

Entscheidungshilfen für eine nachhaltige räumliche Entwicklung der Bioenergiebereitstellung – Methoden und ihre instrumentelle Anwendung

Anja Starick · Kristian Klöckner · Inga Möller ·
Nadin Gaasch · Klaus Müller

Eingegangen: 30. März 2011 / Angenommen: 19. Oktober 2011 / Online publiziert: 12. November 2011
© Springer-Verlag 2011

Zusammenfassung In Anbetracht einer Bioenergiebereitstellung, die voraussichtlich weiter an Bedeutung gewinnt und weiter Raum greift, stehen viele Regionen vor der Frage, mit welchen Entwicklungen sie konkret zu rechnen haben und wie sie diesen Entwicklungen begegnen können. Um Antworten auf diese Fragen zu finden und in der Konsequenz regionale Steuerungsmöglichkeiten für eine nachhaltige räumliche Entwicklung der Bioenergiebereitstellung zu ermitteln, wurde am Beispiel der Planungsregion Westsachsen eine Methode entwickelt, die auch als Handreichung für andere Regionen dienen kann. Sie erlaubt, die regionalen räumlichen Potenziale für die Bioenergiebereitstellung nach Fruchtarten und Anlagentypen differenziert zu ermitteln, mögliche Entwicklungen in qualitativen Szenarien zu vergegenwärtigen und voraussichtliche Umweltauswirkungen und Flächenkonkurrenzen zu beurteilen. Instrumentell kann die Methode in einem Biomasseentwicklungskonzept umgesetzt werden, das auch als

Beitrag zu möglichen künftigen Regionalen Energiekonzepten dienen kann. Konzipiert ist es weniger als finales Konzept, vielmehr als flexibles Instrument in Form eines planerischen Rahmens. Dies hat den Vorteil, anpassungsfähig zu sein und dem regionalen Diskurs Raum zu eröffnen. Damit hat die Methode das Potenzial, einen Beitrag zur regionalen Zielfindung zu leisten.

Schlagwörter Bioenergiebereitstellung · Planungsmethode · Szenarien · Umweltauswirkungen · Nutzungs- und Flächenkonkurrenzen · Informelle Steuerungsinstrumente

Decision Support for a Sustainable Spatial Bioenergy Supply the Discussion and Regulation of a Sustainable Bioenergy Supply—Methods and Regulation Tools

Abstract An increasing bioenergy supply is likely to cause an increasing demand on space. In order to approach upcoming spatial developments, regional planning is confronted with questions about the extent and the character of possible developments and with questions about appropriate tools to tackle them. Therefore, a method has been evolved for the purpose of identifying appropriate tools taking the planning region Western Saxony as a case study. The methodological approach can be used as a guideline for other regions in Germany and is therefore introduced. It allows to determine spatial potentials for a regional bioenergy supply regarding energy crops and plant types in particular. Different development opportunities can be depicted in qualitative spatial scenarios, and their environmental impacts as well as land use conflicts can be assessed. The method can be applied to develop a spatial biomass concept. In turn, this can contribute to the

A. Starick (✉) · N. Gaasch · Prof. Dr. K. Müller
Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e.V.,
Institut für Sozioökonomie, Eberswalder Straße 84, 15374
Müncheberg, Deutschland
E-Mail: Anja.Starick@zalf.de

N. Gaasch
E-Mail: nadin.gaasch@zalf.de

Prof. Dr. K. Müller
E-Mail: kmueller@zalf.de

K. Klöckner
Naturschutzbund Deutschland e.V. (NABU), Bundesverband,
10108 Berlin, Deutschland
E-Mail: kristian.kloekner@nabu.de

I. Möller
Ministerium für Infrastruktur und Landwirtschaft des Landes
Brandenburg, Postfach 601161, 14411 Potsdam, Deutschland
E-Mail: ingamoeller@gmx.de

preparation of a regional energy concept as it is recently being discussed. As a matter of fact, the spatial biomass concept is rather a flexible tool that determines a development frame than a final concept. The advantage is the high adaptability to changes in framework conditions and technical developments. Furthermore, it provides a helpful access for the initiation of regional debates about development aims and strategies.

Keywords Bioenergy supply · Planning method · Scenarios · Environmental impact assessment · Land use conflicts · Informal regulation tools

1 Einleitung

Entwicklungen, die einen Handlungsbedarf hervorrufen, begegnet die Raumplanung üblicherweise mit einem Konzept, neuerdings gern im Ergebnis kooperativer Prozesse staatlicher und nichtstaatlicher Akteure (vgl. Wiechmann 2005: 36 f.; Knoblich/Scheytt 2009: 34 ff.; Fürst/Mäding 2011: 65 f.). Inwieweit aus der Bioenergiebereitstellung Handlungsbedarf entsteht und wie ihm raumplanerisch-konzeptionell begegnet werden kann, wurde als Bestandteil eines Projektes zur räumlichen Verteilung der Bioenergiebereitstellung untersucht. Schwerpunkt lag auf regionaler Ebene.

Dass die Bioenergiebereitstellung raumrelevant ist – und zwar auf vielfältige Art – wird bereits an der Produktionskette deutlich. Vom Anbau über den Transport und die Verarbeitung von Biomasse in Anlagen bis hin zur Bereitstellung der Energie ist jedes ihrer Glieder auf spezifische Weise raumabhängig und raumwirksam. Die rasante Entwicklung der Bioenergiebereitstellung in den vergangenen Jahren, mehr noch die Ziele zu ihrer weiteren Entwicklung (vgl. BMU 2007; BMELV/BMU 2009; BMU 2010) zeigen zudem eine raumgreifende Entwicklung an.

Allgemein erwartet wird daraus ein erhöhter Druck auf die Fläche, mit der Folge von Nutzungs- und Flächenkonkurrenzen, einer Intensivierung der Flächennutzung und von negativen Umweltauswirkungen (vgl. z. B. Reinhardt/Scheurlen 2004; Müller/Werner/Zander et al. 2005; Rode 2005; DRL 2006; Schultze/Köppel 2007; SRU 2007; Uckert/Schuler/Matzdorf et al. 2007; BMELV/BMU 2009).

Jedoch resultieren aus der Bioenergiebereitstellung nicht nur negative Auswirkungen. Erwartungen, dass sie zu einer Bereicherung der Kulturlandschaft beitragen könnte, richten sich insbesondere auf neue Fruchtarten und Anbausysteme, zuvorderst auf den Anbau von Gehölzen, beispielsweise in Kurzumtriebsplantagen (vgl. z. B. Grünwald/Wöllecke/Schneider et al. 2005; DRL 2006; Uckert/Schuler/Matzdorf et al. 2007; Hildebrandt/Ammermann 2010).

Um mögliche regionale Entwicklungen und ihre räumlichen Konsequenzen detaillierter abzubilden, damit den

Handlungsbedarf der Regionalplanung in einer konkreten Region näher zu bestimmen und regionsspezifische Entscheidungshilfen für die Steuerung der weiteren Entwicklung der Bioenergiebereitstellung anzubieten, wird in diesem Beitrag am Fallbeispiel der Planungsregion Westsachsen eine *Methode* entwickelt, nach der Szenarien der künftigen Entwicklung der Bioenergiebereitstellung bestimmt, veräumlicht und auf ihre Auswirkungen hin untersucht werden können. Die Methode erscheint geeignet, in ihren grundlegenden Schritten auch in anderen Regionen Anwendung zu finden und so die Diskussionen und Entscheidungen zur räumlichen Entwicklung der Bioenergiebereitstellung auch in anderen Regionen zu unterstützen. Sie wird im Folgenden vorgestellt. Der Schwerpunkt liegt auf den bioenergiespezifischen Aspekten der Entwicklung und Verräumlichung der Szenarien und auf den bioenergiespezifischen Aspekten der Prüfung ihrer Auswirkungen.

2 Szenarien zur Bioenergiebereitstellung: Standpunkt

Szenarien als zentraler Bestandteil der Methode folgen einem für Fragen räumlicher Entwicklungen nicht unüblichen Verständnis (vgl. Scholles 2008: 382 ff.). Innerhalb der Palette möglicher Spielarten werden sie hier weder als Entwurf noch als Prognose verstanden (vgl. Neumann 2005: 14). Vielmehr skizzieren Szenarien das Ergebnis hypothetischer alternativer Entwicklungen unter bestimmten (exogenen und endogenen) Bedingungen und als Folge der Entwicklungspfade, die aus dem Zusammenwirken der Bedingungen entstehen können (vgl. Gausemeier/Fink/Schlake 1996: 89 f.; Kosow/Gaßner 2008: 10). Die Entwicklungsprozesse selbst beschreiben sie in diesem Fall nicht (vgl. Gausemeier/Fink/Schlake 1996: 90; Zweck/Miles/Keenan et al. 2002: 169). Sie beinhalten logisch-rationale Ableitungen und Plausibilitätsüberlegungen ebenso wie eine kreative Vorausschau. Faktoren, die die Bedingungen kennzeichnen, und Aussagen, die sie treffen, sind entsprechend sowohl quantitativer als auch qualitativer Art (Zweck/Miles/Keenan et al. 2002: 170; Kosow/Gaßner 2008: 15, 25 f.).

Zwar existieren bereits zahlreiche Szenarien zur Bioenergiebereitstellung, sowohl auf nationaler als auch auf internationaler Ebene. Diese beinhalten jedoch meist eine rein quantitative Abschätzung der technischen Biomassepotenziale, oftmals auf Basis der derzeitigen landwirtschaftlichen Produktion (z. B. Nitsch/Krewitt/Nast et al. 2004; Fritsche/Wiegmann 2005; Henze/Scheuermann/Schweinle et al. 2006; Simon 2006; SLL 2006; BMU 2008; BMVBS 2010). Szenarien, welche auch qualitative Aspekte beinhalten und die Entwicklungen der Bioenergiebereitstellung räumlich und sachlich differenziert darstellen, wurden bislang und speziell auf regionaler Ebene nicht entwickelt. Für die Raumplanung sind sie jedoch mindestens ebenso wich-

tig wie Szenarien zu quantitativen Entwicklungsbilanzen (Stiens 1998: 128 f.).

Die Methode, die entwickelt wurde, um diese Lücke zu füllen, kombiniert Trendanalysen und systematisch-formalisierte mit kreativ-narrativen Szenariotechniken (vgl. Kosow/Gaßner 2008: 32 ff.). So entstanden komplementäre Extremszenarien (vgl. Gausemeier/Fink/Schlake 1996: 113 ff.; Zweck/Miles/Keenan et al. 2002: 170). Sie bilden mögliche, wenn auch nicht unbedingt wahrscheinliche oder wünschenswerte Entwicklungen ab (vgl. Neumann 2005: 14; Shearer 2005: 68) und spannen den Möglichkeitsraum weit auf (Gausemeier/Fink/Schlake 1996: 85, 109; Kosow/Gaßner 2008: 12 f.). Durch ihre extremen und polarisierenden Annahmen bieten sie eine besonders breite Diskussionsgrundlage, verschiedene Zukunftsoptionen zu vergleichen, Entwicklungsmöglichkeiten und -grenzen aufzuzeigen, gewünschte Zukünfte auszumachen und Stellschrauben für die Steuerung von Entwicklungen zu identifizieren (Zweck/Miles/Keenan et al. 2002: 172; Kosow/Gaßner 2008: 4; Steinmüller 2009: 155). Vordergründig ist der Zweck, räumliche Folgen einer gesteigerten Bioenergiebereitstellung zu veranschaulichen und systematisch zu untersuchen (Shearer 2005: 68).

3 Vorgehen

Das Jahr 2020 wurde als zeitlicher Horizont für die Szenarien festgelegt. Der Bezug erlaubt einen Vergleich sowohl mit den Zielen des Integrierten Energie- und Klimaprogramms der Bundesregierung (BMU 2007; BMU 2008) als auch mit den energie- und klimapolitischen Zielen des Freistaates Sachsen (SMUL 2009).

Die gewählte Methode orientiert sich an den standardisiert-typischen Phasen eines Szenarienprozesses (vgl. Gausemeier/Fink/Schlake 1996: 100 f.; Kosow/Gaßner 2008: 19 ff.), wurde aber fragenspezifisch und aus dem Szenarienprozess heraus modifiziert. Insgesamt wurde der Formalisierungsgrad zugunsten einer lebendigen Diskussion um die Inhalte in einem für die Raumplanung neuen Feld und zugunsten der Auseinandersetzung mit methodischen Fragen, die direkt an die Inhalte geknüpft sind, gering gehalten. Dem qualitativen und diskursiven Anspruch entsprechend war unter anderem eine Reihe von Workshops Mittel der Untersuchung, die weitgehend inter- und transdisziplinär angelegt waren. Für die Untersuchung der Auswirkungen der Szenarien wurde auf Methoden der Umweltprüfungen zurückgegriffen.

Das Verständnis von Szenarien und die Methodik der Szenarienentwicklung wurden im Zuge einer Literaturrecherche

und eines internen Szenarienworkshops¹ für die steuerungsorientierte räumlich-regionale Betrachtung der Bioenergiebereitstellung diskutiert. Die Einflussbereiche wurden abgesteckt, Einflussfaktoren zugeordnet und für die Anwendung in den Szenarien systematisiert. Durch Gewichtung wurden die Schlüsselfaktoren ermittelt (vgl. Zweck/Miles/Keenan et al. 2002: 171; Starick/Gaasch 2008). Die Variabilität der Szenarien sollte im Ergebnis an technologischen Varianten und an Faktoren des Gestaltungsfeldes (vgl. Gausemeier/Fink/Schlake 1996: 100 f.; Kosow/Gaßner 2008: 20) der regionalen Steuerbarkeit der Biomasseproduktion zugespitzt werden (vgl. auch Starick/Gaasch 2008).

Für die Ausprägung der exogenen Faktoren wurden daraufhin projektintern Annahmen getroffen bzw. Trends bestimmt. Die Ausprägung der endogenen fixen Faktoren wurde im GIS nutzerunabhängig potenzialbasiert aufbereitet.

Etwas abweichend von den standardisiert-typischen Phasen und mehr als Bestandteil eines kreativen Prozesses wurde in einem *Brainstorming* und einem anschließenden mehrstufigen Diskussions- und Abstimmungsprozess eine erste synthetische Phase eingefügt, in der die Szenariethemen bestimmt wurden. Damit wurde das Ziel verfolgt, sich gedanklich von den in quantitativen Szenarien verbreiteten „klassischen“ Themen „Umwelt“ und „Bioenergie“ (vgl. z. B. BMVBS 2010) zu lösen, die Faktoren des Gestaltungsfeldes weiter zu differenzieren und Themen zu finden, die für die regionale räumliche Entwicklung und die Diskussion ihrer Steuerbarkeit wesentlich sind beziehungsweise in Frage stehen.²

In einem regionalen Szenarienworkshop³ wurden die Potenzialanalyse und die Szenariethemen reflektiert, die Annahmen diskutiert und Prämissen für die endogenen variablen Faktoren gesetzt. Szenario 1 wurde während des Workshops, Szenario 2 im Nachgang des Workshops verräumlicht (vgl. ZALF 2009b). Zudem wurden die Prämissen in ein Zielsystem überführt. Anhand der verräumlichten Szenarien wurden räumliche und energetische Konsequenzen diskutiert und getrennt nach Biomasseanbau und -anlagen intern und nutzerunabhängig auf ihre Umwelt-

¹ Vertreten waren Experten der Landwirtschaft, speziell des Biomasseanbaus, sowie Raum- und Landschaftsplaner des Leibniz-Zentrums für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) sowie Experten der Bioenergiebereitstellung mit einem Schwerpunkt auf Technologien des Deutschen Biomasseforschungszentrums (DBFZ). Gearbeitet wurde mit Metaplantechiken (vgl. Starick/Gaasch 2008).

² Beteiligt waren die Projekt- und Kooperationspartner, entsprechend die Teilnehmer des regionalen Szenarienworkshops.

³ Teilnehmer waren die Projekt- und Kooperationspartner: Experten des DBFZ mit einem Schwerpunkt auf Technologien und quantitativen Szenarien, Vertreter der Geographie, der Raum- und Landschaftsplanung des ZALF sowie Vertreter der Regionalen Planungsstellen Westsachsen und Uckermark-Barnim. Der Workshop war extern moderiert (vgl. ZALF 2009b).

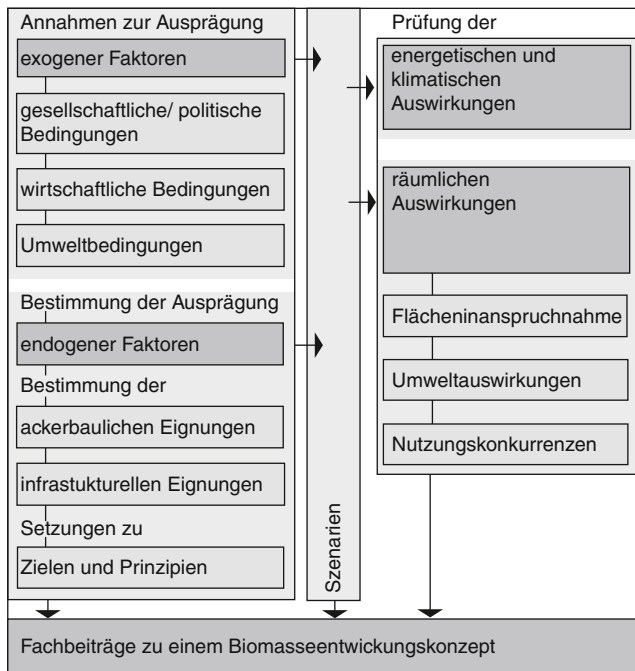


Abb. 1 Planerische Schritte zur Entwicklung und zum Transfer der Szenarien. (Quelle: Eigene Darstellung nach Kosow/Gaßner (2008: 21 f.))

auswirkungen und Flächenkonkurrenzen hin untersucht. In einem regionalen Expertenworkshop⁴ wurden schließlich die Methode und die Ergebnisse vorgestellt, diskutiert und daraufhin angepasst (vgl. ZALF 2009c).

Die Ausgestaltung der zentralen planerischen Schritte, die in diesem Prozess durchlaufen wurden, wird im Folgenden erläutert. Sie sind in Abb. 1 zusammengefasst.

Im Projekt wurde im Ergebnis der Steuerungsbedarf bestimmt. Aus einer Gegenüberstellung mit den Steuerungsmöglichkeiten wurden Handlungsempfehlungen zur regionalplanerischen Gestaltung der räumlichen Entwicklung der Bioenergiebereitstellung erarbeitet. Dieser Teil ist hier nicht dargestellt (vgl. hierzu Gaasch/Starick/Klößner et al. 2011).

4 Entwicklung der Szenarien

Für die Anwendung in den Szenarien wurden exogene und endogene Einflussfaktoren unterschieden. Endogene Faktoren sind regional bestimmt und wirken vornehmlich regional. Exogene Faktoren hingegen sind überregional bestimmt, wirken sich aber auch regional aus. Auch wenn es sich dabei zumeist nicht um Gegebenheiten, sondern um

⁴ Vertreten waren Experten aus den Fachbereichen Klimaschutz und Klimawandel, Landschaftsplanung, Bauen, Nachwachsende Rohstoffe, Land-, Wald- und Forstwirtschaft, Landes- und Regionalplanung sowie Grundsatzangelegenheiten des Freistaates Sachsen. Der Workshop wurde ebenfalls extern moderiert (vgl. ZALF 2009c).

grundsätzlich gestaltbare Faktoren handelt, sind sie durch regionale Entscheidungen nur schwer zu beeinflussen. Unterschieden wurde weiter zwischen fixen und variablen Einflussfaktoren.

4.1 Exogene Faktoren

Exogene Faktoren, welche die Bioenergiebereitstellung beeinflussen, sind überwiegend überregionale und zumeist auch internationale politische und wirtschaftliche Bedingungen. Da diese Faktoren nur äußerst eingeschränkt Gegenstand regionaler Handlungsmöglichkeiten sein können, wurden sie nicht im Detail untersucht. Jedoch wurden die Schlüsselfaktoren im internen Szenarienworkshop identifiziert und es wurden Annahmen getroffen.

Angenommen wurde, dass bis zum Jahr 2020 keine gravierenden Preiseinbrüche für Rohöl stattfinden, welche die Energieerzeugung aus Biomasse vollkommen unrentabel machen würden, und dass es bis dahin keinen gravierenden Preisanstieg für Nahrungs- und Futtermittel geben wird. Außerdem wurde angenommen, dass die derzeitige Politik der Bundesregierung und der Europäischen Union zur Förderung der Landwirtschaft und der Bioenergiebereitstellung unangetastet bleibt. Diese Annahme ist insofern besonders bedeutsam, als dass die betrachteten Technologien ohne Unterstützung bei der Markteinführung in den nächsten zehn Jahren nur in Einzelfällen wirtschaftlich rentabel sein dürften.

Ein anders gelagerter exogener Faktor ist der Klimawandel. Regional bzw. aus regionaler Perspektive kann er zwar nur indirekt bzw. wenig beeinflusst werden, sein Verlauf jedoch ist letztlich Ergebnis des Handelns in allen Regionen. Für die Entwicklung der Bioenergiebereitstellung entsteht daraus die Frage nach den Auswirkungen auf das Klima auf der einen und nach den Auswirkungen des Klimawandels (insbesondere auf die landwirtschaftliche Produktion) auf der anderen Seite. Die Auswirkungen der Bioenergiebereitstellung auf das Klima wurden hier vernachlässigt, da noch keine planungspraktischen Methoden zur Verfügung stehen, diese zu fassen. Die Auswirkungen des Klimawandels auf die landwirtschaftliche Produktion wurden aufgrund des zeitlichen Planungshorizontes vernachlässigt.

Politische, wirtschaftliche und klimatische Bedingungen werden als fixe Faktoren behandelt.

Variabel ist der Einsatz von Technologien in den Szenarien. Allgemeine Trends in der technologischen Entwicklung wurden vom Deutschen Biomasseforschungszentrum (DBFZ) untersucht. Dabei zeigt sich, dass sich in den letzten Jahren eine Vielzahl marktreifer zukunftsfähiger Technologien etabliert hat. Weitere werden erprobt oder entwickelt. Um bei der Vielzahl an Möglichkeiten räumlich und sachlich konkrete Potenziale ermitteln zu können, wurden mit der Expertise des DBFZ exemplarisch sieben zukunftsfähige

hige Technologien mit jeweils spezifischen Leistungen ausgewählt (vgl. DBFZ 2010), darunter zwei bereits etablierte, eine landwirtschaftliche Biogasanlage und ein Waldholz-Biomasseheizkraftwerk, sowie fünf in der Entwicklung begriffene, die in Zukunft voraussichtlich Marktreife erlangen: eine Biogas-Brennstoffzellen-Anlage, eine Anlage zur Biomassevergasung mit Kraft-Wärme-Kopplung (KWK), eine Bioethanolanlage mit Lignocelluloseeinsatz, eine Biomethanolanlage auf Basis von Bio-SNG⁵ sowie eine auf Basis von Biogas (vgl. Tab. 1).

4.2 Endogene Faktoren

Gemäß der Frage nach den regionalen Handlungsmöglichkeiten lag der Schwerpunkt der Untersuchung auf den endogenen Faktoren. Die Bioenergiebereitstellung wird wesentlich durch die regionalen räumlichen Potenziale beeinflusst. Unter Potenzialen werden die Möglichkeiten verstanden, die ein Raum hat, um einen bestimmten gesellschaftlichen Bedarf zu befriedigen bzw. um bestimmten gesellschaftlichen Nutzungsansprüchen gerecht zu werden (Grunewald/Bastian 2011: 53 ff.). Das Potenzial kennzeichnet mithin die Eignungen eines Raumes für eine bestimmte Nutzung (Jessel/Tobias 2002: 140; Marks/Müller/Leser et al. 1992: 33). Gesellschaftliche Zweckbestimmungen enthalten sie noch nicht. Potenziale, die für die Bioenergiebereitstellung zentral sind, umfassen die ackerbaulichen und die infrastrukturellen Eignungen.

4.2.1 Infrastrukturelle Eignungen

Infrastrukturen, die für die Bioenergiebereitstellung zuvorderst relevant sind, umfassen diejenigen Infrastrukturen, die Bioenergieanlagen benötigen, um beliefert und betrieben werden zu können, sowie jene, die notwendig sind, um die bereitgestellte Energie bzw. den bereitgestellten Energieträger in die entsprechenden Netze einzuspeisen. Es zeigt sich, dass jede der ausgewählten Technologien andere Anforderungen an den Raum und speziell an die Infrastruktur stellt. Anforderungen umfassen zum Beispiel Anschlüsse an das Strom-, Wärme- bzw. Erdgasnetz, einen Lkw-tauglichen Verkehrsanschluss, die Nähe zu Wärmeabnehmern, einen Zugang zu Wasserwegen oder/und eine Gleisanbindung bzw. die Nähe zu einem Verladebahnhof (vgl. DBFZ 2010 und Tab. 1).

Nach den Anforderungen wurden mit Hilfe geographischer Informationssysteme Potenzialkarten erarbeitet, welche die Gebiete enthalten, innerhalb derer eine Anlage allein aus infrastruktureller Sicht errichtet werden könnte.

⁵ Bio-SNG (Synthetic Natural Gas) ist ein aus biogenen Festbrennstoffen – also zuvorderst aus Holz – produziertes Gas, das Erdgasqualität hat und beispielsweise ins Erdgasnetz eingespeist werden kann.

Tab. 1 Merkmale der in den Szenarien eingesetzten Technologien. (Quelle: Eigene Darstellung nach DBFZ (2010))

Technologie	Leistung	Einspeisung ins Stromnetz	Einspeisung ins Erdgasnetz	LKW-Verkehrsanschluss	Nähe Wärmeabnehmer (Mindestleistungsgröße zur Abnahme in max. 2 km ²)	Verladebahnhof	ca. Biomassebedarf in [t/a]	Anzahl der Anlagen in Szenario 1	Anzahl der Anlagen in Szenario 2
Landwirtschaftliche Biogasanlage	500 kW _{el} 448 kW _{th}	x		x	x (-)		14.000	0	62
Waldholz-Biomasse-heizkraftwerk	5.500 kW _{th} 1.000 kW _{el}		x	x	x (ca. 7.000)		20.000	21	0
Biogas-Brennstoffzelle	1.300 kW _{el}		x	x			27.000	0	13
Biomassevergasung mit KWK	1.020 kW _{th} 500 kW _{el}	x		x	x (ca. 1.250)		4.500	0	21
Bioethanolanlage	157 MW _{KS} 0,6 MW _{el}			x		x	780.000	4	0
Biomethanolanlage (Bio-SNG)	75 MW _{Bio-CH4} 1,9 MW _{th}		x	x	x (ca. 4.000)	x	332.000	1	0
Biomethanolanlage (Biogas)	10 MW _{Bio-CH4}			x			72.000	2	0
	x								

= Merkmal erfüllt bzw. Anforderung vorhanden

^aDie Ermittlung erfolgte auf Grundlage von Erfahrungswerten aus Machbarkeitsstudien für grundlastdeckende KWK-Anlagen (DBFZ 2009: 4) und anhand der prognostizierten Einwohnerzahl 2020 (STLA 2008). Industrieanlagen konnten aufgrund mangelnder Angaben nicht berücksichtigt werden

Für einige Technologien, wie die Bioethanolanlage und die Biomethanolanlage (Bio-SNG), kommen danach nur wenige Gebiete in Frage. Für andere Technologien, wie beispielsweise für die Biomassevergasungsanlage mit Kraft-Wärme-Kopplung, kann nahezu überall ein geeigneter Standort gefunden werden. Wirksames Differenzierungskriterium ist hier vor allem die Lage im Umkreis einer Siedlung (also eines Wärmeabnehmers), in diesem Falle von mindestens 1.250 Einwohnern.

4.2.2 Ackerbauliche Gunstgebiete

Jede der gewählten Technologien kann zwar nicht auf beliebige, aber auf verschiedene Art und Weise mit Rohstoffen versorgt werden. Zu Gunsten der Konkretheit wurden aus den möglichen und gängigen Rohstoffversorgungsvarianten, wie sie das DBFZ (2010) darstellt, jeweils spezifische ausgewählt, mit der die Anlage beispielhaft betrieben werden soll. So wurden neben weiteren Fruchtarten auch Anbausysteme zugeordnet, indem die dargestellten Varianten nach den Bedingungen in der Planungsregion konkretisiert oder variiert wurden. Entschieden wurde beispielsweise für die Anwendung von Zweikulturnutzungssystemen zwischen dem Einsatz von Schweine- oder Rindergülle und zwischen Weiden- oder Pappelholzhackschnitzeln. Mais-Silage wurde zum Teil durch Roggen-Ganzpflanzen- und Gras-Silage substituiert. Zum Einsatz kommen insgesamt:

- ackerbauliche Produkte wie Mais-Silage, Getreidekorn- und Ganzpflanzensilage sowie Ackergras-Silage und Heu,
- Anwelksilage und Heu aus der Grünlandnutzung,
- landwirtschaftliche Nebenprodukte wie Gülle und Stroh,
- holzartige Biomasse aus Kurzumtriebsplantagen und Waldrestholz.

Daneben werden Bioabfälle eingesetzt.

Für die Szenarienentwicklung, für ihre räumliche Differenzierung und um die Anbaufläche zu bestimmen, die die jeweils zum Einsatz kommende Biomasse benötigt (vgl. Tab. 4), wurden für jede der Fruchtarten und Anbausysteme

ackerbauliche Gunstgebiete bestimmt. Bestimmt wurden sie in Anlehnung an die Brandenburgischen Landbaugebiete (MLUV 2008: 11) sowie auf Grundlage des sächsischen Bodenbewertungsinstrumentes (LfUG 2008: 17 ff.) nach der Bodenfruchtbarkeit, dem Wasserspeichervermögen und dem Jahresniederschlag. Ackerbauliche Gunstgebiete sind Gebiete, die sich für den Anbau der Rohstoffe ackerbaulich besonders eignen. Außerhalb dieser Gebiete ist ein Anbau der jeweiligen Fruchtart nicht per se ausgeschlossen. Aufgrund der natürlichen Bedingungen und im Hinblick auf eine nachhaltige Raumentwicklung ist der Anbau außerhalb jedoch nicht zu empfehlen. So ließen sich beispielsweise gerade auf Grenzertrags- und Marginalstandorten für anspruchsvollen Weizen, ganz im Gegensatz zu Roggen, keine guten Erträge erzielen (MLUV 2008: 40 ff.).

Unterschieden wurden bevorzugte Anbaugebiete von geeigneten Anbaugebieten. Bevorzugte Anbaugebiete sind für den Anbau einer Fruchtart nicht nur ackerbaulich geeignet, sondern auch betriebswirtschaftlich bevorzugt, das heißt, die jeweiligen Fruchtarten sind in diesen Gebieten konkurrenzfähig. In geeigneten Anbaugebieten hingegen ist der Anbau dieser Fruchtart lediglich ackerbaulich geeignet. Aus betriebswirtschaftlicher Sicht sind diese Fruchtarten anderen Fruchtarten unterlegen. Dies betrifft insbesondere den Anbau von Roggen in Gebieten hoher und sehr hoher Bodenfruchtbarkeit. Hier ist beispielsweise der Weizen dem Roggen überlegen (vgl. Tab. 2).

Als Ergebnis der Untersuchung der Anbaueignung entstanden Potenzialkarten, die die bevorzugten und geeigneten Anbaugebiete nach Fruchtarten und Anbausystemen darstellen.

Theoretisch ist davon auszugehen, dass zur Versorgung einer Anlage nicht alle ackerbaulichen Gunstgebiete in Frage kommen, sondern lediglich solche, die innerhalb eines bestimmten Einzugsgebietes liegen. Aus betriebswirtschaftlicher Sicht ist das Einzugsgebiet primär aus dem Transportaufwand bestimmt. Aus volkswirtschaftlicher Sicht kann es beispielsweise auch energetisch bestimmt sein. Es beschreibt dann ein Gebiet, innerhalb dessen aus Anbau, Transport, Verarbeitung und Verteilung mehr Wärme, mehr Strom oder mehr Kraftstoff bereitgestellt als genutzt

Tab. 2 Abgrenzung der Anbaugebiete für verschiedene Fruchtarten. (Quelle: Eigene Darstellung nach Ebel/Adam (2007), LfUG (2008: 17 ff.), MLUV (2008: 11), LfULG (2009))

Stufe	Bodenfruchtbarkeit	nFKWe in mm	Weizen/ Gerste	Mais/ Triticale	Roggen
I	sehr gering	< 50	–	–	++
II	gering	50–<90	–	++	++
III	mittel	90–<140	++	++	++
IV	hoch	140–<200	++	++	+
V	sehr hoch	≥ 200	++	+	+

nFKWe: nutzbare Feldkapazität im effektiven Wurzelraum

– ackerbaulich nicht geeignet, + geeignete Anbaugebiete, ++ bevorzugte Anbaugebiete

werden. Da (verallgemeinerte) Angaben zu Einzugsgebieten nicht zur Verfügung stehen, wurden Einzugsgebiete für kleinere Anlagen grob als Radius um eine Anlage definiert: für die Biogasanlage ein 5-Kilometer-Radius, für das Waldholz-Biomasseheizkraftwerk ein 25-Kilometer-Radius, für die Biogas-Brennstoffzelle ein 30-Kilometer-Radius und für die Anlage zur Biomassevergasung mit Kraft-Wärme-Kopplung ein 50-Kilometer-Radius. Für die übrigen und noch größeren Anlagen ist das Einzugsgebiet überregional (vgl. auch Gaasch/Starick/Klößner et al. 2011). Die Einzugsgebiete spiegeln die betriebswirtschaftliche Komponente aus der aktuellen Praxis und ihren Bedingungen heraus wider. Sie sind ein Hilfskonstrukt zur räumlichen Differenzierung der Szenarien⁶.

Über die Eignung zum Anbau und die anlagenbezogene Gebietszuordnung hinaus war es für die Differenzierung und für die anschließende Beurteilung der Szenarien wichtig, die Fläche zu bestimmen, die für den Anbau der Fruchtarten innerhalb der Gunstgebiete benötigt wird, um eine Technologie zu versorgen. Nicht zuletzt sind die Flächenverfügbarkeit und Flächenkonkurrenzen Knackpunkte in der Diskussion um eine nachhaltige Bioenergiebereitstellung (vgl. z. B. Wiehe/Rode 2007: 101; BMELV 2009: 9 f.). Bestimmt wurde der mittlere Flächenbedarf für alle Rohstoffversorgungsvarianten in allen Kombinationen geeigneter und bevorzugter Anbaugebiete, und zwar auf Basis der Bodenfruchtbarkeiten und der durchschnittlichen Erträge (KTBL/ATB 2006; KTBL 2008; Destatis 2009). Mögliche Silier- und Lagerungsverluste wurden berücksichtigt. Werden zudem die Ausbringung potenziell aufkommender Gärreste und die Fruchtfolgebestimmungen nach guter fachlicher Praxis berücksichtigt, ist der faktische Flächenbedarf höher. So liegt die maximale Anbaukonzentration, also der aufgrund von Fruchtfolgebestimmungen zur Verfügung stehende maximale Flächenanteil für den Anbau einer Feldfrucht, für Mais in bevorzugten Anbaugebieten bei 50 %. Der Anbau von Mais ist deshalb nur alle zwei Jahre möglich, der Flächenbedarf verdoppelt sich dementsprechend. Für geeignete Gebiete wurde die Anbaukonzentration für alle betroffenen Feldfrüchte auf 20 % festgelegt. Dort dienen die Früchte der Bereicherung der Fruchtfolge (vgl. KTBL 2005; KTBL/ATB 2006; KTBL 2008; Destatis 2009).

Als Grundlage für die analoge Verräumlichung der Szenarien in einem regionalen Szenarienworkshop wurden die Potenzialkarten zu den infrastrukturellen Eignungen und den Anbaueignungen der Fruchtarten und Anbausysteme für jede Technologie überlagert. Eingeschlossen ist die Dar-

stellung der Einzugsradien. Der faktische Flächenbedarf wurde je Technologie maßstabsgerecht und nach geeigneten und bevorzugten Anbaugebieten differenziert in Quadraten visualisiert.

4.3 Angestrebte Entwicklung

Mit den ackerbaulichen und infrastrukturellen Potenzialen sind die spezifischen räumlichen Eignungen der Planungsregion für die Bioenergiebereitstellung bestimmt. Beide Potenziale haben den Charakter von Gegebenheiten. Sie sind nur schwer oder nur mit großem Aufwand änderbar, die ackerbaulichen Potenziale mehr noch als die Infrastruktur. Sie stehen für die Angebotsseite und werden vereinfachend, auch eingedenk des zeitlichen Horizontes der Szenarien und der im Weiteren gesetzten Prämissen (vgl. Tab. 3), wie fixe Faktoren behandelt.

Wie sie genutzt (und gegebenenfalls auch ausgebaut) werden, hängt von der Wirkung der exogenen Faktoren ab – aber nicht von ihnen allein. Wie sie genutzt werden, hängt auch von den Interessen, vom Entwicklungswillen und von den Entwicklungszielen, kurz: von der Nachfrage in der Region ab. Sie bildet den einzigen Komplex endogener Faktoren, der durch die regionalen Akteure direkt (mit-)gestaltet werden kann. Zu einem großen Teil umfasst er Faktoren des Gemeinwohls, die nur eingeschränkt bzw. mittelbar wirken, wenn sie nicht mit entsprechenden Steuerungsmechanismen zur Wirkung gebracht werden. Für die Steuerbarkeit der Biomasseproduktion sind die Faktoren der regionalen Nachfrage die mithin wichtigsten. Im Prozess der Szenarienentwicklung bilden sie den Einflussbereich variabler Einflussfaktoren.

Worauf eine Planungsregion hinwirken könnte (und mit welchen Mitteln), darüber herrscht unter den Trägern der Regionalplanung offensichtlich Unsicherheit, wie eine Befragung⁷ zeigt. Die Meinungen zu geeigneten Gesamt- oder Fachplanungen, zu geeigneten Planungsebenen und -instrumenten wie auch zu möglichen verbindlichen Festlegungen sind denkbar breit. Über eine Handlungsnotwendigkeit hingegen herrscht große Übereinkunft. 82 % der Befragten sehen sie. 60 % sehen die Träger der Regionalplanung in der Verantwortung – 53 % jedoch in einer Kooperation vor allem mit anderen Fachbereichen bzw. -planungen (ZALF 2009a; Müller/Matzdorf/Gaasch et al. 2010: 65 ff.; Gaasch/Starick/Klößner et al. 2011: 341).

Eine Ursache für diese Diskrepanz ist möglicherweise, dass es an einem demokratisch legitimierten und nach Planungsebenen gestuften systematischen Zielsystem für eine

⁶ Abgesehen davon, dass zur Größe der Einzugsgebiete Forschungsbedarf besteht, sind sie für regionale Szenarien insofern dann ein annehmbares Hilfskonstrukt, wenn eine detaillierte Untersuchung des Verkehrsnetzes nicht möglich ist. Eine detaillierte Untersuchung des Verkehrsnetzes im Zuge einer konkreten Standortplanung ersetzen sie allerdings nicht.

⁷ Die Befragung fand im Mai und Juni 2009 statt. Sie erfolgte standardisiert und schriftlich. Angestrebt war eine Vollerhebung. Von 114 verschickten Fragebögen konnten 40 ausgewertet werden.

Tab. 3 Systematik zu Faktoren und alternativen Ausprägungen des Einflussbereichs der angestrebten Entwicklung sowie Übersicht zu Prämissen im Fallbeispiel

Faktor	Entscheidungsalternativen/ zu bestimmende Ausprägung der Faktoren
quantitative Entwicklung	Wie soll sich die Menge der aus Bioenergie bereitgestellten Energie entwickeln, soll sie: <input type="checkbox"/> zunehmen? <input type="checkbox"/> gleich bleiben? <input type="checkbox"/> abnehmen?
Konsumenten	Wer soll prioritär mit Energie aus Biomasse versorgt werden: <input type="checkbox"/> Haushalte in Städten und Agglomerationen? <input type="checkbox"/> Haushalte in ländlichen Räumen? <input type="checkbox"/> Industrie, Gewerbe, Dienstleister?
Art der Energie	Welche Art der Energie bzw. welcher Energieträger soll aus Biomasse (zu welchen Anteilen) bereitgestellt werden? <input type="checkbox"/> Strom? <input type="checkbox"/> Gas? <input type="checkbox"/> Wärme? <input type="checkbox"/> Kraftstoff?
Technologien: Typen	Gibt es eine Entwicklung hin zu bzw. soll die Entwicklung zielen auf: <input type="checkbox"/> große(n) Anlage(n)? <input type="checkbox"/> kleine(n) Anlage(n)? Welche Technologien kommen zum Einsatz? * *Zuordnung der ausgewählten Technologien
Rohstoffproduktion	Wie sollen die Rohstoffe vornehmlich produziert werden: <input type="checkbox"/> durch Anbau auf „Restflächen“ [#] <input type="checkbox"/> aus Rest-/ Neben-/ Abfallprodukten <input type="checkbox"/> Anbau auf landwirtschaftlichen Flächen? Wo sollen die Energiepflanzen produziert werden: <input type="checkbox"/> auf den für eine Fruchtart am besten geeigneten Standorten ?* <input type="checkbox"/> auf für die Nahrungsmittelproduktion weniger geeigneten Standorten? * Um den Flächenbedarf minimal zu halten werden bevorzugte Anbaugelände priorisiert. Wie intensiv soll die Fläche genutzt werden bzw. wird sie voraussichtlich genutzt: <input type="checkbox"/> intensiv?* <input type="checkbox"/> extensiv? * Prämisse dabei ist die Einhaltung der guten fachlichen Praxis. Woher sollen die Rohstoffe zur Versorgung der Anlage kommen: <input type="checkbox"/> überwiegend aus der Region?* <input type="checkbox"/> überwiegend von außerhalb? * Importe werden für die Anlagentypen Biomethan auf Basis von Bio-SNG (Holzhackschnitzel, 75 %) und Bioethanol auf Basis von Lignocellulose (Stroh, 97 %) zugelassen.
Infrastruktur	Wie soll mit infrastrukturellen Erfordernissen umgegangen werden: <input type="checkbox"/> Soll überwiegend die vorhandene Infrastruktur genutzt werden? <input type="checkbox"/> Soll die Infrastruktur ausgebaut werden?
Anlagenstandort	Welche Grundsätze sollen für den Standort der Anlage gelten? * Anlagen sollen siedlungsnah, in der Nähe der Wärmeabnehmer und nahe zu den Anbauflächen bzw. Rohstoffproduzenten gelegen sein.
Legende	<input type="checkbox"/> Prämisse im Fallbeispiel in beiden Szenarien <input type="checkbox"/> im Fallbeispiel in beiden Szenarien berücksichtigt <input type="checkbox"/> Prämisse in Szenario 1 <input type="checkbox"/> Prämisse in Szenario 2

[#] Das sind vornehmlich der Landwirtschaft gewidmete Flächen, die derzeit nicht genutzt werden, also beispielsweise Brachen.

räumliche Entwicklung der Bioenergiebereitstellung als Bestandteil einer nachhaltigen Raumentwicklung mangelt.

Im Prozess der Szenarientwicklung wurde schnell deutlich, dass sich allein aus den Potenzialen keine Entwicklungspfade ‚ergeben‘ oder ‚ableiten‘ lassen, sondern dass es einen Entscheidungsspielraum gibt, der gefüllt werden will und der grundsätzlich auch durch regionalplanerische Entscheidungen gefüllt werden kann. Insofern wurde in der Szenarientwicklung von einem *Top-Down*-Ansatz Abstand genommen und ein *Bottom-Up*-Ansatz gewählt, bei dem Teilfragen, die zur Inanspruchnahme räumlicher Faktoren und zur räumlichen Organisation und Entwicklung der Bioenergiebereitstellung in Vorbereitung eines regionalen Szenarienworkshops und im regionalen Szenarienworkshop beantwortet wurden. Referenz waren etablierte Prinzipien nachhaltiger regionaler Entwicklung. Die Antworten haben zum Teil den Charakter von Annahmen, zum überwiegenden

Teil den von Grundsätzen und Prämissen. In ihrem Zusammenspiel stehen sie für die anvisierte räumliche Strategie und den Entwicklungswillen der Region (vgl. Tab. 3).

4.4 Ergebnis: zwei verräumlichte Szenarien für Westsachsen

Im Ergebnis wurden die folgenden beiden Szenarien entwickelt: Szenario I „Bioenergie für Verdichtungsräume“ und Szenario II „Bioenergie für ländliche Räume“. Mit Szenario I wird ein Schwerpunkt auf die bioenergetische Versorgung des Oberzentrums Leipzig, der Grundzentren im Verdichtungsraum Leipzig sowie der Mittelzentren im gesamten Planungsraum gelegt (vgl. Abb. 2). In Szenario II hingegen liegt der Schwerpunkt auf der bioenergetischen Versorgung der im Regionalplan ausgewiesenen gemeindlichen Versorgungs- und Siedlungskerne und der Grundzentren

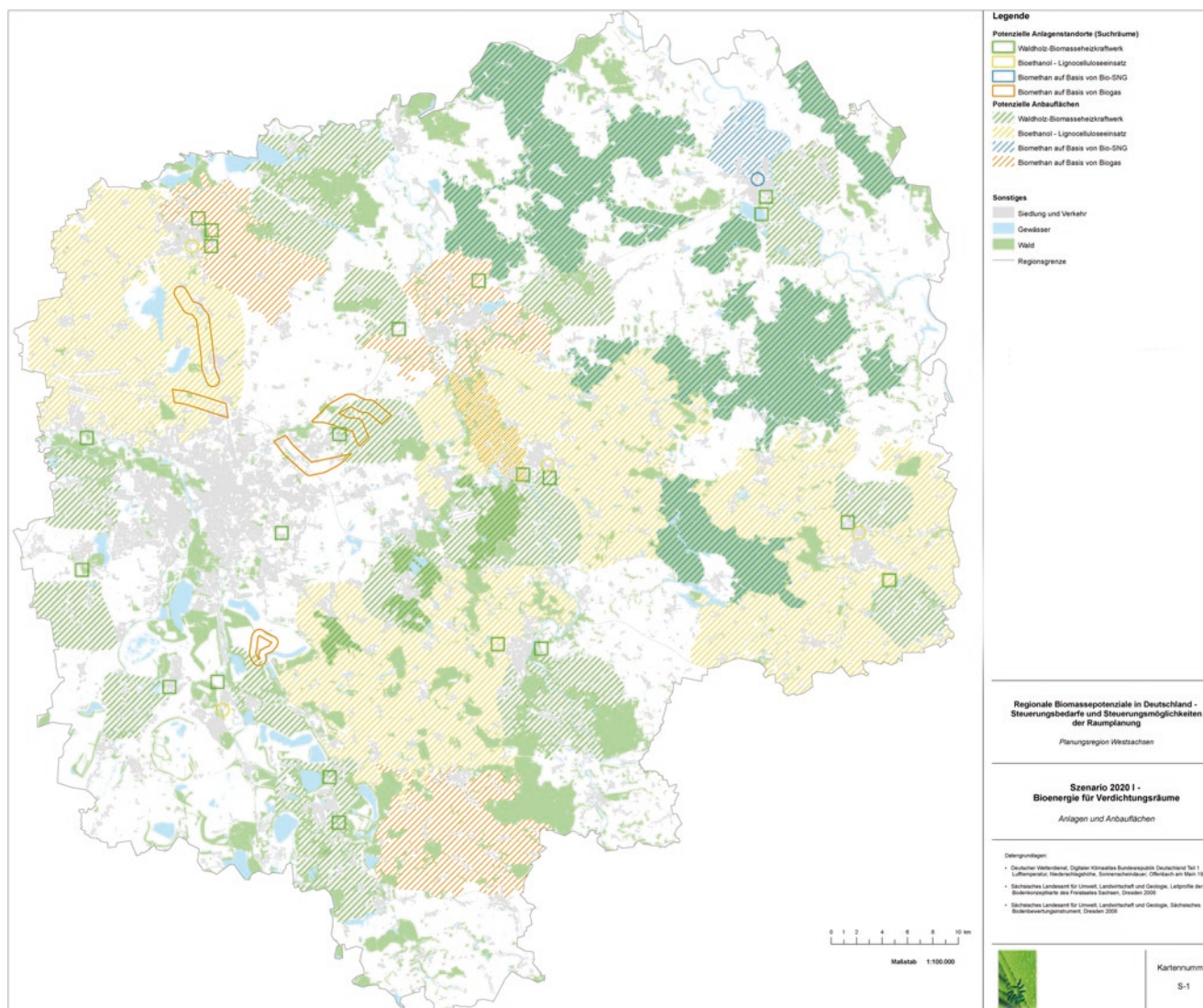


Abb. 2 Verräumlichung der Anbauflächen und der Gebiete für Standorte von Anlagen in Szenario I „Bioenergie für Verdichtungsräume“. (Quelle: Vereinfacht nach Müller/Matzdorf/Gaasch et al. (2010: 26))

außerhalb des Verdichtungsraumes Leipzig. Unterschiede zwischen beiden Szenarien bestehen in der Wahl der eingesetzten Anlagentypen aufgrund der anlagenspezifischen Bereitstellung an Strom und Wärme und – in der Konsequenz – in der Flächeninanspruchnahme um eine Anlage sowie bei der Zulassung von Importen. Beide Szenarien legen einen Schwerpunkt auf die Versorgung der Region mit Strom und vor allem mit Wärme. Nicht enthalten ist die Kraftstoffproduktion.

Mit der Wahl der Technologien, der Aufbereitung der Potenziale und der Formulierung der Grundsätze und Prämissen sind auch die Voraussetzungen für eine Verräumlichung der Szenarien geschaffen. Sie ist daraus vordefiniert. Von selbst ergibt sie sich jedoch nicht. Sind die Technologien nach Trends bestimmt, die Potenziale abgeleitet und die Prämissen begründet gesetzt, verbleibt ein Spielraum, der durch Plausibilitätsüberlegungen und durch Kreativität zu füllen ist. Der Spielraum war für Szenario I größer als für Szenario II. Für Szenario I wurde er im regionalen Szenarienworkshop in einem diskursiven Prozess am Plan und analog, für Szenario II im Nachgang projektintern gefüllt.

Im Ergebnis stehen zwei Pläne, in denen faktische Anbaugebiete für verschiedene Fruchtarten Gebieten für einen bestimmten Anlagestandort zugeordnet sind. In Szenario I konzentrieren sich die zumeist großen Anlagen im Verdichtungsraum Leipzig sowie um die Mittelzentren Westsachsens. Für ihre Versorgung werden zum größten Teil Holzhackschnitzel benötigt. Außerhalb des walddreichen Nordostens werden diese aus landschaftsprägenden Kurzumtriebsplantagen in der Umgebung kleiner Waldinseln und in der Bergbaufolgelandschaft südlich von Leipzig gewonnen. Des Weiteren werden große Mengen an Reststoffen, hier Stroh aus der bereits bestehenden Nahrungs- und Futtermittelproduktion, in traditionellen Getreideanbaugebieten genutzt. Vergleichsweise große Gebiete werden von einer Fruchtart in Beschlag genommen. Im Gegensatz dazu liegen die kleinen Anlagen des Szenarios II in der Umgebung der Grundzentren außerhalb des Verdichtungsraums. Für die Biogasanlagen im Norden und Süden Westsachsens wird in der Umgebung der Siedlungen vermehrt Mais angebaut. Zusätzlich werden große Flächen für den Anbau von Ackergräsern benötigt. Kurzumtriebsplantagen spielen eine untergeordnete Rolle. Die Landnutzung ist kleinteiliger und differenzierter.

5 Prüfung der Wirkungen einer gesteigerten Biomasseproduktion

5.1 Energetische und klimatische Auswirkungen

Eine Gegenüberstellung der energiepolitischen Ziele mit der Summe der Leistungen der Anlagen, die in den Szenarien

Tab. 4 Energie- und Flächenbilanz der Szenarien

		Ziel	Szenario I	Szenario II
Bereitstellung von Strom	%	8,42		
	GWh/a	448	473	456
Bereitstellung von Wärme	%	9,7		
	GWh/a	1.163	1.191	302
Anlagen	Anzahl		29	96
Bedarf an landwirtschaftlicher Nutzfläche	ha/a		25.436	31.747
	%		10	13
Bedarf an Forst- und Waldflächen	ha/a		29.007	36.000
	%		42	52
Biomassebedarf	t/a		~887.000	~1.288.000

eingesetzt wurden, erlaubt Aussagen zur energetischen Zielerreichung (vgl. Müller/Matzdorf/Gaasch et al. 2010; vgl. Tab. 4).

Grundlage ist das Ziel des Freistaats Sachsen, die Bereitstellung von Strom aus Biomasse bis zum Jahre 2020 auf 1.800 GWh pro Jahr zu steigern (SMUL 2009: 6). Zur Bereitstellung von Wärme aus Biomasse gibt es kein regional oder landesspezifisch quantifiziertes Ziel. Referiert wird auf das Leitszenario der Leitstudie 2008 des Bundesumweltministeriums, nach dem 9,7 % der gesamten Wärmeversorgung aus Biomasse bestritten werden sollen (BMU 2008:). Der Stromverbrauch im Jahre 2020 wurde aus dem Hintergrundpapier zu den Zielen der künftigen Klimaschutz- und Energiepolitik des Freistaates Sachsen ermittelt (SMUL 2009: 5 f.), der zukünftige Wärmeverbrauch aus dem Verhältnis von Strom- und Wärmebedarf ebenfalls nach der Leitstudie 2008 des Bundesumweltministeriums. Regionalisiert wurden die Ziele über den Pro-Kopf-Verbrauch mit Hilfe der aktuellen Bevölkerungsstatistik der für das Jahr 2020 prognostizierten Einwohnerzahl. Aufgrund der Datenlage nicht gesondert berücksichtigt werden konnte der Energiebedarf großer Industrieanlagen oder Dienstleistungseinrichtungen.

Es zeigt sich, dass die Zielerreichung wesentlich von der Wahl der Technologien und der räumlichen Strategie abhängt. Im Fallbeispiel sind es die großen Anlagen in der Nähe der Städte und Agglomerationen (Szenario I), mit denen die regionalen energetischen Ziele zur Versorgung mit Strom und Wärme aus Biomasse erreicht werden können, nicht hingegen die kleinen Anlagen zur dezentralen Versorgung auf dem Lande (Szenario II), mit denen lediglich die Ziele für die Bereitstellung von Strom erreicht werden können. Eine klimatische Bilanz kann mangels regionalisierter Ziele, Daten und Methoden nicht gezogen werden.

5.2 Räumliche Auswirkungen

Den Raum betrifft die Bioenergiebereitstellung durch infrastrukturelle Erfordernisse und deren Auswirkungen, die aus der Notwendigkeit entstehen können, Verkehrswege oder Verteilungsnetze anzupassen oder auszubauen. Sie wurden hier zugunsten der Untersuchung der Auswirkungen des Biomasseanbaus und des Baus und Betriebs von Anlagen nicht näher betrachtet. Gerechtfertigt ist dies aus der Prämisse, vornehmlich die vorhandene Infrastruktur zu nutzen.

Hier nicht näher dargestellt werden die Methode und die Ergebnisse der Prüfung der Auswirkungen des Baus und des Betriebs von Biomasseanlagen. Dem Prinzip nach lehnt sich die Methode an diejenige zur Prüfung der Auswirkungen des Biomasseanbaus an, die im Folgenden dargestellt wird.

5.2.1 Flächeninanspruchnahme

Räumliche Auswirkungen des Biomasseanbaus sind insbesondere in Form von Auswirkungen auf die Umwelt (vgl. z. B. Schultze/Köppel 2007; SRU 2007; Uckert/Schuler/Matzdorf et al. 2007; Hildebrandt/Ammermann 2010; Bundesamt für Naturschutz 2010) und aus Konkurrenzen und Synergien zu erwarten, die mit anderen Landnutzungen, einschließlich anderen Formen der landwirtschaftlichen Produktion, entstehen können (vgl. z. B. Wiehe/Rode 2007: 101; Heißenhuber/Demmeler/Rauh 2008; BMELV 2009: 9 f.).

Eine überschlägige Flächenbilanz der beiden Szenarien (vgl. Tab. 4) zeigt für das Fallbeispiel der Planungsregion Westsachsen zunächst, dass mit der aktuellen landwirtschaftlichen Nutzfläche hinreichend Fläche zur Verfügung steht, um sowohl Nahrungs- und Futtermittel als auch Biomasse für die energetische Verwertung, die in der Region zur Versorgung mit Strom und Wärme benötigt werden, überwiegend regional zu produzieren.

In der Bilanz wurde für die Fläche, die für die Produktion von Nahrungs- und Futtermitteln benötigt wird, pauschal 0,2 ha pro Einwohner angesetzt, da die genaue aktuelle Verteilung aller Fruchtarten und Anbausysteme unbekannt ist und die künftige Nahrungsmittelproduktion nicht Gegenstand der Untersuchung war. Der Flächenbedarf für die Bereitstellung von Energie aus Biomasse wurde zunächst auf Grundlage des Anlagenmixes des jeweiligen Szenarios berechnet. Weiterhin wurden die Flächenanteile der in beiden Szenarien unterschiedlich in Anspruch genommenen bevorzugten bzw. geeigneten Anbauggebiete bedacht, um etwaige geringere oder höhere faktische Flächenbedarfe aufgrund höherer oder geringerer mittlerer Erträge berücksichtigen zu können.

5.2.2 Umweltauswirkungen

Aus der Tatsache, dass hinreichend Fläche zur Verfügung steht, folgt allerdings nicht automatisch, dass ein Anbau von Biomasse in den Dimensionen der Szenarien überall und in jedem Fall konfliktfrei ist oder gestaltet werden kann.

Die Erheblichkeit der zu erwartenden raumbedeutsamen Auswirkungen auf die Umwelt, genauer auf die Umweltgüter (§ 2 UVPG) bzw. Landschaftsfunktionen (vgl. von Haaren 2004: 79 ff.) oder Ökosystemdienstleistungen (vgl. MEA 2005: vi) wurde flächendeckend nach dem Prinzip der ökologischen Risikoanalyse geprüft (vgl. Jessel/Tobias 2002: 252 ff.). Dabei werden der jeweiligen Beeinträchtigungsbzw. Aufwertungsintensität einer Nutzung (hier: Fruchtart, Anbausystem, Biomasseanlage) die jeweilige Empfindlichkeit einer Landschaftsfunktion gegenübergestellt und daraus das (hier fruchtartenspezifische) ökologische Risiko für jede einzelne Landschaftsfunktion bestimmt. Die Risiken für die einzelnen Landschaftsfunktionen wurden zu gebiets-spezifischen Gesamtrisiken (hier des Anbaus einer Fruchtart) aggregiert (vgl. Tab. 5).

Inhaltlich konnte für die Anwendung des Prinzips wesentlich auf die sächsischen und westsächsischen Planungs-

Tab. 5 Bestimmung des ökologischen Risikos des Anbaus verschiedener Fruchtarten/Anbausysteme am Beispiel der Wassererosion. (Quelle: Eigene Darstellung nach RPV (2007) und RPV (2008a) [Z 4.4.4, G 9.1.8, Z 3.3–5]; DIN (2004) und DIN (2005)*)

		Wassererosion					
		Beeinträchtigungsintensität / Ackerkultur / Nutzungsform					
		0	I	II	III	IV	V
		GL	AGr/ KUP	Getr.	ZKN		Mais
Empfindlichkeit	I						
	II						
	III						
	IV						
	V						

GL = Dauergrünland, AGr = Ackergras, KUP = Kurzumtriebsplantage, Getr. = Getreide, ZKN = Zweikulturnutzung

* Für Kurzumtriebsplantagen und Zweikulturnutzungssysteme wurde die Beeinträchtigungsintensität aus der Bestandsentwicklung, der Bodenbedeckung und der Bewertung anderer Fruchtarten abgeleitet.

erheblich positive Umweltauswirkung keine erhebliche Umweltauswirkung keine erhebliche Umweltauswirkung bei Einhaltung von Auflagen erheblich negative Umweltauswirkung (hier nicht vertreten)

unterlagen zurückgegriffen werden. Zuvorderst war der Fachbeitrag „Naturschutz und Landschaftspflege“ (Landschaftsrahmenplan) (RPV 2007) zentral zur Einschätzung der Empfindlichkeiten. Die Methode, mit der das Prinzip für die Prüfung möglicher Umweltauswirkungen der Bioenergiebereitstellung operationalisiert wurde, wurde aus der Methode zur Strategischen Umweltprüfung des Regionalplans Westsachsen weiterentwickelt (RPV 2008b). Unterschiede bestehen in der Berücksichtigung auch positiver Umweltauswirkungen, in dem geringeren Aggregationsniveau und in der Aggregationsregel zum Gesamtrisiko, die besagt, dass die raumspezifisch jeweils gravierendste Einzelbewertung den Ausschlag gibt und mithin übernommen wird. Als Bewertungsmaßstab dienen die umweltbezogenen Grundsätze, Ziele und Erfordernisse der Regional- und Landschaftsplanung.

Im Ergebnis stehen landschaftsfunktionsspezifische Gebiete, in denen der Anbau der Fruchtart (bzw. der Bau und Betrieb einer Biomasseanlage):

- zu erheblich negativen Umweltauswirkungen führen kann,
- zu erheblich negativen Umweltauswirkungen führen kann, die aber durch bestimmte Nutzungsaufgaben oder Einschränkungen, welche über die gute fachliche Praxis (oder baurechtliche Vorgaben) hinausgehen, erheblich minimiert werden können,
- zu keinen erheblichen Umweltauswirkungen führt oder
- zu erheblich positiven Umweltauswirkungen führt.

Aus der Aggregation zum Gesamtrisiko wurden fruchtartenspezifische Gunst-, Restriktions- und Ausschlussräume gebildet.

In der Planungsregion Westsachsen zeigen sich insbesondere die Auen als Ausschlussräume des Biomasseanbaus, da die Nutzungsumwandlung von Grünland in Ackerland und Kurzumtriebsplantagen zu erheblich negativen Umweltauswirkungen führen kann. In anderen Räumen können erheblich negative Umweltauswirkungen einer ackerbaulichen Nutzung durch Extensivierung dieser weitestgehend ausgeschlossen werden. Gunsträume lassen sich lediglich für die Grünlandnutzung und die Anlage von Kurzumtriebsplantagen in insbesondere erosionsgefährdeten Räumen darstellen.

5.2.3 Konkurrenz

Inwieweit die Biomasseproduktion in Konkurrenz zu anderen Raumnutzungen bzw. Zweckbestimmungen treten kann, wurde anhand der Ordnungs- und Entwicklungsvorstellungen der Planungsregion Westsachsen bemessen, zuvorderst an den Zielen (bzw. Vorranggebieten) und Grundsätzen (bzw. Vorbehaltsgebieten) des Regionalplans. Gegenstand der Untersuchung waren konkret beispielsweise die Vorrang-

gebiete Wasserressourcen, vorbeugender Hochwasserschutz sowie die Vorrang- und Vorbehaltsgebiete Waldmehrung und Naturschutzgebiete. In einer Wirkungsanalyse wurden die Auswirkungen des Anbaus der jeweiligen Rohstoffe den Raumnutzungen und ihren Dispositionen argumentativ gegenübergestellt. Zur Bewertung der Wirkungszusammenhänge wurden neben allgemeinen Einschätzungen aus der Fachliteratur und aus dem regionalen Expertenworkshop regionsspezifische Quellen wie zum Beispiel der Umweltbericht zum Regionalplan (RPV 2008b), Schutzgebietsverordnungen, gesetzliche und untergesetzliche Bestimmungen herangezogen. Durch Abwägen der positiven und negativen Auswirkungen auf die jeweilige Nutzung wurde der Anbau der Rohstoffe letztendlich mithilfe einer vierstufigen Skala ähnlich der Prüfung der Umweltauswirkungen bewertet. Im Ergebnis wurden vier Gebietskategorien bestimmt. Das sind beispielsweise Gebiete, in denen der Anbau eines bestimmten Rohstoffs die dem entsprechenden Raum zugrunde liegende Zielstellung positiv befördern würde (etwa Kurzumtriebsplantagen in „Gebieten zur Erhaltung und Verbesserung des Wasserrückhaltes“) oder aber Gebiete, in denen der Anbau eines Rohstoffes nicht mit der zugrunde liegenden Zielstellung vereinbar und deshalb ausgeschlossen ist (etwa Mais in „Vorranggebieten für vorbeugenden Hochwasserschutz“).

Das Ergebnis der Untersuchung zeigt, dass die Waldholzrestnutzung die wenigsten Konkurrenzen hervorruft. Große Konkurrenzen sind hingegen zu erwarten zwischen der Biomasseproduktion und dem Gewässerschutz sowie dem Schutz von Natur und Landschaft. Der Anbau in Naturschutzgebieten ist beispielsweise nur sehr eingeschränkt möglich. Ein Großteil der untersuchten Konkurrenzen kann allerdings durch Restriktionen eingeschränkt bzw. beseitigt werden. Dies sind teilweise räumliche Beschränkungen, oft bedeuten sie eine Extensivierung der Landwirtschaft.

6 Konsequenzen und Diskussion: ein Biomasseentwicklungskonzept

Mit den entwickelten Methoden ist es möglich, Potenziale einer Region für die Bioenergiebereitstellung räumlich und sachlich differenziert aufzuzeigen und die räumlichen Konsequenzen möglicher Entwicklungen in der Gesamtschau sowie spezifische mögliche Umweltauswirkungen und Flächenkonkurrenzen abzubilden. Die Methode ist aus dem planungsmethodischen Repertoire weiterentwickelt und planungspraktisch angelegt. Bei vergleichbar guter Datenlage und bei vergleichbarer Aktualität und inhaltlicher Breite der Regional- und der zugehörigen Umweltplanung dürfte sie auch für andere Regionen adaptiert und dort angewandt werden können.

Weiterentwicklungsbedarf besteht vor allem in einer umfassenderen und konsequenteren Berücksichtigung aller Inhalte, die für die Bioenergiebereitstellung von Bedeutung sind. In der Prüfung der Umweltauswirkungen nicht berücksichtigt wurden beispielsweise Fragen des Klimawandels. Nur beschränkt berücksichtigt wurden Fragen des Landschaftscharakters bzw. der Kulturlandschaftsqualitäten. Zwar wurden die Auswirkungen auf den Landschaftscharakter fruchtartenspezifisch geprüft, der Sache nach und in Anlehnung an die entsprechenden Bewertungen des „Fachbeitrags Naturschutz und Landschaftspflege“ zum Regionalplan (Landschaftsrahmenplan) sind sie jedoch auf Landschaftsräume bezogen. Alle übrigen Prüfungen sind auf Flächen bzw. Gebiete bezogen. Aus diesem Grund konnten die Ergebnisse nicht in die Gesamttaggregation einbezogen werden.

Dieser Schwächen unbenommen liefert die Methode die Bausteine, den Handlungsbedarf, der aus einer gesteigerten Bioenergiebereitstellung regional entsteht, zu diskutieren, die absehbare Entwicklung konzeptionell und aktiv zu gestalten sowie geeignete Instrumente zu identifizieren, mit denen gewünschte Entwicklungen forciert und unerwünschten entgegengewirkt werden kann (vgl. Gaasch/Starick/Klößner et al. 2011).

Zwar zeigt sich, dass die Entwicklung eines integrierten Biomasseentwicklungskonzeptes in einem finalen Plan aufgrund der hohen Vielfalt an Rohstoffen und an Technologien nicht praktikabel ist. Als realisierbar erweist sich jedoch ein Biomasseentwicklungskonzept als flexibles Instrument in Form eines planerischen Rahmens, der Fachbeiträge zu Potenzialen und Auswirkungen mit Strategien und Zielen verknüpft. Ein Mittel zur Formulierung der Strategien und Ziele sind Szenarien. Vorteil ist unter anderem, dass es, so gestaltet, auch bei technologischen und landwirtschaftlichen Weiterentwicklungen in weiten Teilen Gültigkeit behält und mit verhältnismäßig geringem Aufwand ergänzt werden kann. Weiter gedacht, kann es einen Beitrag zu einem Regionalen Energiekonzept bzw. zu Regionalen Konzepten zur Entwicklung erneuerbarer Energien liefern und als Mittel der Verständigung und Aushandlung, Beratung und Positionierung dienen.

Abbildung 1 fasst die planerischen Schritte zu einem Biomasseentwicklungskonzept zusammen. Im Fachbeitrag „Naturschutz und Landschaftspflege“ werden Ausschluss-, Restriktions- und Gunstgebiete dargestellt, die sich nach flächendeckender Prüfung der Umweltauswirkungen für den Anbau verschiedener Fruchtarten und für verschiedene Anbausysteme ergeben. Der Fachbeitrag „Raumnutzungen“ bildet analog Restriktions-, Gunst- und Ausschlussgebiete ab, die sich aus der Analyse der Flächenkonkurrenzen ergeben. Daneben liefert die Untersuchung der Potenziale einen Fachbeitrag „Landwirtschaft“, in dem die besonderen Eignungen der Region für den Anbau verschiedener Fruchtarten

und Anbausysteme aufbereitet sind, sowie einen Fachbeitrag „Infrastruktur“, der die Möglichkeiten der Region zeigt, die infrastrukturellen Anforderungen verschiedener Technologien zu bedienen.

Szenarien, wie sie auf Grundlage der räumlichen Potenziale argumentativ entwickelt wurden, ermöglichen einen praktikablen Zugang, um Entwicklungslogiken und -perspektiven der Bioenergiebereitstellung zu verstehen. Im Gegensatz zu den verbreiteten quantitativen Szenarien auf Basis technischer Potenziale (vgl. Kaltschmitt/Thrän 2009: 10 ff.) sind sie auf eine Verräumlichung angelegt, mit der mögliche Entwicklungen differenziert veranschaulicht werden können. Quantitäten beinhalten sie im Ergebnis auch. Ihnen liegen allerdings keine so komplexen Berechnungen zugrunde, wie sie quantitativen Szenarien eigen sind. Sie vermitteln weniger Faktizität. In Anbetracht der Unbestimmtheit räumlicher Entwicklungen, insbesondere auch bei einer gesteigerten Bioenergiebereitstellung, und durch die Vielzahl weicher Faktoren, die die Entwicklung der Bioenergiebereitstellung auch über die in den Szenarien betrachteten Faktoren hinaus bestimmen (z. B. Akteurskonstellationen in der Region und die Risikobereitschaft bzw. das Innovationsverhalten der Landwirte, vgl. z. B. Uckert/Siebert/Spocht 2009), ist die Genauigkeit möglicherweise jedoch hinreichend, wenn nicht angemessen.

Im Fallbeispiel machen die Szenarien deutlich, dass das Gestaltungspotenzial vor allem von den Bedingungen für eine anvisierte räumliche Strategie bestimmt wird, beispielsweise von der Orientierung auf bestimmte Technologien und Anlagengrößen. Diese nehmen Einfluss darauf, wie der Raum in Anspruch genommen wird und inwieweit damit bestimmte (energetische Versorgungs-)Ziele erreicht werden können.

Zunächst unabhängig von der Frage der instrumentellen Verankerung öffnet die Szenarientwicklung mit einem Schwerpunkt auf dem Gestaltungspotenzial den Raum für die Diskussion von Ziel- bzw. Richtungsentscheidungen. Wesentlich sind dabei die Prämissen, die den Szenarien zugrunde gelegt werden und der Umgang mit den voraussichtlichen Umweltauswirkungen und Flächenkonkurrenzen, die sie hervorrufen können.

Derartige Entscheidungen wurden im Fallbeispiel in ein Zielsystem überführt, das die wesentlichen Aspekte für die Umsetzung einer aus regionalplanerischer Sicht räumlich nachhaltigen Bioenergiebereitstellung zusammenfasst und systematisiert. Das Zielsystem ist dabei nicht als statisches Konstrukt zu verstehen. Vielmehr bildet es einen planungsrelevanten Handlungsrahmen für die Träger der Regionalplanung ab, in dessen Grenzen Entscheidungen getroffen werden sollen.

Dass die entwickelten Szenarien gerade keine Faktizität vermitteln, macht sie und die ihnen zugrunde liegenden Argumente möglicherweise regionalen Diskursen besser

zugänglich. Mithin könnten sie auch ein geeignetes Mittel sein, *Governance*-Prozesse rund um das Thema zu unterstützen. Inwieweit sie dafür tatsächlich geeignet sind und inwieweit die Szenarienentwicklung selbst stärker noch partizipativ ausgestaltet werden kann, bleibt allerdings zu erproben. Davon unbenommen erscheinen sie geeignet, eine Lücke zu schließen, die die verbreiteten quantitativen Szenarien auf Grundlage der technischen Potenziale belassen. Potenziale für eine konzeptuelle Weiterentwicklung liegen möglicherweise in einer stringenteren Kombination beider Ansätze.

Danksagung Wir danken den Mitarbeitern der regionalen Planungsstellen Westsachsen und Uckermark-Barnim für die konstruktive Zusammenarbeit. Allen voran danken wir Manfred Friedrich, Katrin Klama und Andreas Fennert (jetzt: IFE Eriksen AG) für die fachlich kompetente Begleitung des Projektes und die vielen Anregungen, die wesentlich zur Methodenentwicklung beigetragen haben. Den Kolleginnen vom Deutschen Biomasseforschungszentrum (DBFZ), allen voran Dr. Daniela Thrän (jetzt auch: Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung, UFZ), Katja Bunzel (jetzt: UFZ) und Ulrike Seyfert (jetzt: Bundesamt für Naturschutz), danken wir für Bereicherung mit Wissen zu den verschiedensten Technologien, ohne die die Untersuchung weit- aus weniger differenziert und facettenreich ausgefallen wäre, sowie für den kritischen Diskurs nicht zuletzt um das Für und Wider qualitativer und quantitativer Szenarien. Wir bedanken uns bei den Mitarbeitern des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR), insbesondere bei Lars Porsche und Alexander Wacker, die uns kontinuierlich mit Rat und Tat zur Seite standen. Gefördert wurde das Projekt durch das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS).

Literatur

- BMELV (Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz); BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit) (Hrsg.) (2009): Nationaler Biomasseaktionsplan für Deutschland. Beitrag der Biomasse für eine nachhaltige Energieversorgung. Berlin.
- BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit) (Hrsg.) (2007): Das Integrierte Energie- und Klimaprogramm der Bundesregierung. Online unter: http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/hintergrund_meseberg.pdf (letzter Zugriff am 09.10.2011).
- BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit) (Hrsg.) (2008): Leitstudie 2008. Weiterentwicklung der „Ausbaustrategie Erneuerbare Energien“ vor dem Hintergrund der aktuellen Klimaschutzziele Deutschlands und Europas. Berlin. Online unter: <http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/leitstudie2008.pdf> (letzter Zugriff am 09.10.2011).
- BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit) (Hrsg.) (2010): Nationaler Aktionsplan der Bundesrepublik Deutschland für erneuerbare Energie gemäß der Richtlinie 2009/28/EG zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen. Online unter: <http://www.erneuerbare-energien.de/inhalt/46202/4590/> (letzter Zugriff am 09.10.2011).
- BMVBS (Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung) (Hrsg.) (2010): Globale und regionale Verteilung von Biomasepotenzialen. Status-quo und Möglichkeiten der Präzisierung. Berlin. = BMVBS-Online-Publikation 27/2010. Online unter: http://www.bbsr.bund.de/cln_016/nn_629248/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/BMVBS/Online/2010/ON272010.html (letzter Zugriff am 09.10.2011).
- Bundesamt für Naturschutz (Hrsg.) (2010): Bioenergie und Naturschutz. Synergien fördern, Risiken vermeiden. Bonn. Online unter: http://www.bfn.de/fileadmin/MDB/documents/themen/erneuerbareenergien/bfn_position_bioenergie_naturschutz.pdf (letzter Zugriff am 02.09.2011).
- DBFZ (Deutsches Biomasseforschungszentrum) (Bearb.) (2009): Infrastrukturelle Standortanforderungen ausgewählter Bioenergiepfade und deren Erfüllung in der Region Westsachsen. Arbeitspapier zum Szenarienworkshop am 16./17. Juni 2009, Rittergut Adelwitz (unveröffentlicht).
- DBFZ (Deutsches Biomasseforschungszentrum) (Hrsg.) (2010): Bioenergie heute und morgen – 11 Bereitstellungskonzepte. Sonderheft zum DBFZ-Report. Leipzig. Online unter: http://www.dbfz.de/web/fileadmin/user_upload/Userupload_Neu/bereitstellungskonzepte_dlweb.pdf (letzter Zugriff am 04.05.2011).
- Destatis (Statistisches Bundesamt) (2009): Hektarerträge ausgewählter landwirtschaftlicher Feldfrüchte – Jahressumme – regionale Tiefe: Kreise und krfr. Städte. Erntestatistik Regionaldatenbank Deutschland GENESIS der Statistischen Ämter des Bundes und der Länder. Wiesbaden. Online unter: <https://www.regionalstatistik.de/genesis/online/online> (letzter Zugriff am 27.05.2009).
- DIN (Deutsches Institut für Normung) (2004): DIN 19706. Bodenbeschaffenheit – Ermittlung der Erosionsgefährdung von Böden durch Wind. Beuth, Berlin.
- DIN (Deutsches Institut für Normung) (2005): DIN 19708. Bodenbeschaffenheit – Ermittlung der Erosionsgefährdung von Böden durch Wasser mit Hilfe der ABAG. Beuth, Berlin.
- DRL (Deutscher Rat für Landespflege) (2006): Die Auswirkungen erneuerbarer Energien auf Natur und Landschaft. Gutachtliche Stellungnahme und Ergebnisse des gleichnamigen Symposiums vom 19./20. Oktober 2005. Berlin. = Schriftenreihe des Deutschen Rates für Landespflege, Nr. 79.
- Ebel, G.; Adam, L. (2007): Aktuelle und potenzielle Pflanzen für die Biogaserzeugung im Land Brandenburg. In: Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim (Hrsg.): Energiepflanzen im Aufwind. Wissenschaftliche Ergebnisse und praktische Erfahrungen zur Produktion von Biogaspflanzen und Feldholz. Fachtagung 12.-13. Juni 2007. Potsdam, 61–74. = Bornimer Agrartechnische Berichte, Nr. 61.
- Fritsche, U. R.; Wiegmann, K. (2005): Potenziale und Szenarien künftiger Biomassenutzung. In: *Natur und Landschaft* 80, 9/10, 396–399.
- Fürst, D.; Mäding, H. (2011): Raumplanung unter veränderten Verhältnissen. In: Akademie für Raumforschung und Landesplanung (ARL) (Hrsg.): Grundriss der Raumordnung und Raumentwicklung. Hannover, 11–75.
- Gaasch, N.; Starick, A.; Klöckner, K.; Möller, I.; Müller, K.; Matzdorf, B. (2011): Sicherung einer nachhaltigen Bioenergiebereitstellung. Räumlicher Steuerungsbedarf und Steuerungsmöglichkeiten durch die Regionalplanung. In: *Informationen zur Raumentwicklung* 5/6, 339–353.
- Gausemeier, J.; Fink, A.; Schlake, O. (1996): Szenario-Management. Planen und Führen mit Szenarien. München, Wien.
- Grünewald, H.; Wöllecke, J.; Schneider, B. U.; Hüttl, R. F. (2005): Alley-Cropping als alternative Folgenutzung von Kippenstandorten. In: *Natur und Landschaft* 80, 9/10, 440–443.
- Grünewald, K.; Bastian, O. (2011): Ökosystemdienstleistungen analysieren – begrifflicher und konzeptioneller Rahmen aus landschaftsökologischer Sicht. In: *Geoöko* 31, 4, 50–82.

- Haaren, von C. (2004): Landschaftsplanung. Stuttgart.
- Heißenhuber, A.; Demmeler, M.; Rauh, S. (2008): Auswirkungen der Konkurrenz zwischen Nahrungsmittel- und Bioenergieproduktion auf Landwirtschaft, Gesellschaft und Umwelt. In: Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis 17, 2, 23–30.
- Henze, A., Scheuermann, A.; Schweinle, J.; Thrän, D.; Weber, M.; Zeddies, J. (2006): Biomass Supply. In: Thrän, D.; Weber, M.; Scheuermann, A.; Fröhlich, N.; Thoroe, C.; Schweinle, J.; Zeddies, J.; Henze, A.; Fritsche, U. R.; Jenseit, W.; Rausch, L.; Schmidt, K. (Hrsg.): Sustainable Strategies for Biomass Use in the European Context. Analysis in the Charged Debate on National Guidelines and the Competition between Solid, Liquid and Gaseous biofuels. Leipzig, 52–160. = IE-Report, No. 01/2006.
- Hildebrandt, C.; Ammermann, K. (2010): Energieholzanbau auf landwirtschaftlichen Flächen. Auswirkungen von Kurzumtriebsplantagen auf Naturhaushalt, Landschaftsbild und biologische Vielfalt. Anbauanforderungen und Empfehlungen des BfN. Leipzig. Online unter: http://www.bfn.de/fileadmin/MDb/documents/themen/erneuerbareenergien/bfn_energieholzanbau_landwirtschaftliche_flaechen.pdf (letzter Zugriff am 02.09.2011).
- Jessel, B.; Tobias, K. (2002): Ökologisch orientierte Planung. Eine Einführung in Theorien, Daten und Methoden. Stuttgart.
- Kaltschmitt, M.; Thrän, D. (2009): Biomasse im Energiesystem. In: Kaltschmitt, M.; Hartmann, H.; Hofbauer, H. (Hrsg.): Energie aus Biomasse. Grundlagen, Techniken und Verfahren. Berlin, Heidelberg, 7–36.
- Knoblich, T. J.; Scheytt, O. (2009): Zur Begründung von Cultural Governance. In: Aus Politik und Zeitgeschichte 8, 34–39.
- Kosow, H.; Gaßner, R. (2008): Methoden der Zukunfts- und Szenarioanalyse. Überblick, Bewertung und Auswahlkriterien. Berlin. = Werkstattbericht des Instituts für Zukunftsstudien und Technologiebewertung, Nr. 103. Online unter: http://www.izt.de/fileadmin/downloads/pdf/IZT_WB103.pdf (letzter Zugriff am 09.08.2011).
- KTBL (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft) (2005): Faustzahlen für die Landwirtschaft. Münster-Hiltrup.
- KTBL (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft) (2008): Betriebsplanung Landwirtschaft 2008/09. Daten für die Betriebsplanung in der Landwirtschaft. Darmstadt.
- KTBL (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft); ATB (Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim) (2006): Energiepflanzen. Daten für die Planung des Energiepflanzenanbaus. KTBL-Datensammlung mit Internetangebot. Darmstadt, Potsdam.
- LfUG (Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie) (2008): Bodenbewertungsinstrument Sachsen. Dresden.
- LfULG (Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie) (2009): Planungs- und Bewertungsdaten. Dresden. Online unter: <http://www.landwirtschaft.sachsen.de/Landwirtschaft/254.htm> (letzter Zugriff am 10.10.2011).
- Marks, R.; Müller, M. J.; Leser, H.; Klink, H.-J. (Hrsg.) (1992): Anleitung zur Bewertung des Leistungsvermögens des Landschaftshaushaltes (BA LVL). Trier. = Forschungen zur Deutschen Landeskunde, Band 229.
- MEA (Millennium Ecosystem Assessment) (2005): Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. Washington, DC. Online unter: <http://www.millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf> (letzter Zugriff am 10.10.2011).
- MLUV (Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg) (2008): Datensammlung für die Betriebsplanung und die betriebswirtschaftliche Bewertung landwirtschaftlicher Produktionsverfahren im Land Brandenburg. Ackerbau/Grünlandwirtschaft/Tierproduktion. Potsdam.
- Müller, K.; Matzdorf, B.; Gaasch, N.; Klöckner, K.; Möller, I.; Starick, A.; Brandes, J.; Bunzel, K.; Pätz, C.; Parker, N.; Wacker, A. (2010): Raumverträgliche Bioenergiebereitstellung. Steuerungsmöglichkeiten durch die Regionalplanung. Berlin. = BMVBS-Online-Publikation, Nr. 29. Online unter: http://www.bbsr.bund.de/cln_016/nn_629248/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/BMVBS/Online/2010/DL_ON292010,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/DL_ON292010.pdf (letzter Zugriff am 08.10.2011).
- Müller, K.; Werner, A.; Zander, P.; Uckert, G.; Schuler, J.; Hufnagel, J.; Glemnitz, M.; Sattler, C. (2005): Wege zur naturschutzgerechten Erzeugung von Energiepflanzen für Biogasanlagen: Verfahren, Betriebe, Rahmenbedingungen. Endbericht zum Projekt der Deutschen Bundesstiftung Umwelt, AZ 23559–33/0. Münchenberg.
- Neumann, I. (2005): Strategische Szenarioplanung von Städten und Regionen zwischen Wissensgenerierung und Orakeln. Eine theoretische Einführung. In: Neumann, I. (Hrsg.): Szenarioplanung in Städten und Regionen. Theoretische Einführung und Praxisbeispiele. Dresden, 13–15.
- Nitsch, J.; Krewitt, W.; Nast, M.; Viebahn, P.; Gärtner, S.; Pehnt, M.; Reinhardt, G.; Schmidt, R.; Uihlein, A.; Barthel, C.; Fishedick, M.; Merten, F. (2004): Ökologisch optimierter Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland. Forschungsvorhaben im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, FKZ 901 41 803. Stuttgart, Heidelberg, Wuppertal.
- Reinhardt, G.; Scheurlen, K. (2004): Naturschutzaspekte bei der Nutzung erneuerbarer Energien. Endbericht des F+E-Vorhabens FKZ 801 02 160 des ifeu (Institut für Energie- und Umweltforschung). Heidelberg, Potsdam.
- Rode, M. (2005): Energetische Nutzung von Biomasse und der Naturschutz. In: Natur und Landschaft 80, 9/10, 403–412.
- RPV (Regionaler Planungsverband Westsachsen) (2007): Fachbeitrag Naturschutz und Landschaftspflege zum Regionalplan der Planungsregion Westsachsen. Stand: 5. September 2007. Leipzig.
- RPV (Regionaler Planungsverband Westsachsen) (2008a): Regionalplan Westsachsen 2008. Teil 1: Festlegungen mit Begründungen. Leipzig.
- RPV (Regionaler Planungsverband Westsachsen) (2008b): Regionalplan Westsachsen 2008. Teil 2: Umweltbericht. Leipzig.
- Schultze, C.; Köppel, J. (2007): Gebietskulissen für den Energiepflanzenanbau? Steuerungsmöglichkeiten der Planung. In: Naturschutz und Landschaftsplanung 39, 9, 269–272.
- Scholles, F. (2008): Szenariotechnik. In: Fürst, D.; Scholles, F. (Hrsg.): Handbuch Theorien und Methoden der Raum- und Umweltpolitik. Dortmund, 380–393.
- Shearer, A. W. (2005): Approaching scenario-based studies: three perceptions about the future and considerations for landscape planning. In: Environment and Planning B: Planning and Design 32, 67–87.
- Simon, S. M. (2006): Szenarien nachhaltiger Bioenergiepotenziale bis 2030 – Modellierung für Deutschland, Polen, Tschechien und Ungarn. München.
- SLL (Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft) (2006): Landwirtschaftliche Biomasse. Potenziale an Biomasse aus der Landwirtschaft des Freistaates Sachsen zur stofflich-energetischen Nutzung. Dresden. Online unter: http://www.smul.sachsen.de/lfl/publikationen/download/2760_1.pdf (letzter Zugriff am 09.10.2011).
- SMUL (Sächsisches Ministerium für Umwelt und Landwirtschaft) (2009): Hintergrundpapier zu den Zielen der künftigen Klimaschutz- und Energiepolitik des Freistaates Sachsen. Dresden. Online unter: <http://www.landwirtschaft.sachsen.de/umwelt/download/Hintergrundpapier.pdf> (letzter Zugriff am 09.10.2011).
- SRU (Sachverständigenrat für Umweltfragen) (2007): Klimaschutz durch Biomasse. Sondergutachten. Berlin.

- Starick, A.; Gaasch, N. (2008): Interner Szenarienworkshop des Leibniz-Zentrums für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) und des Deutschen Biomasseforschungszentrums (DBFZ) im Rahmen des Projektes „Globale und Regionale Biomassepotenziale – Status Quo und Möglichkeiten der Präzisierung“ am 5. November 2008 in Müncheberg. Dokumentation. Müncheberg.
- Steinmüller, K. (2009): Virtuelle Geschichte und Zukunftsszenarien. Zum Gedankenexperiment in Zukunftsforschung und Geschichtswissenschaft. In: Popp, R.; Schüll, E. (Hrsg.): *Zukunftsforschung und Zukunftsgestaltung. Beiträge aus Wissenschaft und Praxis*. Berlin, 145–160.
- Stiens, G. (1998): Prognosen und Szenarien in der räumlichen Planung. In: Akademie für Raumforschung und Landesplanung (ARL) (Hrsg.): *Methoden und Instrumente räumlicher Planung*. Hannover, 113–145.
- STLA (Statistisches Landesamt des Freistaates Sachsen) (Hrsg.) (2008): *Vierte regionalisierte Bevölkerungsprognose für den Freistaat Sachsen bis 2020, Sonderheft 2008*.
- STLA (Statistisches Landesamt des Freistaates Sachsen) (o.J.): *Statistik des Freistaates Sachsen*. www.statistik.sachsen.de (Zugriff am 29.04.2009).
- Uckert, G.; Schuler, J.; Matzdorf, B.; Lorenz, J.; Hucke, I.; Hildebrand, S. (2007): *Grünes Gold im Osten?! Flächenansprüche von Biomassepfaden durch klimabedingte Ausbauziele und Handlungsoptionen für die Raumordnung. Endbericht zum Forschungsprojekt „Kulturlandschaftliche Wirkungen eines erweiterten Biomasseanbaus für energetische Zwecke*. Müncheberg. Online unter: http://z2.zalf.de/oa/BBR_Endbericht_Biomasse.pdf (letzter Zugriff am 02.09.2011).
- Uckert, G.; Siebert, R.; Specht, K. (2009): *Zustandsbericht zur aktuellen Umsetzung von Bioenergie auf landwirtschaftlichen Betrieben – eine Befragung Brandenburger Landwirte. Abschlussbericht zum Forschungsprojekt „Wissensvermittlung zur regenerativen Energieerzeugung – Checklisten als Instrument zur Erhebung des umsetzbaren Potenzials sowie zur unabhängigen Beratung in der Landwirtschaft“ am Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung, FKZ 22020305*. Müncheberg. Online unter: <http://z2.zalf.de/oa/58496016-5b18-466b-8da4-2f547e41bf2e.pdf> (letzter Zugriff am 11.10.2011).
- Wiechmann, T. (2005): *Die Planung des Unplanbaren? Emergent-adaptive Ansätze strategischer Planung in deutschen Regionen*. In: Neumann, I. (Hrsg.): *Szenarioplanung in Städten und Regionen. Theoretische Einführung und Praxisbeispiele*. Dresden, 36–49.
- Wiehe, J.; Rode, M. (2007): *Auswirkungen des Anbaus von Pflanzen zur Energiegewinnung auf den Naturhaushalt und andere Raumnutzungen*. In: Bayerische Akademie der Wissenschaften (Hrsg.): *Energie aus Biomasse: Ökonomische und ökologische Bewertung. Rundgespräch am 19. März 2007*. München, 101–113. = *Rundgespräche der Kommission für Ökologie, Band 33*.
- ZALF (Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung) (2009a): *Steuerung der Biomasseproduktion. Ergebnisse aus einer bundesweiten Befragung der für die Regionalplanung zuständigen Stellen*. Müncheberg.
- ZALF (Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung) (2009b): *Szenarien zur räumlichen Verteilung der Biomasseproduktion in der Planungsregion Westsachsen. Ergebnisse aus einem projekt-internen Szenarienworkshop vom 16. und 17. Juni 2009 in Adelwitz, Westsachsen*.
- ZALF (Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung) (2009c): *Dokumentation des Regionalen Experten-Workshops am 26. August 2009 in Leipzig*.
- Zweck, A.; Miles, I.; Keenan, M.; Clar, G.; Svanfeldt, C. (Hrsg.) (2002): *Praktischer Leitfaden für die regionale Vorausschau in Deutschland*. Luxemburg (Veröffentlichung der Generaldirektion Forschung der Europäischen Kommission).
- Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 25. Juni 2005 (BGBl. I S. 1757, 2797), zuletzt durch Artikel 7 des Gesetzes vom 22. Dezember 2008 (BGBl. I S. 2986) geändert.