich. So kam ein findiger Landwirt auf folgende Idee: Frisch gemolkene Milch hat eine Temperatur von etwa 32 Grad, zur Lagerung wird die Milch auf 4 Grad abgekühlt. Statt die Abwärme ins Freie zu blasen, setzt er - wie viele seiner Berufskollegen - einen Wärmetauscher ein. Damit heizt er 800 Liter Nutzwasser auf 40 Grad auf. Das Wasser muss zwar noch auf 60 Grad erhitzt werden, dennoch ist die Einsparung enorm. Für das tägliche Reinigen der Melkanlage benötigt er alleine 600 Liter heißes Wasser, die er auf diese Weise umweltschonend erzeugt. Zahlreiche Holzhackschnitzel-Heizungen sorgen mit Holz aus dem eigenen Wald für Wärme und Behaglichkeit. In den letzten Jahren sind auch einige Holzpellet-Heizungen in Betrieb gegangen. Mit Geothermie, Luft oder Wasser betriebene Wärmepumpenheizungen werden bereits für mehrere Privatanwesen genutzt. 2002 wurde in Freiamt die erste Biogasanlage mit einer Leistung von 150 kW in Betrieb genommen. Die zweite Biogasanlage mit einer Leistung von 190 kW folgte im Jahr 2007. Übrigens: Die jährliche CO<sub>2</sub>-Einsparung in Freiamt liegt bei rund 9.800 t ([www.freiamt.de/erneuerbare\\_energien.php#presse](http://www.freiamt.de/erneuerbare_energien.php#presse)).



## **Vermeidung externer Umweltkosten**

Es ist schwierig, alle externen Umwelteffekte der Energieversorgung zu quantifizieren, denn dies sind nicht nur direkte Effekte wie die Belastung der Luftqualität, sondern auch indirekte Auswirkungen wie die auf die Biodiversität (BMU 2008b). Eine für das Bundesumweltministerium durchgeführte Studie des DLR und des Fraunhofer ISE kommt zu dem Ergebnis, dass die externen Kosten der Stromerzeugung in modernen Braun- und Steinkohlekraftwerken zwischen sechs und acht Cent je Kilowattstunde und damit deutlich über ihren spezifischen Stromgestehungskosten von zwei bis fünf Cent je Kilowattstunde liegen. Die externen Kosten der erneuerbaren Energie liegen dagegen in aller Regel unter einem Cent je Kilowattstunde. Die Schätzungen verschiedener Studien zu den externen Kosten des Atomstroms reichen von weniger als einem Cent je Kilowattstunde bis über zwei Euro je Kilowattstunde. Die immens hohen Schäden eines atomaren Super-GAUs sind dabei nicht über Versicherungen abgedeckt und müssen im Ernstfall durch die Gesellschaft getragen werden (BMU 2007a).

Durch die Nutzung regenerativer Energien wurden 2007 circa 115 Millionen Tonnen Kohlendioxid vermieden, 15 Prozent mehr als im Jahr zuvor. Dadurch wurden der Volkswirtschaft externe Kosten in Höhe von mehr als acht Milliarden Euro erspart (davon Strom 5,8 Mrd. Euro, Wärme 1,5 Mrd. Euro, Kraftstoffe 1 Mrd. Euro) Diese wären durch Umweltverschmutzung, Gesundheitsschäden und einen verstärkten Treibhauseffekt angefallen, wenn der Energiebedarf statt mit erneuerbaren Energien nur aus fossilen Quellen gedeckt worden wären

(Quelle, Berechnungsmodus?). Für 2020 erwartet die Agentur für Erneuerbare Energien, dass über die Nutzung von Sonne, Wind, Biomasse und Wasser allein im Stromsektor über 200 Millionen Tonnen Kohlendioxid jährlich eingespart werden können. Schon diese Entlastung übersteigt damit die Kosten für den Ausbau der erneuerbaren Energien über das EEG deutlich. So wird erwartet, dass die EEG-Differenzkosten im Jahr 2020 nur noch bei 2,4 Mrd. Euro liegen. 2007 lagen diese sog. Differenzkosten, die bei den Stromverbrauchern durch die erhöhte Einspeisevergütung für den regenerativ erzeugten Strom als Mehrbelastung anfallen, bei rund 4,3 Milliarden Euro, 2008 bei schätzungsweise 4,8 Milliarden Euro. Die EEG-Umlage lag 2007 bei etwa einem Cent pro Kilowattstunde, dies entspricht circa fünf Prozent der Kosten einer Kilowattstunde Haushaltsstrom (BMU 2008 b).

In der Crystal-Clear Studie des Energy Research Centre of the Netherlands (ENC) ergab, dass Solarmodule schon nach dem Stand der Technik des Jahres 2004 einen "Erntefaktor" von 11 aufwiesen: Das heißt, dass ein Photovoltaikmodul im Laufe seines Gebrauches das Elffache der Primärenergieerträge ersetzen wird, die die Herstellung (vom Rohstoffabbau bis zur Entsorgung) gekostet hat. Entsprechend rentieren sich die Module energetisch gesehen nach 2,2 Jahren. Da sich der Wirkungsgrad von Solarstrommodulen seitdem ständig erhöht und der Energie- und Rohstoffbedarf bei der Produktion gesunken ist, sieht diese energetische Bilanz heute noch besser aus (Stadler 2008). Zudem wird das Recycling vorangetrieben. Die Industrievereinigung PV Cycle, der 70 Prozent der europäischen Solarindustrie angeschlossen sind, möchte ab Frühjahr 2009 ein freiwilliges Recycling- und Rücknahmesystem für ausgediente Solarmodule aufbauen (Neidlein 2009).

## **Regenerative Energien und ihr Verhältnis zu Natur und Naturschutz**

Im Folgenden einige Fakten, Hinweise und Abschätzungen zu möglichen Nutzungskonflikten zwischen den regenerativen Energien Wasser, Wind und Sonne und dem Naturschutz. Dabei wird besonders auf Quellen des Umweltministeriums und der Naturschutzverbände zurückgegriffen. Der Bioenergie wird aufgrund ihrer starken Bezüge zum Naturpotential ein eigenes Unterkapitel gewidmet.

- **Wasserkraft:** Der weitere Ausbau der Wasserkraftnutzung in Deutschland ist unter den regenerativen Energien aus Naturschutzsicht am umstrittensten, denn die Ökosysteme der Fließgewässer gehören zu den gefährdetsten Lebensräumen Mitteleuropas. Viele Gewässer sind kanalisiert oder werden bereits durch rund 7.660 Wasserkraftanlagen genutzt, davon rund 7.300 Kleinwasserkraftanlagen mit einer Leistung unter ein Megawatt (BMU 2009a). Oftmals ist die Durchgängigkeit für wandernde Fische und andere Arten durch Wehre o.ä. nicht mehr gegeben. So sind beispielsweise in Bayern 94 % der Fließgewässerfische auf der „Roten Liste“. Nur noch rund 20 Prozent der Gewässer gelten als naturnah (Milles 2004).

Das Bundesumweltministerium geht davon aus, dass unter „Berücksichtigung der Belange des Natur- und Landschaftsschutzes“ das langfristig realisierbare Nutzungspotenzial der Wasserkraft für die Stromerzeugung in Deutschland bei 25 Terawattstunden pro Jahr und einer installierten Leistung von 5.200 Megawatt liegt. Das bedeutet eine fast 25-prozentigen Steigerung gegenüber 2007, als der Wert bei 20,7 Terawattstunden pro Jahr lag (BMU, 2008b: 44). Dieser Ausbau soll vor allem über die Leistungssteigerung und Modernisierung bestehender Kleinanlagen mit einer Leistung unter 1 MW in Süddeutschland (BMU 2009a) sowie über eine Modernisierung größerer Laufwasserkraftwerke (BMU 2008b) erreicht werden. Der Bund Naturschutz Bayern fordert beispielsweise zusammen mit dem Landesbund für Vogelschutz und dem Landesfischereiverband einen grundsätzlichen Verzicht auf den Bau neuer Wasserkraftanlagen und eine naturverträglichere Gestaltung bestehender Anlagen. Der Gesetzgeber hat diese Forderungen aufgegriffen. So wird nach dem EEG ins Netz eingespeister Strom aus Wasserkraftanlagen nur vergütet, wenn die Anlage im räumlichen Zusammenhang mit bereits existierenden Querbauwerken errichtet wird und wenn nach Errichtung oder Modernisierung der Anlage nachweislich ein guter ökologischer Zustand erreicht oder der ökologische Zustand gegenüber dem vorherigen Zustand wesentlich verbessert worden ist“. Die Anforderungen hierfür sind in § 23 Abs.5, Nr. 2 EEG, definiert: So müssen u.a. die biologische Durchgängigkeit, der Mindestwasserabfluss oder die Uferstruktur verbessert werden (s.a. Leitfaden für die Vergütung von Strom aus Wasserkraft, BMU 2005). Die Umsetzung dieser Anforderungen Voraussetzung für die Vergütung nach EEG.

- **Windkraft:** Die Hauptwiderstände gegen die Errichtung von Windkraftanlagen kommen von Seiten betroffener Anlieger und Regionen aus ästhetischen Gründen, aufgrund von befürchteten Lärmbelästigungen oder Schattenwurf. Von Naturschutzseite wird vor allem auf negative Auswirkungen auf bedrohte Vogelarten und Fledermäuse, beispielsweise durch Kollisionen mit den Rotoren bzw. durch Vertreibungseffekte (Rastvögel) größerer Windparks hingewiesen. Etliche Rastvogelarten wie Gänsen, Pfeifenten oder Kiebitzen reagierten allerdings teilweise gravierend auf Windkraftan-

lagen und halten Abstände von mehreren hundert Metern ein. Nach Studien des NABU konnte auf Brutvögel bisher kein statistisch abgesicherter Einfluss der „Onshore“-Windräder nachgewiesen werden (NABU 2006). Die Reaktion verschiedener der Vogelarten ist unterschiedlich. Bei Zugvögeln wie Kranichen, Gänsen oder Watvögel konnte bisher für 81 Vogelarten nachgewiesen werden, dass Windparks als eine Barriere wirken. Zur Zahl der Vögel oder Fledermäusen die jedes Jahr an Windkraftanlagen verunglücken, gibt es laut NABU bisher keine systematische Untersuchung. Eine Erhebung der Brandenburgischen Vogelschutzwarte seit 1989 listet 269 Fälle solcher Kollisionen von 70 Vogelarten auf. Damit sind die Vogelverluste durch Windräder viel geringer als beispielsweise durch den Straßenverkehr. Allerdings fallen die hohen Opferzahlen von Seeadler und Rotmilan durch Windrotoren auf. Als besonders gefährlich für Vögel erweisen sich Windkraftanlagen in der Nähe von Feuchtgebieten. Der NABU spricht sich deshalb nicht pauschal gegen die klimafreundliche Windkraft aus, fordert jedoch bestimmte Kriterien bei der Standortwahl zu beachten: So sollten vor allem in der Umgebung von Wäldern, Feuchtgebieten, Seen und unmittelbaren Küstenbereichen hinter den Deichen sowie bekannten Rastgebieten von Kranichen, Gänsen und Enten sowie von Schutzgebieten keine Windparks errichtet werden (NABU 2006: 18). Auch aus Gründen des Landschaftsschutzes sollten sensible Landschaftsteile von Windkraftanlagen freigehalten werden. Zumindest ist die Standortwahl so vorzunehmen, dass möglichst geringe Beeinträchtigungen des Landschaftsbildes und der Erholungseignung von Landschaftsräumen eintreten. Der Bündelung von Windkraftanlagen mit anderen technischen Infrastrukturen (z. B. Industriegebiete, Straßen) kommt dabei ein hohes Vermeidungspotenzial zu. Eine räumliche Steuerung kann vor allem über die Regionalplanung und die Begrenzung der Windkraftnutzung auf sog. Vorrangflächen umgesetzt werden. Letzteres ist in weiten Bereichen Deutschlands, in denen Windenergie genutzt wird, gängige Praxis. Besonders in Bayern oder Baden-Württemberg wird bei der Genehmigung von Windkraftanlagen sehr restriktiv verfahren.

Zudem wird auf die negativen Auswirkungen der Strom-Freilandleitungen auf Vögel verwiesen, die zum Transport der zusätzlich erzeugten Windstrommengen aus meist siedlungsärmeren Gebieten in die Ballungszentren benötigt werden. Als Alternative wird hier die Verlegung von Erdkabeln gefordert, was jedoch meist teurer ist.

- **Offshore-Windparks**, die in 30 bis 120 Kilometer Entfernung vor der Küste errichtet werden sollen, laufen aufgrund der günstigeren Windbedingungen gleichmäßiger und sind insofern leistungsstärker als Anlagen an Land. Doch sie können nicht nur Vögel negativ beeinflussen (beispielsweise die Rast- und Überwinterungsgebiete von See- tauchern und Meeresenten), sondern auch Fische und geschützte Säugetiere wie Schweinswale oder Seehunde schädigen. So kann beispielsweise durch hohe Schallemissionen während der Rammarbeiten das Orientierungsvermögen von Schweinswalen gestört werden und Seehunde können vertrieben werden (Landesamt für den Nationalpark Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer 2007). Auch die Artengemeinschaften des Meeresbodens können durch die Bauarbeiten der Windparks der Stromkabel negativ beeinflusst werden. Um diese Auswirkungen zu minimieren können



beispielsweise Kabel eingespült oder Horizontalbohrungen eingebracht werden, Verfahren die sich laut BMU auch bei der Verlegung von Stromkabeln in Nationalparks am Wattenmeer bewährt haben (Deutscher Bundestag 2008c). Offshore-Windparks dürfen deshalb aus Naturschutzgründen nicht in besonders sensiblen Gebieten, beispielsweise im Nationalpark Wattenmeer, errichtet werden, sondern nur in weniger sensiblen Bereichen der küstenferneren Ausschließlichen Wirtschaftszonen (AWZ). Auch in der AWZ sind inzwischen Schutzgebiete ausgewiesen worden, in denen eine Errichtung von Windparks nicht zulässig ist. (Habitat Mare NATURA 2000, Forschung zum Schutz von Nord- und Ostsee, unter [www.bfn.de](http://www.bfn.de)).

- Bisher stehen circa 30 Prozent der deutschen AWZ unter Schutz (Deutscher Bundestag 2008). Im Erfahrungsbericht zum EEG von 2007 zieht das BMU ein erstes positives Resümee für die Akzeptanz des Naturschutzes durch die Industrie und Investoren: „Aus ökologischer Sicht wird insbesondere positiv bewertet, dass die Ausschlussregelung für Windparks in Meeresschutzgebieten wirksam ist und es in diesen Gebieten keine weiteren Genehmigungen oder Anträge gegeben hat“. Bis November 2008 wurden 21 Windparks durch das Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie in der Nord- und Ostsee genehmigt, die eine Ausbaupkapazität von 8.000 Megawatt installierter Leistung haben. Um jedoch verstärkte wirtschaftliche Anreize für einen schnelleren Ausbau der Offshore-Windkraftnutzung und das Erreichen von Klimaschutzzielen zu geben, empfahl das BMU die Vergütungssätze nach dem EEG anzuheben, was vom Bundestag für das novellierte EEG, das seit 1. Januar 2009 in Kraft ist, beschlossen wurde (Deutscher Bundestag 2008). Als Ausbauziel für die Offshore-Windkraft in der Nord- und Ostsee wird vom BMU und der Bundesregierung eine installierte Leistung von rund 25.000 Megawatt bis 2030 angestrebt, was einem rund 15-prozentigen Anteil am deutschen Stromverbrauch entspricht, bis 2050 ein installierte Leistung von 35.000 Megawatt. Für die Windkraft an Land wird bis 2030 ein zehnprozentiger Anteil am deutschen Stromverbrauch und bis 2050 ein Ausbau der installierten Leistung auf 35.000 Megawatt installierter Leistung, dies entspricht 68 Terawattstunden pro Jahr (2008, 40 TWh/a) angestrebt (BMU 2008b).
- **Solarenergie:** Bei **solarthermischen Anlagen** zur Warmwassererhitzung bzw. Heizungsunterstützung, die fast durchweg auf Dächern errichtet werden, sind bisher keine nennenswerten Konflikte mit dem Naturschutz bekannt geworden. Allerdings gab es in einigen Fällen aus ästhetischen Gründen Konflikte mit dem Denkmalschutz – dies gilt auch für **Photovoltaik-Dachanlagen** zur Stromerzeugung. Ein Konfliktpotenzial mit dem Naturschutz besteht am ehesten bei größeren **Photovoltaik-Freiflächenanlagen**. Größere Freiflächenanlagen können vor allem Auswirkungen auf das Landschaftsbild mit sich bringen. Die tatsächlich versiegelte Fläche ist vergleichsweise gering. Allerdings können trotzdem im Einzelfall Vertreibungseffekte mit der Errichtung und Umzäunung derartiger Anlagen verbunden sein. Durch klare Vorgaben hinsichtlich der Standortwahl als Vergütungsvoraussetzung im Erneuerbaren Energien Gesetz sind jedoch Konfliktfälle sehr begrenzt worden. Im EEG-Erfahrungsbericht 2007 heißt es: „Aus ökologischer Sicht hat sich die Regelung zu Freiflächenanlagen bewährt. Der Anteil der auf Freiflächenanlagen installierten Lei-

stung liegt derzeit unter 10 Prozent. Obwohl rund 50 Prozent der dafür genutzten Flächen Ackerflächen sind, ist keine ökologische Fehlentwicklung zu beobachten, da diese dann extensiv genutzten Standorte sich auch zu wertvollen Lebensräumen z.B. für Vögel entwickeln können“ (BMU 2007b). Viele Projektierer achteten auf die Naturschutzverträglichkeit und die Naturschutzbehörden würden im Rahmen des baurechtlichen Genehmigungsverfahrens ausreichend beteiligt (s.a. Arge Monitoring PV–Anlagen 2005). Freiwillige „Kriterien für naturverträgliche Photovoltaik-Freiflächenanlagen“ des Bundesverbands Solarwirtschaft (BSW-Solar) bzw. seines Vorläufers der Unternehmensvereinigung Solarwirtschaft (UVS) und des NABU hätten sich bewährt (NABU, UVS 2005). Dort wird unter anderem empfohlen: „Als Standort sollen bevorzugt Flächen mit hoher Vorbelastung und geringer naturschutzfachlicher Bedeutung gewählt werden“. Dies können zum Beispiel Flächen mit hohem Versiegelungsgrad oder hoher Bodenverdichtung sein. Werden Ackerflächen gewählt, so müssen diese zuvor intensiv bewirtschaftet gewesen sein und im Zuge der Anlagenrealisierung in extensiv bewirtschaftetes Grünland umgewidmet werden.“ Zur Ausgestaltung der Anlagen wird empfohlen: „Der Gesamtversiegelungsgrad der Anlage darf inklusive aller Gebäudeteile nicht über fünf Prozent liegen“ Und weiter „Unter den Modulen sind extensiver Bewuchs und Pflege vorzusehen, die Aufständigung ist entsprechend zu gestalten. Der Anteil der die Horizontale bedeckenden Modulflächen darf 50 Prozent der Gesamtfläche der Anlage nicht überschreiten“. Liegt die Tiefe der Modulreihen über drei Meter sei ein Regenwasserabfluss mit ortsnaher Versickerung vorzusehen. Zudem solle die Einzäunung der Anlage so gestaltet werden, dass sie für Kleinsäuger und Amphibien keine Barrierewirkung entfaltet. „Außerhalb der Einzäunung soll in der Regel ein mindestens drei Meter breiter Grünstreifen mit naturnahem Heckenwuchs vorgesehen werden“, wird weiter empfohlen. Zudem sollte die Ableitung des Stroms nicht mit der Installation neuer Freileitungen verbunden sein. Greenpeace verweist im übrigen darauf, dass die Photovoltaik eine flächeneffiziente Technologie sei. Für die Erzeugung von einer Kilowattstunde würden momentan rund sieben Quadratmeter Modulfläche benötigt. Um den gesamten Strombedarf in der EU zu decken, werde entsprechend 0,7 Prozent der Landfläche benötigt. Es stünden genügend bereits versiegelte Flächen wie Dächern, Gebäudefassaden, Lärmschutzwänden oder Industriebrachen bzw. nicht genutzte Siedlungsflächen zur Verfügung, um diesen Flächenbedarf zu decken. (Greenpeace/EPIA 2008: 11). Unter „Berücksichtigung der Belange des Natur- und Landschaftsschutzes“ beziffert das BMU das Ausbaupotenzial der Photovoltaik bis 2050 in Deutschland „auf geeigneten Dach-, Fassaden- und Siedlungsflächen auf 115.000 Megawatt installierter Leistung (2007 3,5 MW), das Ausbaupotenzial der Solarthermie entsprechend auf 300 Terawattstunden/Jahr (2007, 3,7 TWh).

Um die Errichtung von Anlagen auf und an Gebäuden zu unterstützen hat der Gesetzgeber im EEG 2009 steuernd eingegriffen: mit den gestaffelten Vergütungssätzen erhalten Freiflächenanlagen eine geringere Vergütung als – vor allem kleinere – Aufdachanlagen.

**Fazit:** Insgesamt zeigt sich also, dass mögliche negative Auswirkungen der Solarenergie, Windkraft und Wasserkraft auf die Artenvielfalt und den Naturhaushalt meist durch eine naturschutzverträgliche Standortwahl sowie durch eine naturverträgliche Anlagengestaltung minimiert werden können. Beim weiteren Ausbau zeigen sich unterschiedlich starke Restriktionen. Diese sind am deutlichsten bei der Wasserkraft, weil hier bereits ein hoher Anteil des verfügbaren Potenzials in Deutschland genutzt wird und es nur noch wenige naturnahe Fließgewässer gibt.

### **Biomassenutzung weltweit**

Der Mensch, der selbst etwa 0.5% der Biomasse unseres Planeten darstellt, nutzt selbst knapp 24% aller auf der Erde verfügbaren Biomasse (auch HANPP: Human Appropriation of Terrestrial Net Primary Production). Davon werden 58 % als Futtermittel, 12 % als direkte Nahrung, 20% als Rohstoff und 10% als Brennholz genutzt (WBGU 2009). Zusammen mit dem Potenzial aus Abfall- und Reststoffen (ca. 50 EJ pro Jahr) schätzt der WBGU das nachhaltige technische Potenzial der Bioenergie im Jahr 2050 auf insgesamt 80–170 EJ pro Jahr, was etwa im Bereich von einem Viertel des derzeitigen und maximal 10% des in 2050 zu erwartenden globalen Primärenergieeinsatzes liegt. Diese Bandbreite stellt allerdings die Obergrenze dar, da ein Teil dieses technischen nachhaltigen Potenzials nicht umsetzbar sein wird, etwa weil wirtschaftliche Erwägungen dagegen sprechen oder weil es in politischen Krisengebieten liegt. Das wirtschaftlich mobilisierbare Potenzial könnte bei etwa der Hälfte des nachhaltigen technischen Potenzials liegen (WBGU 2009).

Nach Angaben der Internationalen Energieagentur betrug der Anteil der Bioenergie am Primärenergieverbrauch 2005 bei den OECD-Ländern 4 %, in China 13 %, in Indien 29 %, in Lateinamerika und den Entwicklungsländern Asiens 18 % und in Afrika 47 % (IEA, 2007). Den Löwenanteil der globalen Bioenergienutzung macht mit knapp 90 % (etwa 47 EJ pro Jahr) die traditionelle Bioenergie. "Dabei werden Holz, Holzkohle, biogene Reststoffe und Dung häufig auf ineffizienten Drei-Steine-Herden verfeuert." Etwa 2,5 Mrd. Menschen, das sind 38 % der Weltbevölkerung, meist in Entwicklungsländern, hängen von dieser Energieform ab. (WBGU 2009: 3) Die globale Nutzung von Holzkohle hat sich zwischen 1975 und 2000 verdoppelt, wobei ein treibender Faktor hierfür die fortschreitende Urbanisierung ist (Millennium Ecosystem Assessment 2005). Auch hier gibt es nach Einschätzung des WBGU noch grosse Potentiale. Der Einsatz verbesserter Kochherde kann den Brennstoffverbrauch mindestens halbieren und teilweise sogar auf ein Viertel absenken. Gleichzeitig verringert sich dadurch die Gesundheitsgefährdung durch Rauchgase.

### **Das Energiepotential der Biomasse in Deutschland**

„Biomasse ist der derzeit wichtigste und vielseitigste erneuerbare Energieträger in Deutschland. Biomasse wird in fester, flüssiger und gasförmiger Form zur Strom- und Wärmeerzeugung und zur Herstellung von Biokraftstoffen genutzt. Rund 69 % der gesamten Endenergie aus erneuerbaren Energiequellen wurde 2007 durch die verschiedenen energetisch genutzten Biomassen bereitgestellt. Dabei deckte die Bioenergie (bezogen auf den Endenergieverbrauch) in Deutschland 3,9 % des gesamten Stromverbrauchs, 6,2 % des gesamten Wärmebe-

darfs und 7,6 % des gesamten Kraftstoffverbrauchs“ (BMU „Kurzinfor Bioenergie“, <http://www.erneuerbare-energien.de/inhalt/4759/>). Die Nutzung von Bioenergie soll nach Aussage des BMU ausgebaut werden. Dafür stehen in Deutschland ein Teil der 17 Mio. ha landwirtschaftlich genutzter Fläche (ca. 12 Mio. ha Ackerfläche und ca. 5 Mio. ha Grünlandfläche) sowie knapp 11 Mio. ha Waldfläche zur Verfügung. (11 Mio. ha abzüglich Flächen, die aus Naturschutzsicht ungenutzt bleiben sollten).

Holz ist der mit Abstand wichtigste Bioenergieträger, wobei nur ein Viertel des Holzes, das stofflich nicht verwertbar ist, energetisch genutzt wird. Nach Modellrechnungen der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft gibt es je nach Nutzungsintensität Potenziale zwischen 120 und 150 Mio. Kubikmeter Biomasse (einschließlich Reisholz) jährlich, wobei die grössten Reserven beim Laubholz und bei der verstärkten Nutzung des Waldrestholzes bestehen (BMELV o.J. „Potenziale von nachwachsenden Rohstoffen“, [http://www.bmelv.de/cln\\_044/nn\\_1021300/DE/081-NachwachsendeRohstoffe/AussagenBioenergieUndNaWaRo/Potenziale.html\\_\\_nn=true](http://www.bmelv.de/cln_044/nn_1021300/DE/081-NachwachsendeRohstoffe/AussagenBioenergieUndNaWaRo/Potenziale.html__nn=true)). Wobei Waldrestholz allerdings nur soweit genutzt werden darf, als sich hierdurch die Standortqualität insbesondere der Böden nicht verschlechtert.

Die Spanne der angenommenen Potenziale ist weit und andere Quellen kommen auf geringere Potenziale: rund 90 Fm Aufkommen an Holzrohstoffen im Jahr 2004 (Wuppertal Institut 2008).

Bezüglich des Biomassepotenzials landwirtschaftlicher Nutzflächen gehen die meisten derzeitigen Studien von einem gleich bleibenden Selbstversorgungsgrad mit Nahrungs- und Futtermitteln aus und kommen zum Ergebnis, dass im Jahr 2010 2-2,5 Mio. Hektar für den Anbau nachwachsender Rohstoffe zur Verfügung stehen. Langfristig (ab 2020) stehen für die stoffliche und energetische Nutzung der Biomasse 2,5-5 Mio. ha landwirtschaftlicher Nutzfläche zur Verfügung. Die grosse Spannweite von 15-30 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche resultiert aus unterschiedlichen Annahmen in den Studien und einer unterschiedlichen Einschätzung der Entwicklung. Zudem können aufgrund der jeweiligen Weltmarktentwicklung die Relationen zwischen Nahrungsmittel-, Futtermittel- und Energie- und Rohstoffherzeugung bei der landwirtschaftlichen Flächennutzung variieren.

Dazu kommen noch weitere Potentiale, wie Alt- und Gebrauchtholz, Bioabfälle (z.B. die Biotonne), Klärschlamm/ Klärgas/ Deponiegas, Gülle/ Festmist und Getreidestroh. Insgesamt wird geschätzt, dass die Land- und Forstwirtschaft mittel- bis langfristig ca. 1.400-2.200 Petajoule (PJ) Primärenergie aus Biomasse bereitstellen können. Dies entspricht einem Anteil von 10-15 % am derzeitigen deutschen Primärenergiebedarf von 14.200 PJ (BEE 2009, vgl. BMELV o.J. „Potenziale von nachwachsenden Rohstoffen“, [http://www.bmelv.de/cln\\_044/nn\\_1021300/DE/081-NachwachsendeRohstoffe/AussagenBioenergieUndNaWaRo/Potenziale.html\\_\\_nn=true](http://www.bmelv.de/cln_044/nn_1021300/DE/081-NachwachsendeRohstoffe/AussagenBioenergieUndNaWaRo/Potenziale.html__nn=true)).

Dieser Anteil macht aber auch die Grenzen deutlich, in denen heimisch erzeugte Biomasse zur Deckung des Energiebedarfs beitragen kann.

„Die Bioenergienutzung hat sich in Deutschland zu einem wichtigen Wirtschaftszweig entwickelt. Im Jahre 2007 waren im Bereich der Bioenergienutzung ca. 96.100 Menschen tätig. Beschäftigungsschwerpunkte bilden die land- und forstwirtschaftlichen Rohstoffproduktion und der neu aufgebaute Wirtschaftszweig der Verarbeitung von Biomasse zu Energieträgern wie Pellets, Hackschnitzel oder Biogas. Insgesamt wurde im Jahre 2007 in der gesamten Bioenergiebranche ein Umsatz von 10,23 Mrd. Euro erzielt.“ (BMU „Kurzinfor Bioenergie“, [www.erneuerbare-energien.de/inhalt/4759/](http://www.erneuerbare-energien.de/inhalt/4759/))

„Die EU deckt derzeit 4 % ihres Energiebedarfs durch Biomasse. Bei vollständiger Nutzung ihres Potentials könnte sie den Biomasseeinsatz bis 2010 von 69 mtoe (Millionen Tonnen Öl-äquivalent) im Jahr 2003 auf ca. 185 mtoe mehr als verdoppeln - im Einklang mit der guten landwirtschaftlichen Praxis, unter Wahrung einer nachhaltigen Biomasseerzeugung und ohne nennenswerte Beeinträchtigung der inländischen Nahrungsmittelerzeugung.“ (Europäische Kommission 2005 mit Verweis auf Europäische Umweltagentur (2005): „How much biomass can Europe use without harming the environment“, Briefing 2/2005).

Das Potential umweltverträglich produzierbarer Biomasse für energetische Zwecke in Europa wurde 2006 in einer Studie der Europäischen Umweltagentur umfassend untersucht. Unter der Annahme, dass sich der Selbstversorgungsgrad Europas mit Lebens- und Futtermitteln nicht wesentlich verändert und dass sich der Grad der Umweltverträglichkeit bei der Nutzung landwirtschaftlicher Flächen nicht verschlechtert, kommt die Untersuchung zu dem Ergebnis, dass in der EU-25 (Europäische Union ohne Rumänien und Bulgarien) 2010 circa 13 Millionen Hektar Ackerfläche zur Energiepflanzenproduktion zur Verfügung stehen: dies entspricht 8 Prozent der genutzten Ackerfläche. Bis 2030 liesse sich dieser Anteil auf 12 Prozent der genutzten Ackerfläche vergrößern. Damit könnten 2030 etwa 142 Millionen Tonnen Rohöläquivalente und 1.442 Terawattstunden Energie bereit gestellt werden. Unter Einbeziehung der Biomasse aus Abfall und aus der Forstwirtschaft könnte im Jahr 2030 insgesamt etwa die doppelte Energiemenge und zwar 3431 Terawattstunden Energie umweltverträglich aus Biomasse erzeugt werden. Dies entspricht 15-16 Prozent des für 2030 prognostizierten Primärenergiebedarfs und könnte zu einer Emissionsverringerung um 400-600 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub> beitragen. Ferner könnten dadurch, überwiegend in ländlichen Gebieten 500.000 bis 600.000 Arbeitsplätze gesichert oder neu geschaffen werden (Tischer et al 2007)

Die Landesregierung von Baden-Württemberg geht davon aus, dass das im eigenen Bundesland nutzbare Biomassepotenzial im Bereich von 8 bis 10 % des Primärenergieverbrauchs (PEV Stand 2005) liegt und sich daher der weitere Ausbau auf möglichst effiziente Nutzungsformen konzentrieren sollte. (Stellungnahme des Ministeriums für Ernährung und Ländlichen Raum Baden-Württemberg zu Nutzung und Ökobilanz von Biomasse, Landtags-Drucksache 14 / 2158 vom 18. 12. 2007, siehe auch Nachhaltigkeitsbeirat Baden-Württemberg, 2008).

Auch der Sachverständigenrat für Umweltfragen geht davon aus, daß bis 2030 max. 10% des Primärenergie-Verbrauchs in Deutschland durch hier angebaute Biomasse abgedeckt werden können, wenn dabei Umwelt- und Naturschutzgesichtspunkte angemessen berücksichtigt werden (Sondergutachten „Klimaschutz und Biomasse“ des SRU 2007).

Das BMU-geförderte Forschungsprojekt „Stoffstromanalyse zur nachhaltigen energetischen Nutzung von Biomasse“ berechnet ein Nachhaltigkeitsszenario für die Energieerzeugung aus



Biomasse in Deutschland und kommt dabei zu folgendem Ergebnis: Bis 2030 kann bei der Stromerzeugung incl. Kraft-Wärme-Koppelung 15,9 % des Gesamtbedarfs durch Biomasse gedeckt werden kann, bei der Wärmeenergie 9,3 % und beim Verkehr 14,5 %, wenn die Potentiale der Biomasserest- und Abfallstoffe sowie der Energiepflanzen vollständig genutzt werden. Die Erzeugungskosten für den Strom liegen dabei unter fünf Cent/kWh, für die Wärmekosten unter sieben Cent/kWh. Dabei kann bei einer entsprechenden Technologievielfalt zusätzlich mit etwa 143.000 direkten und 85.000 indirekten Arbeitsplätzen gerechnet werden (Öko-Institut et al. 2004).

### **Biomasse und Naturschutz**

Bereits heute wird – unter anderem durch die intensive Form der Landbewirtschaftung – ein ungebremster Artenrückgang festgestellt. Entnimmt man zusätzliche Biomasse zum Zwecke der energetischen Nutzung – so verschärft sich dieser Konflikt. Mit einer Nutzung zusätzlicher Flächen, wie den bislang (konjunkturell bedingt) stillgelegten Flächen und intensiveren Anbauformen (frühere Ernte) können zusätzliche Bedrohungen für Arten und Lebensräume einhergehen, sowie verstärkte Stoffeinträge in den Boden.

Bereits heute kommt es regional zu Nutzungskonflikten zwischen der Erzeugung von Biomasse, der Lebens- und Futtermittelproduktion sowie dem Erhalt von Naturschutzflächen. In Deutschland ist z.B. im Zeitraum von 1993 bis 2006 ein Verlust von Grünland von 30,6 auf 28,8 Prozent Anteil an der landwirtschaftlichen Nutzfläche festzustellen.

Weltweit führten Diskussionen um „Teller oder Tank“ sowie brennende Regenwälder zu intensiven Diskussionen um die Grenzen einer ökologisch und sozial nachhaltigen Biomassenutzung. Gehen dem Anbau von Energiepflanzen Rodungen von Wäldern voran, (wie beim Beispiel „brennende Regenwälder“ für eine Neuanlage von Plantagen für Ölpalmen) ist zudem die Treibhausgasbilanz so negativ, dass ein derartiges Vorgehen auch aus Klimaschutzgründen nicht zu rechtfertigen ist.

Um negative Auswirkungen auf die Biologischen Vielfalt und das Klima zu vermeiden, die bei zunehmender Bioenergieproduktion u. a. durch eine zunehmende Importnachfrage in Europa, verursacht werden, wurden auf europäischer Ebene strikte Nachhaltigkeitskriterien für Biokraftstoffe und flüssige Bioenergie festgelegt. Deren Einhaltung ist über Zertifizierungssysteme nachzuweisen (EU 200). Ein lückenloses Nachweissystem bedarf enormer Anstrengungen hinsichtlich der geforderten Treibhausgas-Bilanzierung, einem Ausschluss der Herstellung von Rohstoffen auf Flächen mit hohem Naturschutzwert, ebenso wie auf Torfmooren, sowie einer nachhaltigen landwirtschaftlichen Produktion. Für eine wirksame Vermeidung negativer Auswirkungen sind zudem direkte und indirekte Landnutzungsänderungen sowie deren soziale Auswirkungen in die Bilanzierungen einzubeziehen. Dafür bedarf es einerseits einer möglichst breiten globalen Beteiligung. Andererseits sind die Regelungen anwendbar in nationales Recht umzusetzen.

In Deutschland hat die vermehrte Nachfrage nach Energiepflanzen – insbesondere Raps für die Biodieselproduktion sowie sogenannte Ko-Produkte für die Biogaserzeugung vor allem regional zu einer Intensivierung der Landwirtschaft geführt. Dabei dominieren teilweise be-

stimmte vorzügliche Arten (wie Mais für Biogas) was mit Verlusten an Lebensräumen und Arten einhergehen kann. Auch für die Nutzung der Landschaft zur Erholung ist eine Maislandschaft deutlich weniger attraktiv.

Gleichzeitig bietet die Biomassenutzung jedoch auch Potenziale bei der Umsetzung von Naturschutzziele, durch die Nutzung sog. Synergieeffekte. Dabei können Flächen – den Naturschutzziele entsprechend – weiterhin genutzt werden, deren Bewirtschaftung sich möglicherweise bislang nicht mehr gelohnt hat. Dies kann zur Sicherung von Arbeitsplätzen in ländlichen Regionen führen wie auch zur Umsetzung von Ziele des Naturschutzes. Allerdings bedarf die Nutzung derartiger Synergieeffekte in der Regel einer Unterstützung.

### **Arbeitsplätze und Wertschöpfung in der Biomasse- Wirtschaft**

Bioenergie deckt 70 % des regenerativen Endenergiebedarfs in Deutschland und ist mit einem Umsatz von 8 Mrd. € in 2007 die umsatzstärkste Branche innerhalb der erneuerbaren Energien. Die größte Rolle spielt dabei der Wärmemarkt (annähernd 95 % der gesamten regenerativen Wärmeproduktion aus über 1.000 Biomasseheizkraftwerken und geschätzten 70.000 privaten Holzpelletsysteme. Dazu kommen noch die vorgelagerten Rohstoffketten sowie Transport- und Logistik. Bei der Stromgewinnung hat die Biomasse einen Anteil von 27% an allen regenerativen Energien. Eine wichtige Rolle spielen die etwa 4.000 Biogasanlagen, die die Stromerzeugung mit einer Kraft-Wärme-Koppelung kombinieren können. Knapp fünfzig Biodieselproduktionsstätten verschaffen Deutschland weltweit die Spitzenposition bei der Produktion von biogenen Kraft- und Treibstoffen, die knapp 5 % der deutschen Treibstoffversorgung stellen. Die grösste Rolle bei der Biomasseerzeugung spielen die Land- und Forstwirtschaft, die Nutzung von Substraten z.B. aus der Abfall- und Versorgungswirtschaft hat bisher eine untergeordnete Bedeutung. Im Jahr 2007 gab es im Bereich Bioenergie bundesweit 5.000 Unternehmen mit 95.400 Beschäftigten (Bühler et al. 2007).

Eine Unternehmensbefragung des Wissenschaftsladens Bonn 2007 bei 504 Unternehmen aus der EE-Branche sowie ergänzenden Experteninterviews ergab grosse Potentiale für Energie aus Biomasse. Einer Ausbildungsquote von derzeit 4,3% stehen ein prognostizierter Beschäftigungszuwachs bis 2010 um 37% sowie Engpässe bei Fachkräften aus den Berufsgruppen 'Service, Wartung, Instandsetzung', 'Planung, Projektierung, Finanzierung' und 'Maschinen- und Anlagenbau' gegenüber (Bühler et. al. 2007).

Eine grosse Bedeutung der Biomasse-Nutzung liegt in ihrem Potential zur Sicherung bzw. Schaffung von Arbeitsplätzen im ländlichen Raum. Als Faustregel kann gelten: 1 Terawattstunde und damit der Energiegehalt von 250.000 Tonnen trockenem Holz sichert 150 Arbeitsplätze. (Tischer et al 2007). Hochgerechnet auf die Biomassepotentiale in ganz Europa könnte mit der unmittelbaren Schaffung von bis zu 250 000 bis 300 000 Arbeitsplätzen gerechnet werden, überwiegend im ländlichen Raum (Europäische Kommission 2005, S. 5f).

### **Regionale Wertschöpfung am Beispiel von Bioenergiedörfern und Bioenergie-Regionen**

„Immer mehr Regionen entdecken das Thema Bioenergie für sich. Kein Wunder, ist es doch wie geschaffen um gleich zwei der Hauptziele einer regionalen Entwicklung zu erreichen: Den Umwelt- und Klimaschutz sowie die Diversifizierung und Stabilisierung der ländlichen

Wirtschaft. Denn eine Umstellung auf eine nachhaltige, dezentral erzeugte Energie bedeutet neben dem Gewinn für den Klimaschutz auch zusätzliche Arbeitsplätze, Einkommen und eine zusätzliche regionale Wertschöpfung.“ (Tischer et al. 2007: 28)

Die damit verbundenen Erwartungen sind hoch: Neue Anlagen werden erstellt, neue Dienstleistungen geschaffen und die Energiekosten fließen in die regionale Wirtschaft und binden Kaufkraft vor Ort. Die Einkommen der Bürger nehmen durch die Erlöse aus Fotovoltaikanlagen und Bürgerwindkraftanlagen zu. Die Landwirte erhöhen ihre Erträge zusätzlich durch die Biogasanlagen. Die zunehmende Anzahl an Holzheizungen sichert auch den Waldbauern ein weiteres Einkommen. Durch die Vielzahl der Exkursionen und Besuchergruppen spürt die örtliche Gastronomie erhöhte Umsätze. Positiv wirkte sich die Entwicklung auch für die örtlichen Handwerker aus, die die vielen Fotovoltaikanlagen - aber auch die Dorfheizung installieren.

Einzelne Städte und Gemeinden setzen auf dieses Potential:

Stadt / Gemeinde	Massnahmen	Effekte	Quelle
<b>Mauenheim</b> (Gemeinde Immen- dingen, (Baden- Württemberg)  (430 Einwohner, 100 Haushalte)	Biogasanlage mit BHKW, moderne Holzenergie, Nahwärmenetz, Pho- tovoltaik	Strom- und wärmeseitig voll- ständige Versorgung aus heimi- schen erneuerbaren Energien.  Einsparpotential jährlich 300.000 Liter Heizöl (940 t CO <sub>2</sub> ), das entspricht einer Kaufkraft von ca. 200.000 €/Jahr, die in der Region bleibt.	<a href="http://www.bioenergiesiedorf-mauenheim.de">www.bioenergiesiedorf- mauenheim.de</a>
<b>Lippertsreute</b> (Baden-Württemberg)  (650 Einwohner, 120 Gebäude)	Biogasanlage mit Nahwärmenetz, mo- derne Holzenergie, Stromerzeugung aus BHKW (Blockheiz- kraftwerk), mehrere Solarkraftwerke	Strom- und wärmeseitig voll- ständige Versorgung aus heimi- schen erneuerbaren Energien.  Einsparpotential jährlich 300.000 Liter Heizöl (940 t CO <sub>2</sub> ), das entspricht einer Kaufkraft von ca. 200.000 €/Jahr, die in der Region bleibt.	<a href="http://www.bioenergiesiedorf-lippertsreute.de">www.bioenergiesiedorf- lippertsreute.de</a>

Stadt / Gemeinde	Massnahmen	Effekte	Quelle
<b>Jühnde</b> (Niedersach- sen)  (1.100 Einwohner)	Strom und Wärme aus einer Biogasanla- ge und einem Bio- masse-Heizwerk, Nahwärmenetz	Etwa 70% der Häuser sind ange- schlossen, genossenschaftliche Organisation.	<a href="http://www.bioenergiesiedorf.de">www.bioenergiesiedorf.de</a>
Energieökologische	Energiemix aus Bio-	Mehr als 50 neu geschaffene Ar-	<a href="http://www.biomasse.de">www.biomasse.de</a> ,

Stadt / Gemeinde	Massnahmen	Effekte	Quelle
Modellstadt <b>Ostritz - St. Marienthal</b> (Sachsen)	masseenergie, Windenergie, Wasserkraftenergie und Solarenergie	beitsplätze Weiterentwicklung mit Projekten aus Tourismus, Naturschutz, Umweltbildung usw.	<a href="http://www.modellstadt.ibz-marienthal.de">www.modellstadt.ibz-marienthal.de</a>
<b>Wilpoldsried</b> (Bayern) (2.550 Einwohner)	Sammeleinkauf Solaranlagen, kostenlose Energieberatung, kommunales Energiemanagement für öffentliche Gebäude, Pellets- betriebene Dorfheizung, Änderung des Flächennutzungsplan für Windkraftanlagen, Umrüstaktion 'Fahren mit Pflanzenöl', Umrüstung von Straßenlaternen.	1580 kwp Fotovoltaik, 5 Windkraftanlagen, 3 Wasserkraftwerke, 4 Biogasanlage, und somit 470 to CO <sup>2</sup> eingespart. Dazu kommen 880 m <sup>2</sup> thermische Solaranlagen und mehrere kleinere Hackschnitzelheizungen im Dorf. 250 %Versorgung des Gesamtstrombedarfes aus heimischen erneuerbaren Energien.  Einsparpotential jährlich 150.000 Liter Heizöl (470 t CO <sub>2</sub> ), das entspricht einer Kaufkraft von ca. 100.000 €/Jahr, die in der Region bleibt.  Neuansiedlung innovativer Firmen mit ca. 140 Arbeitsplätzen.	<a href="http://www.cipra.org/de/cc.alps/wettbewerb/wilpoldsried">www.cipra.org/de/cc.alps/wettbewerb/wilpoldsried</a>
<b>Mureck</b> (Steiermark/Österreich) (1.600 Einwohner)	Nahwärme aus Hackschnitzeln, Biodieselwerk, Biogasstrom (Murecker Energiekreislauf)	Versorgungsgrad mit erneuerbaren Energien von 170 %  Wertschöpfung von knapp einer Million Euro pro Jahr	<a href="http://www.seeg.at/">http://www.seeg.at/</a> , <a href="http://www.oegut.at/de/ev-ents/umweltpreis/2007-nom_energiekreislauf.php">http://www.oegut.at/de/ev-ents/umweltpreis/2007-nom_energiekreislauf.php</a>

Bei anderen Beispielen wie der burgenländischen Stadt Güsing oder Hartberg in der Steiermark ist die nachhaltige Energieversorgung direkt Gegenstand der Wirtschaftsförderung. So ist in Güsing ein Innovations- und Technologiezentrum entstanden, in dem Forschung zu Technologien im Bereich der erneuerbaren Energien betrieben wird und Innovationen zur Marktreife gebracht werden. Ergänzend wurde ein neues Hotel gebaut sowie Fremdenführer ausgebildet, da jährlich etwa 40.000 Gäste in die Region kommen, um sich die Versorgung der Stadt aus erneuerbaren Energien oder spezifische Forschungsergebnisse zeigen zu lassen. (Tischer et al 2007)

Auch ganze Regionen können regenerative Energien als Teil ihrer Regionalentwicklungsstrategie nutzen. Ein Beispiel ist die nachhaltige Energieversorgung in der Region Achental (Bayern). Das Projekt strebt bis 2020 eine nachhaltige Energieversorgung und -nutzung im gesamten Talraum des Achentals an. Das technische Ziel der Nutzung biogener Reststoffe ist

dabei eingebettet in eine Gesamtstrategie als Ökomodell Achentale e.V. Durch eine Stärkung der traditionellen Strukturen in Land- u. Forstwirtschaft (Verbesserung der Absatzmöglichkeiten für land- und forstwirtschaftl. Abfallprodukte), die Stärkung des regionalen Handwerks, den Ausbau des Tourismus durch touristische Inwertsetzung der Bio-Energieregion und den neuen Arbeitsmarkt Logistik und Energieholz- Dienstleistungen sollen nach eigenen Angaben insgesamt etwa 6.700 Arbeitsplätze geschaffen werden. [www.cipra.org/competition-cc.alps/wolfgangwimmerwww.oekomodell.de/seiten/biomasse/frames/frames\\_biomasse\\_1.html](http://www.cipra.org/competition-cc.alps/wolfgangwimmerwww.oekomodell.de/seiten/biomasse/frames/frames_biomasse_1.html)

Die Zahl kann zwar nur als ehrgeizige Zielvorstellung gelten. Das Beispiel zeigt jedoch, dass regenerative Energien über den ökologischen Effekt hinaus auch als Nukleus für die regionalwirtschaftliche Entwicklung dienen und ökonomische Impulse liefern können.

Auch wenn man diese Beispiele aufgrund unterschiedlicher Rahmenbedingungen (naturräumliche Ausstattung, Budgets und bestehende Verträge, etc.) nicht einfach auf andere Regionen übertragen kann, gibt es doch neben den sog. First User Advantages - den Vorteilen, die spezielle die Pioniere haben, weil sie die ersten sind - noch eine ganze Reihe weitere ökonomischer Vorteile, die sich jedenfalls im Prinzip auch auf andere Räume übertragen lassen. Mit dem Wettbewerb "Bioenergie-Regionen" fördert das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) Netzwerke mit innovativen Konzepten, die die Entwicklungschancen der Bioenergie für sich nutzen. Ziel ist es, die regionale Wertschöpfung zu erhöhen und Arbeitsplätze zu schaffen. Aus den zunächst 210 eingereichten Skizzen wurden 50 Regionen ausgewählt und zur Erarbeitung eines Entwicklungskonzeptes aufgefordert, aus denen wiederum 25 Konzepte bei der Umsetzung unterstützt werden. ([www.bioenergie-regionen.de](http://www.bioenergie-regionen.de)).

Für die BioRegion-Region „Südlicher Oberrhein“ wurde ein Gesamtpotential regenerativer Energiequellen von ca. 4.900 Gigawattstunden ermittelt. Den Hauptanteil daran macht die Bioenergie mit 3.124 Gigawattstunden pro Jahr aus. Diese Energiemenge entspricht ungefähr 312 Millionen Liter Heizöl (DUH 2007). Und in der deutsch-polnischen Grenzregion Spree-Neiße-Bober könnten sogar ca. 11.000 GWh/ Jahr gewonnen werden, das entspricht einer Deckung von etwa 7 % des Primärenergiebedarfes ([www.projekt-nebra.de](http://www.projekt-nebra.de)).

Im Landkreis Ravensburg wurden Ende 2007 etwa 3,5% der Gülle und 5,5 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche in 71 Biogasanlagen energetisch genutzt. Dabei wurden 66 Millionen Kilowattstunden Strom erzeugt, die rein rechnerisch 19.000 Haushalte mit Strom versorgen. (Landratsamt Ravensburg 2008)

### **Biomasse aus der Landschaftspflege**

Ein zukunftsreicher Bereich der Landwirtschaft und Landschaftspflege ist die energetische Nutzung von Schilf, Heckenschnitt und anderer Biomasse aus naturverträglicher Nutzung.

Eines der ersten Beispiele für eine explizit naturschutzgerechte Erzeugung von Biogas ist das Projekt „BUND-Regionalstrom Allgäu-Oberschwaben“. Darin arbeiten Naturschützer mit Landwirten und einem ökologisch orientierten Energieversorger zusammen. Von 36 Biogasanlagen werden fast zwanzig Millionen kWh Strom pro Jahr erzeugt und über ein Aufpreismodell an etwa 1.200 Stromkunden vermarktet. Für den einzelnen Betrieb ist dies ein jährli-



ches Zubrot von bis zu 1.900 Euro. Insgesamt werden jährlich 36.000 € an Landwirte ausbezahlt. Zu den Kriterien für die Teilnahme am Projekt gehört unter anderem die Nutzung von Mähgut aus der Biotoppflege aus Streuwiesen und Streuobstwiesen (Miller/Walser 2005, Miller 2009).

Durch Anforderungen des Natur-, Landschafts-, Boden- und Gewässerschutzes ergeben sich nicht nur Nutzungsrestriktionen, sondern auch zusätzliche Bioenergiepotenziale insbesondere durch die anfallende Biomasse bei der Pflege bestimmter Biotope bzw. Flächen: bei der Offenlandpflege (z.B. Moore, Röhrichte, Heiden, Feuchtgrünland und Trockenrasen), der Waldsaumentwicklung, Mittel- und Niederwaldnutzung, in Gewässerrandstreifen, bepflanzten Flächen für den Erosionsschutz, bei der Pflege traditioneller Kulturlandschaften (Streuobstwiesen, Streuwiesen) und Flächen, die als Puffer für Schutzflächen oder zur Entwicklung eines Biotopverbundes dienen (IFEU 2005).

Damit wird Material in Wert gesetzt, dass aus Gründen des Biodiversitätserhalts sowieso geerntet werden muss, bislang aber eher als lästiger und Kosten verursachender Abfall behandelt wird. Im Landkreis Konstanz beispielsweise müssen am Bodenseeufer aus Naturschutzgründen regelmäßig über 700 Hektar Schilfgebiete gemäht werden. Bisher landete das Mähgut, das mit dem Ziel des Nährstoffentzugs von den Flächen entnommen wurde, auf der Mülldeponie, denn in der modernen Landwirtschaft lässt es sich nicht mehr einsetzen. Die Energie & Landschaftspflege Bodensee GmbH & Co KG in Kaltbrunn plant nun zwei 650-Kilowatt starke Heizanlagen für Schilf- und Schnittgut, mit einem Nahwärmenetz für 100 Hausbesitzer. Da der Brennstoff nichts kostet, arbeitet das Bürger-Kraftwerk ab einem Heizölpreis von 60 Cent pro Liter konkurrenzfähig (Hamm 2009).

Jährlich werden in der Lüneburger Heide auf 500 bis 600 Hektar aufkommende Pionierbaumarten wie Kiefer oder Birke entfernt. Würden die Heideflächen sich selbst überlassen, würden sie sich nämlich wieder zum Wald entwickeln. Das Entkusseln unterbricht diesen Prozess. Das anfallende Holz muss von den Flächen entfernt werden. Es wird gehäckselt, mit der Abwärme einer Biogasanlage getrocknet und in einem Heizwerk verbrannt. Über ein Nahwärmenetz werden derzeit 14 Gebäude mit Wärme aus 800 m<sup>3</sup> Holzhackschnitzeln versorgt (DVL 2008).

Alle 10 bis 15 Jahre müssen Hecken auf den Stock gesetzt, das heißt nahe am Boden geschnitten werden, damit sie als typische Landschaftselemente erhalten bleiben. In Schleswig-Holstein ist dies sogar durch die “Knickverordnung” des Landes vorgeschrieben. Das von den Schleswiger Stadtwerken betriebene Heizwerk Gildestraße verfeuert jährlich 2.000 bis 2.500 m<sup>3</sup> Holzhackschnitzel aus der Pflege von Hecken. Das angeschlossene Wärmenetz kann 83 Haushalte mit Wärme und Warmwasser versorgen. Damit ist Landschaftspflege wirtschaftlich interessant geworden. (DVL 2008) Für ein typisches Biomasseheizwerk im ländlichen Raum von 1,2 MW werden ca. 4.000 m<sup>3</sup> Holzhackschnitzel pro Jahr benötigt. Bei einer Aufwuchsleistung von bis zu 0,5 m<sup>3</sup> Hackschnitzel pro Meter Knick (Hecke) in 15 Jahren würden etwa 120 Kilometer Knicks benötigt um eine kontinuierliche Versorgung des Heizwerks zu gewährleisten. Heute stehen in Schleswig Holstein 46.000 Kilometer Knicks unter Naturschutz. (Mette 2005)

Am Hof Wendbüdel in Niedersachsen wird Gras aus der extensiven Pflege von Feuchtgrünlandflächen in einer eigens dafür errichteten Trockenfermentationsanlage mit 50 kW elektrischer Leistung (Fa. Bioferm) verwertet. Das Projekt wird als Pilotvorhaben vom Bundesamt für Naturschutz gefördert. Projektträger ist der BUND Niedersachsen. Im ersten Halbjahr 2008 weisen die Ergebnisse daraufhin, dass bis Ende 2008 die angestrebten Gasmengen von durchschnittlich 500 m<sup>3</sup> pro Tag erzielt werden. Die Gasqualität ist mit über 55% Methan-Anteil sehr gut (DVL 2008, vgl. [www.wendbuedel.de](http://www.wendbuedel.de)).

Landschaftspflegeholz aus öffentlichem und privatem Baum-, Strauch- und Heckenschnitt fällt bei der Strassenrand- und Gewässerrandpflege an, auf Friedhöfen, in öffentlichen Grünanlagen, in der freien Landschaft – z.B. Hecken, Feldgehölze und Streuobst –, sowie in der Landwirtschaft z.B. Beim Intensivobst- und Weinbau. Für den Kreis Konstanz könnten aus 12.500 Tonnen Landschaftspflegeholz 62.115.000 kWh Wärme erzeugt und so 6 Millionen Liter Heizöl ersetzt werden, wie eine Energiepotentialstudie des Landkreises zeigt. (Solarcomplex 2002).

Das novellierte EEG (2009) bietet mit dem sog. Landschaftspflegebonus, der bei überwiegender Einsatz von Landschaftspflegeschnitten zusätzlich zum Bonus für nachwachsende Rohstoffe bezahlt wird, einen richtigen Anreiz. Allerdings scheint es derzeit fraglich, ob entsprechende Projekte sich realisieren lassen, da Landschaftspflegeschnitt auf Grund seiner Qualität sowie verfügbarer Mengen und logistischer Eigenschaften für den Nutzer mit zahlreichen Herausforderungen verbunden ist.

Angesichts der oben aufgezeigten Potenziale von Holz und weiteren Biomassen sollte der Weg verantwortungsvoll weiter beschrritten werden. Insbesondere regionale Kreisläufe dürften den zunehmenden Nutzungskonkurrenzen vorbeugen. Die Restriktionen und die Synergien, die sich aus der Nutzung erneuerbarer Energien für Natur-, Landschafts-, Boden- und Gewässerschutz ergeben, müssen noch stärker herausgearbeitet und beachtet werden. Dafür können nationale und internationale Nachhaltigkeitsverordnungen ein wichtiges Instrument sein, um einheitliche Handlungsanforderungen zu verankern.

## **Holzenergie**

Die energetische Nutzung von Holz spielt im Rahmen der Bioenergie bislang und auch künftig die grösste Rolle. Das technische Energieholzpotential in den Wäldern Deutschlands beträgt ca. 26,8 Millionen Kubikmeter pro Jahr. Verschiedene Studien gehen davon aus, dass derzeit pro Hektar und Jahr 2,5 Kubikmeter Holz für die Energiegewinnung nutzbar ist. Damit könnte etwa 1,5 % des aktuellen Primärenergieverbrauchs abgedeckt werden. Aufgrund wirtschaftlicher Restriktionen wird bisher nur ein Teil der Energieholz-Potentiale im Wald genutzt: 4,7 von 26,8 Millionen Kubikmeter (Hepperle 2007).

Bislang kommt Energieholz in erster Linie aus dem Wald. Zunehmend werden auch Potentiale aus der Landschaftspflege erschlossen (Pflege von Bachgehölzen- und Hecken, Pflanzungen auf Ausgleichsflächen, Pflege von Waldrändern und Erosionsschutz). Der Holz-Anbau aus landwirtschaftlichen Flächen und auf Rekultivierungsböden in Form von Kurzumtriebs-

plantagen dehnt sich aus. Die Energieholznutzung erfolgt als Stückholz, in Form von Hack-schnitzeln und oder als Holzpellets.

Zusätzliche Energieholz-Potenziale können erzielt werden durch die Ausdehnung historischer Waldnutzungsformen (Mittel- und Niederwald), die Nutzung von Landschaftspflegeholz und die Anlage von Kurzumtriebsplantagen. Der Erhalt und die Ausdehnung historischer Waldnutzungsformen wie z.B. Mittel- und Niederwald auf geringen Teilflächen des Gesamtwaldes sind aus Artenschutzgründen erwünscht. Auf diesen Flächen wird typischerweise mehr Biomasse entnommen als auf den übrigen Flächen des Waldes, da der grösste Teil der im Zuge des Waldumbaus bzw. der Waldpflege anfallenden Biomasse energetisch genutzt wird. Die energetisch nutzbare Biomasse erhöht sich, ohne dass sich die Fläche des Waldes insgesamt verringert. (IFEU 2005)

Niederwald ist eine forstliche Bewirtschaftungsform zur Gewinnung von Energieholz, bei der in relativ kurzen Zeitabständen (in der Regel 15-25 Jahren) auf einer bestimmten Fläche alle Bäume geerntet werden. Die folgende Niederwaldgeneration entwickelt sich durch Ausschläge aus den verbliebenen Stöcken. Aus wirtschaftlichen Gründen kam die Niederwaldbewirtschaftung nach 1950 überall zum Erliegen. Der Begriff Niederwald wird heutzutage umgangssprachlich auch für Wälder, die aus Stockausschlag entstanden sind, verwendet. Niederwälder zur Energieerzeugung können mit den unterschiedlichsten Baumarten etabliert werden: Birken, Linde, Eichen, Esskastanien, Hasel, Eschen, Robinien, Schwarzerlen, Feldahorn, Eberesche, Speierling, Ulmen, Elsbeere, Wildapfel, Wildbirnen. Als Standorte denkbar sind wiedervernässte Moorböden, entlang von Straßen, im Offenland und im Wald, an Wald-rändern, auf Leitungstrassen, an Böschungen, in Auen, Rückhalteräumen, auf Erddeponien und entlang von Gewässern. (Suchomel & Konold 2008)

Der Energieholzanbau in Kurzumtriebsplantagen bietet neue Perspektiven und Märkte für die Land- und Forstwirtschaft. Hier ist in den nächsten Jahren mit einer Ausweitung der Anbauflächen zu rechnen, da die Energie- und Ökobilanzen positiv sind. Im Vergleich zu einjährigen Ackerkulturen ist in der Regel die Artenvielfalt höher und der Input von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln geringer. Der NABU hat eine Studie zur Umweltverträglichkeit von Plantagen mit schnellwachsenden Hölzern vorgelegt. Energieholzplantagen erbringen hohe Erträge und hohe Treibhausgas-Einsparungen bei relativ geringen Kosten. Aus Klima- und Umweltsicht sind sie damit gegenüber bisherigen Bioenergieverfahren wie Rapsdiesel oder Biogas aus Silomais im Vorteil. Auch aus Sicht des Naturschutzes bieten Kurzumtriebsplantagen aus Pappeln oder Weiden durchaus Chancen, da sie hochwertiger und umweltverträglicher einzuschätzen sind als intensiv genutzte Ackerkulturen. So profitiert die Tier- und Pflanzenwelt auf einer Energieholzfläche gegenüber den Anbauflächen von Mais und Raps von der längeren Bodenruhe, dem geringeren Einsatz von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln sowie den geringeren Störungen. Daher kommt die NABU-Studie zu dem Ergebnis, dass durch die Anlage der Flächen in ausgeräumten Ackerbauregionen positive Auswirkungen für Natur und Umwelt zu erwarten sind. (Göttinger Bodeninitiative GBI e.V. 2008) . Kurzumtriebsplantagen können pro Hektar und Jahr Holz hackschnitzeln mit einem Energiegehalt von 2.000 bis 3.000 Liter Heizöl liefern. (Lamersdorf, 2008)

Allerdings ist diese Einschätzung immer einzelfallbezogen vorzunehmen. Sie ist dabei vom Ausgangszustand des jeweiligen Standorts sowie von dessen naturschutzfachlicher und landschaftspflegerischer Bedeutung abhängig.

Ein neuer Markt entwickelte sich in den vergangenen Jahren in Deutschland bei der energetischen Nutzung von Durchforstungsholz, das hierzulande auch bei naturnaher Wirtschaftsweise reichlich anfällt. Kommunen setzen zur Kostensenkung auf Blockheizkraftwerke, und auch private Energieverbraucher nutzen vermehrt Holz. (BUND 2005). Der gestiegene Ölpreis macht die moderne Bioenergie aus den heimischen Wäldern konkurrenzfähig. Ende 2008 kostete eine Kilowattstunde Wärme aus Pellets 4 Cent, aus Erdöl 5-6 Cent und aus Erdgas 8-9 Cent ([www.pelletsmagazin.de](http://www.pelletsmagazin.de)), und trotz des aktuellen Preisverfalls beim Erdöl wird die Energie aus Holz aufgrund ihrer Regenerationsfähigkeit und aufgrund der dezentralen Marktstruktur mittelfristig im Vergleich vermutlich günstiger sein.

Im Jahr 2008 wurden 900.000 Tonnen Pellets in Deutschland verbraucht. Trotz einer im vierten Quartal rückläufigen Produktionsmenge wurden im Jahr 2008 mit knapp 1,5 Millionen Tonnen in Deutschland eine bislang nie erreichte Menge an Holzpellets produziert. Die Steigerung gegenüber dem Jahr 2007 betrug 30 Prozent. Aufgrund einer höheren Inlandsnachfrage haben die Produzenten den Export in der zweiten Jahreshälfte 2008 deutlich reduziert und mit 900.000 t rund 60 Prozent der Pellets in Deutschland verkauft. Hierauf verwies Martin Bentele, Geschäftsführer des Deutschen Energie-Pellet-Verbands (DEPV) am 14. Januar 2009 in Berlin bei der Vorstellung der Produktionszahlen. Pellets werden in Deutschland von rund 60 mittelständischen Unternehmen produziert, mit Schwerpunkt in Bayern und Baden-Württemberg. Im Jahr 2008 gab es 105.000 Pelletsheizungen in Deutschland - Prognose 2009: 140.000 Pelletsheizungen (Deutscher Energie-Pellet-Verband DEPV, Pressemeldung vom 14.01.2009, <http://www.depv.de/nc/aktuelles/startmeldungen/article/im-jahr-2008-900000-tonnen-pellets-in-deutschland-verbraucht-1/>).

Die Produktionskapazität für Holzpellets betrug im Jahr 2000 bundesweit etwas mehr als 10.000 t, heute ist sie bei ca. 1,8 Mio. t angelangt. Von 2005 bis 2007 hat sich die Produktionskapazität vervierfacht. Mit einer für das Jahr 2007 geschätzten Kapazität von rund 800.000 t ist Baden-Württemberg dabei bundesweit führend. Wegen des milden Winters 2006 und der gegenwärtigen Investitionszurückhaltung der Verbraucher, beträgt die tatsächliche Produktion im Jahr 2007 jedoch nur zwischen der Hälfte und 2/3 der möglichen Menge. Für Baden-Württemberg bedeutet dies eine Menge von ca. 400.000 bis 500.000 t (Landtag von Baden-Württemberg 2007). In ganz Europa wurden 2006 in beinahe 300 Fabriken etwa 4,5 Mio Tonnen Holzpellets produziert, wobei Schweden den weltweit höchsten Konsum an Holzpellets aufweist (FAO 2009).

Betrachtet man die theoretisch verfügbare Menge an Waldenergieholz für die Pellets- und Hackschnitzelerzeugung, so ergibt sich für den Zeitraum von 2008 bis 2017 nach Bundeswaldinventur II und angeschlossener WEHAM (Waldentwicklungs- und Holzaufkommensmodellierung) ein theoretisches Potenzial an Waldenergieholz von ca. 4,5 Mio. m<sup>3</sup> (= ca. 3,3 m<sup>3</sup> je Jahr und Hektar) allein für Baden-Württemberg. Aufgrund technischer (mechanische Ernteverluste) und ökologischer Restriktionen (Naturschutzgebiete, Bannwälder, etc.) sowie

aus wirtschaftlichen Gründen ist hiervon allerdings nur ein Teil tatsächlich nutzbar. Das theoretische Potenzial an Sägerestholz (Sägenebenprodukten und Industrierestholz ohne Importe) wird für Baden-Württemberg mit ca. 1,3 Mio. to Trockenmasse pro Jahr angegeben. Sägerestholz bildet auch die Grundlage für stoffliche Produkte der Holzwerkstoff- sowie der Papier- und Zellstoffindustrie. Verlässliche Aussagen zum technisch und wirtschaftlich mobilisierbaren Energieholzpotenzial auf Landesebene lassen sich aus diesen Gründen nicht machen (Landtag von Baden-Württemberg 2007).



## Literatur

- Arge Monitoring PV-Anlagen (2005): *Photovoltaik-Freiflächenanlagen - Aktuelle Erfahrungen und Konfliktlinien*. Workshop-Dokumentation Gustav Stresemann-Institut, Bonn; 21. – 22. 3. 2005. [http://www.erneuerbare-energien.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/dokumentation-  
endfassung-workshop.pdf](http://www.erneuerbare-energien.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/dokumentation-<br/>endfassung-workshop.pdf)
- Agentur für erneuerbare Energien (o.J.): *Gute Nachbarn –Starke Kommunen mit erneuerbaren Energien*. In: Informationsportal "kommunal erneuerbar", Recherche vom 19. März 2009, <http://www.kommunal-erneuerbar.de/de/kommunalatlas.html>
- Agentur für erneuerbare Energien (2008a): *Fakten. Die wichtigsten Daten zu den Erneuerbaren Energien*. Deutschlands Informationsportal zu erneuerbaren Energien, [http://www.unendlich-viel-  
energie.de/uploads/media/talking\\_cards\\_fakten\\_aug08\\_neu.pdf](http://www.unendlich-viel-<br/>energie.de/uploads/media/talking_cards_fakten_aug08_neu.pdf)
- Agentur für erneuerbare Energien (2008b): *Deutscher Mittelstand für erneuerbare Energien*. Hintergrundinformation, [http://www.unendlich-viel-  
energie.de/uploads/media/Hintergrundinformation\\_Mittelstandsumfrage\\_03.pdf](http://www.unendlich-viel-<br/>energie.de/uploads/media/Hintergrundinformation_Mittelstandsumfrage_03.pdf)
- BEE (2009): *Stromversorgung 2020 – Wege in eine moderne Energiewirtschaft*. Bundesverband Erneuerbare Energien – Hintergrundinformation für die Medien, 28.01.2009, [www.bee-ev.de](http://www.bee-ev.de)
- Boyle R, Greenwood C, Hohler A, Liebreich M, Sonntag-O'Brien V, Tyne A, Usher E (2008): *Global Trends in Sustainable Energy Investment 2008. Analysis of Trends and Issues in the Financing of Renewable Energy and Energy Efficiency*. United Nations Environment Programme and New Energy Finance Ltd, [http://www.unendlich-viel-  
energie.de/uploads/media/UNEP\\_trends\\_in\\_sustainable\\_energy\\_investment\\_aug08.pdf](http://www.unendlich-viel-<br/>energie.de/uploads/media/UNEP_trends_in_sustainable_energy_investment_aug08.pdf)
- Brachert M, Hornych C (2009): *Die Formierung von Photovoltaik-Clustern in Ostdeutschland*. In: *Wirtschaft im Wandel*, Institut für Wirtschaftsforschung Halle, Vol. 15, Issue 2/2009, pp. 81–90
- Bühler T, Klemisch H, Ostenrath K (2007) *Ausbildung und Arbeit für Erneuerbare Energien – Statusbericht 2007*. Wissenschaftsladen Bonn e.V. (ed.), [http://www.jobmotor-  
erneuerbare.de/download/Statusbericht-AA-EE.pdf](http://www.jobmotor-<br/>erneuerbare.de/download/Statusbericht-AA-EE.pdf)
- Bundesamt für Naturschutz (o.J.): *Habitat Mare Natura 2000 , Forschung zum Schutz von Nord- und Ostsee*. <http://www.habitatmarenatura2000.de/de/intro-t.php>
- Bund Naturschutz Bayern, Landesbund für Vogelschutz, Landesfischereiverband Bayern (o.J.): *Gemeinsame Position zur Wasserkraftnutzung*. [http://www.bund-naturschutz.de/uploads/media/BN-  
Position\\_Wasserkraft.pdf](http://www.bund-naturschutz.de/uploads/media/BN-<br/>Position_Wasserkraft.pdf)
- BUND (2005): *Zehn mal Zukunft*. In: Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland, BUND Magazin Vol. 03/05. Berlin
- BUND (2008 a): *Zukunftsfähiges Deutschland in einer globalisierten Welt*. BUND, Brot für die Welt und Evangelischer Entwicklungsdienst (eds.), Studie des Wuppertal Instituts für Klima, Umwelt, Energie.
- BUND (2008 b): *Fahrplan Energiewende Baden-Württemberg*. 3. Auflage.
- BMU (2005): *Leitfaden für die Vergütung von Strom aus Wasserkraft*. Berlin
- BMU (2006): *Erneuerbare Energien: Arbeitsplatzeffekte. Wirkungen des Ausbaus erneuerbarer Energien auf den deutschen Arbeitsmarkt*. Berlin

- BMU (2007a): *Strom aus erneuerbaren Energien. Was kostet er uns wirklich?* Berlin.
- BMU (2007b) : *Erfahrungsbericht 2007 zum Erneuerbare-Energien-Gesetz*. Berlin,  
<http://www.clearingstelle-eeg.de/filemanager/active?fid=118>
- BMU (2008 a): *Biogas und Umwelt – ein Überblick*. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), Bonn und Berlin
- BMU (2008 b): *Erneuerbare Energien in Zahlen*. [http://www.erneuerbare-energien.de/files/erneuerbare\\_energien/downloads/application/pdf/broschuere\\_ee\\_zahlen.pdf](http://www.erneuerbare-energien.de/files/erneuerbare_energien/downloads/application/pdf/broschuere_ee_zahlen.pdf)
- BMU (2009a): *Kurzüberblick zur Wasserkraftnutzung in Deutschland*. [www.erneuerbare-energien.de/inhalt/print/4644/](http://www.erneuerbare-energien.de/inhalt/print/4644/)
- BMU (2009b): *Entwurf einer Verordnung über Anforderungen an eine nachhaltige Herstellung von flüssiger Biomasse zur Stromerzeugung (Nachhaltigkeitsverordnung-Biomassestrom – NachV-BioSt)* v. 6.02.2009, [www.erneuerbare-energien.de/inhalt/40712/4596/](http://www.erneuerbare-energien.de/inhalt/40712/4596/)
- BMU, UBA (2009): *Umweltwirtschaftsbericht*. Berlin/Dessau,  
[http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/umweltwirtschaftsbericht\\_2009.pdf](http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/umweltwirtschaftsbericht_2009.pdf)
- Bundesregierung (2008): *Verordnung zum Bau von Offshore-Windanlagen vor der deutschen Nord- und Ostseeküste*. In: Regierung Online Vol. 12/2008,  
<http://www.bundesregierung.de/Content/DE/Magazine/MagazinInfrastrukturNeueLaender/012/s3-windenergienutzung.html>
- Deutsche Energie Agentur – Dena (o.J.): *Windenergie vom Meer*. <http://www.offshore-wind.de>, Recherche vom 19. März 2009
- Deutscher Bundestag (2008a): *Gesetz zur Förderung Erneuerbarer Energien im Wärmebereich (Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz - EEWärmeG)*. In: Bundesgesetzblatt Jahrgang 2008 Teil I Nr. 36 vom 18. August 2008, S. 1658
- Deutscher Bundestag (2008b): *Gesetz zur Neuregelung des Rechts der Erneuerbaren Energien im Strombereich und zur Änderung damit zusammenhängender Vorschriften (EEG)*. In: Bundesgesetzblatt Jahrgang 2008, Teil I, Nr. 49, Bonn.
- Deutscher Bundestag (2008c): *Antwort der Bundesregierung auf die kleine Anfrage der Abgeordneten Angelika Brunkhorst u.a., Schutz der Meeresumwelt beim Bau deutscher Offshore-Windparks*. BT-Drucksache 16/10959 v. 17.11.2008, <http://dip21.bundestag.de/dip21/btd/16/109/1610959.pdf>
- DUH (2007): *Bioenergie. Eine Chance für Kommunen und Regionen. Beispiele und Strategien für eine kommunale und regionale Bioenergienutzung*. Deutsche Umwelthilfe e.V., Institut für ZukunftsEnergieSysteme gGmbH
- DVL (2008): *Erfolgsmodelle der energetischen Nutzung von Biomasse aus der Landschaftspflege*. [www.lpv.de](http://www.lpv.de), [www.landschaftspflegeenergie.lpv.de](http://www.landschaftspflegeenergie.lpv.de)
- Europäische Kommission (2005): *Aktionsplan für Biomasse*. Mitteilungen der Kommission, SEK(2005) 1573
- Europäische Umweltagentur (2006): *Quelle zu ergänzen*
- Europäische Union (2009) *Richtlinie des Europäischen Parlaments zur Förderung der Nutzung von Energien aus erneuerbaren Quellen, 2009/28/EG, Artikel 17*

- Energy Research Centre of the Netherlands ECN (2009): *Crystalline silicon PV: Low cost, highly efficient and reliable modules (Crystal Clear)*. Petten, PN
- FAO (2008): *Biofuels: prospects, risks and opportunities*. The State of Food and Agriculture, Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Rome
- FAO (2009): *State of the World's Forests 2009*. Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Rome, <http://www.fao.org/docrep/011/i0350e/i0350e00.htm>
- Fawer M, Balazs M (2008): *Solarenergie 2008 – stürmische Zeiten vor dem nächsten Hoch*. Sarasin Bank, Basel.
- Göttinger Bodeninitiative GBI e.V. (2008): *Energieholzproduktion in der Landwirtschaft. Chancen und Risiken aus Sicht des Naturschutzes*. Naturschutzbund Deutschland e.V., Berlin
- Greenpeace, EPIA European Photovoltaic Industry Association (2008): *Solar Generation V – 2008*, Amsterdam/Brüssel. <http://www.greenpeace.org/raw/content/international/press/reports/solar-generation-v-2008.pdf>
- Hamm H (2009): *Geballte Energie: Heizen mit Schilf*. In: Natur & Kosmos, Vol. 01/2009, pp. 12-17
- Hepperle F (2007): *Energieholz aus dem Wald: Konkretisierung und Lokalisierung von betrieblichen Nutzungspotenzialen*. Tagungsbeitrag, [www.fobawi.uni-freiburg.de/archiv-veranstaltungen/archiv-veranstaltungen-pdf/energieholztagung-2007/energieholztagung-2007-hepperle](http://www.fobawi.uni-freiburg.de/archiv-veranstaltungen/archiv-veranstaltungen-pdf/energieholztagung-2007/energieholztagung-2007-hepperle)
- IEA (2007): *World Energy Outlook 2007*. Internationalen Energieagentur: Paris.
- IFEU (2005): *Nachhaltige Biomassepotentiale in Baden-Württemberg*. Kurzgutachten des Ifeu-Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg gGmbH.
- Jänicke M (2008): *Megatrend Umweltinnovation*. Oekom, München.
- Klimaschutz am Oberrhein (o.J.): *Regionale Wirtschaft fördern*. [www.klimaschutz-oberrhein.de/html/seiten/text2:ziele:2.de.html](http://www.klimaschutz-oberrhein.de/html/seiten/text2:ziele:2.de.html), Recherche vom 19. März 2009
- Lamersdorf N (2008): *Energieholz aus Kurzumtriebsplantagen*. Chancen und Risiken mit Blick auf eine naturschutzgerechte Agroforstwirtschaft. Fachveranstaltung des BfN, Insel Vilm, September 2008.
- Landesamt für den Nationalpark Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer (2007): *MINOS und MINOSplus. Marine Warmblüter in Nord- und Ostsee: Grundlagen zur Bewertung von Windkraftanlagen im Offshore-Bereich*. Tönning, <http://www.nationalpark-sh-wattenmeer.de/themen/unt9.htm>
- Landratsamt Ravensburg (2008): Titel?
- Landtag von Baden-Württemberg (2007): *Möglichkeiten des Holzanbaus zur Energieerzeugung*, Landtags-Drucksache 14 / 2030 vom 22.11.2007, [www.landtag-bw.de/WP14/Drucksachen/2000/14\\_2030\\_D.PDF](http://www.landtag-bw.de/WP14/Drucksachen/2000/14_2030_D.PDF)
- Landtag von Baden-Württemberg (2007): *Nutzung und Ökobilanz von Biomasse*, Landtags-Drucksache 14 / 2158 vom 22.11.2007, [www.landtag-bw.de/scr/initiativen/ini\\_check.asp?wp=14&drs=2158](http://www.landtag-bw.de/scr/initiativen/ini_check.asp?wp=14&drs=2158)

- Meier-Walser R C (2006): *Energieversorgung als außen-, sicherheits- und europapolitische Herausforderung*. In: Hans Seidel Stiftung (ed.) *Argumentation kompakt*. Ausgabe vom 12. Oktober 2006, [www.hss.de/downloads/061011\\_Argumentation\\_kompakt\\_1.pdf](http://www.hss.de/downloads/061011_Argumentation_kompakt_1.pdf)
- Mette R (2005): *Verwertung von Landschaftspflegeholz am Beispiel der schleswig-holsteinischen Knicklandschaft*. In: *Natur und Landschaft, Themenheft 9/10 2005 Schwerpunkt ‚Energie aus Biomasse‘*, pp?.
- Millennium Ecosystem Assessment (2005): *Ecosystems and Human Well-Being: Current States & Trends*. Washington, DC: Island Press
- Miller U, Walser M (2005): *Regionalstrom – regionaler Mehrwert durch Umwelt- und Naturschutz*. In: *Natur und Landschaft, Themenheft 9/10 2005 Schwerpunkt ‚Energie aus Biomasse‘*
- Miller U (2009): *Streuobst, Strom und Wärme – das Regionalstromprojekt des BUND Ravensburg*. Tagungsband Deutscher Naturschutztag 2008 (im Erscheinen)
- Milles U (2004): *Wasserkraft*. BINE Informationsdienst Nr. 19, Fachinformationszentrum Karlsruhe. [http://www.bine.info/fileadmin/content/Publikationen/Basis\\_Energie/Basis\\_Energie\\_Nr.\\_18/basis18int\\_rnetx.pdf](http://www.bine.info/fileadmin/content/Publikationen/Basis_Energie/Basis_Energie_Nr._18/basis18int_rnetx.pdf)
- Ministerium für Ernährung und Ländlicher Raum Baden-Württemberg (2007): *Nutzung und Ökobilanz von Biomasse*. Stellungnahme des Ministeriums, Landtags-Drucksache 14 / 2158 vom 18. Dez. 2007
- NABU (2006): *Was Sie schon immer über Windenergie und Vogelschutz wissen wollten*. Naturschutzbund Deutschland, Bonn/Berlin.
- NABU, UVS (2005): *Kriterien für naturverträgliche Photovoltaik-Freiflächenanlagen*. Unternehmensvereinigung Solarwirtschaft und Naturschutzbund Deutschland, Bonn/Berlin, [http://www.solarwirtschaft.de/fileadmin/user\\_upload/Naturschutzkriterien.pdf](http://www.solarwirtschaft.de/fileadmin/user_upload/Naturschutzkriterien.pdf)
- Nachhaltigkeitsbeirat Baden-Württemberg NBBW (2008): *Energie aus Biomasse: Potenziale und Empfehlungen für Baden-Württemberg*. Stuttgart, April 2008
- Neidlein H C (2009): *Closing the circuit*. In: *PV Magazine*, Nr. 02/2009, pp. 60–62.
- Öko-Institut, Institut für Umwelt- Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT, Institut für Energieetik und Umwelt, ifeu- Institut, Institut für ZukunftsEnergieSysteme IZES, Institut für Geoökologie der Universität Potsdam, Lehrstuhl für Wirtschaftslehre des landbaus der TU München (2004): *Stoffstromanalyse zur nachhaltigen energetischen Nutzung von Biomasse*. Endbericht, im Auftrag des Ministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Darmstadt, Berlin, Oberhausen, Leipzig, Heidelberg, Saabrücken, Braunschweig und München
- SRU (2007): *Sondergutachten „Klimaschutz und Biomasse“*. Sachverständigenrat für Umweltfragen, Berlin
- Schönauer S (2007): *Wasserkraft – eine regenerative Energie?* Bund Naturschutz Bayern (ed.). [http://www.bund-naturschutz.de/uploads/media/Wasserkraft\\_keine\\_regenerative\\_Energie\\_02.pdf](http://www.bund-naturschutz.de/uploads/media/Wasserkraft_keine_regenerative_Energie_02.pdf)
- Solarcomplex (2002): *Erneuerbare Energien in der Region Hegau/Bodensee. Übersicht der technisch verfügbaren Potentiale*. Singen/Hohentwiel
- Stadler S (2008): *11:1 für Photovoltaik*. In: *Photovoltaik-Magazin*, Vol. 7/2008, pp. 19-21

- Suchomel C, Konold W (2008): *Niederwald als Energiequelle – Chancen und Grenzen aus Sicht des Naturschutzes*. In: Berichte der Gesellschaft der Naturfreunde Ber. Naturf. Ges. Freiburg i. Br., Vol. 98, pp. 61 – 120
- Tischer, M. et al (2007): *Bioenergie für die Region – Nutzen, Potentiale, Perspektiven*. In: LEADER forum, Vol. 2.2007, pp?.
- Umbach K (2004): *Sichere Energieversorgung auch in Zukunft. Die Notwendigkeit einer europäischen Strategie*. In: Internationale Politik, Vol. 4/2008, pp. 17-27,  
[http://www.internationalepolitik.de/archiv/jahrgang2004/august04/download/7d3edaec013a11dbba4fe1d6b5fae99ae99a/original\\_Umbach\\_0408.pdf](http://www.internationalepolitik.de/archiv/jahrgang2004/august04/download/7d3edaec013a11dbba4fe1d6b5fae99ae99a/original_Umbach_0408.pdf)
- Unselde (2008): *Anlage und Bewirtschaftung von Kurzumtrieb sflächen in Baden-Württemberg*. Ministerium ländlicher Raum, Baden-Württemberg (ed.), Stuttgart
- Wagner N (2009): *Doppelt hält schlechter*. In: Photon, Vol. 01-09, pp. 118.
- WBGU (2009): *Welt im Wandel - Zukunftsfähige Bioenergie und Landnutzung. Arbeitsexemplar Bundesregierung*. Entwurf 20.02.09, Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (ed.), Berlin
- Wuppertal Institut für Klima, Umwelt Energie GmbH (2008) *Nutzungskonkurrenzen bei Biomasse*, Endbericht i, Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie, S. 32 ff. Wuppertal