

Abschlussbericht

**Teilprojekt des IÖW
im Rahmen des Verbundvorhabens
„DENDROM -
Systemische Analyse, Leitbilder und Szenarien für die
nachhaltige energetische und stoffliche Verwendung von
Dendromasse aus Wald- und Feldgehölzen“**

Förderkennzeichen 0330580C

Projekt im Rahmen des Programms „Nachhaltige Waldwirtschaft“

gefördert vom

Bundesministerium für Bildung und Forschung

Bearbeitung:

Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW) GmbH (gemeinnützig)

Potsdamer Str. 105, 10785 Berlin

Projektleitung: Dr. Bernd Hirschl

Laufzeit:

Juni 2005 bis Mai 2008

Berlin, 22. Dezember 2008

Inhaltsverzeichnis

Kurze Darstellung	3
1 Aufgabenstellung	3
2 Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde	5
3 Planung und Ablauf des Vorhabens	5
4 Wissenschaftlicher Stand, an den angeknüpft wurde	6
5 Zusammenarbeit mit anderen Stellen	6
Eingehende Darstellung	8
6 Erzielte Ergebnisse	8
6.1 Modul 3.2 LCA-basierter von Dendromasse	8
6.1.1 Übergreifende Fragestellungen	8
6.1.2 Spezifische Fragestellungen	9
6.1.3 Methodische Vorgehensweise	9
6.1.4 Analyse zum Stand der Wissenschaft und Technik.....	10
6.2 Modul 4.3 Ökologisch-ökonomische Bewertung	12
6.3 Modul 4.4 Zukunftsprodukte	16
6.4 Modul 4.5 Internationale Aspekte	25
6.5 Modul 2.2 Nutzungsorientierte Konditionierung	26
6.6 Modul 4.1 Clusteranalyse	27
6.7 Modul 5.1 Szenarien und Leitbilder	29
6.8 Modul 5.3 Koordination	34
7 Voraussichtlicher Nutzen	35
7.1 Genereller Erkenntnisgewinn und Zielerreichung des Vorhabens	35
7.2 Wissenschaftliche und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit	38
8 Veröffentlichungen	39
9 Literatur	41

Kurze Darstellung

1 Aufgabenstellung

Die Nachfrage nach Biomasse hat in den letzten Jahren deutlich zugenommen und wird voraussichtlich aufgrund der politischen Rahmbedingungen und des Anstiegs der Preise fossiler Energieträger auch zukünftig weiter wachsen. Daraus resultiert eine zunehmende Divergenz von wachsender Biomasse-Nachfrage durch energetische (Strom, Wärme, Kraftstoffe) und auch stoffliche (Holzwerkstoffe, Papier) Nutzungsformen auf der einen Seite und sinkendem Angebot an entsprechenden Sortimenten aus dem Wald auf der anderen Seite fest. Bei dieser – vorwiegend energetisch bedingten - Biomassenachfrage nimmt der Rohstoff Holz eine wichtige Stellung ein. Für den Projektkontext wurde daher der Begriff Dendromasse (DM) eingeführt, mit dem in Analogie zur Biomasse der Teil des lebenden Holzes bezeichnet wird, der in Wäldern und auf landwirtschaftlichen Nutzflächen wächst und vorwiegend einer nicht-stofflichen Nutzung zugeführt wird.

Hintergrund für die prognostizierte und schon stattfindende Dynamik sind Nachfragesteigerungen in den folgenden drei energierelevanten Bereichen:

- Die derzeit größte Nutzung von Bioenergie, im Speziellen von Dendromasse erfolgt im Bereich der Wärmeerzeugung. Ein weiterer Ausbau ist hier politisch angestrebt, denn ohne die Stimulierung des Wärmebereichs wird es in Deutschland und EU-weit schwierig werden, die politisch gesetzten Ausbauziele Erneuerbarer Energien zu erreichen.
- Im Verstromungsbereich hat es bereits durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) eine signifikante Zunahme der Holznutzung gegeben, die nach der geplanten Novellierung des EEG noch weiter zunehmen wird.
- Zudem gibt es mit den Biokraftstoffen einen dritten großen Bereich, in dem eine steigende Nachfrage nach Holz zu erwarten ist. Die Nachfrage nach Biomasse nimmt gegenwärtig bereits durch die Steuerbegünstigung für Biokraftstoffe aus Pflanzenölen, Bioethanol und den jeweiligen Derivaten zu. Perspektivisch werden Produkte aus thermochemischer Zersetzung (Pyrolyse und Vergasung) hinzukommen, die ebenfalls zu biogenen Treib- und Kraftstoffen (Biomass-to-Liquid (BtL), Designerfuels aus Synthesegasen) weiterentwickelt werden können. Diesem Technologiepfad wird ebenfalls ein großes Potenzial bescheinigt. Durch die Planung des Baus einer Anlage zur Herstellung von BtL-Kraftstoffen in Schwedt, Brandenburg, durch die Fa. Choren Industries hat dieser Nutzungspfad für das Projekt eine besondere Bedeutung erhalten.

Für die Forstwirtschaft liegen einerseits ökonomische Chancen in der beschriebenen Dynamik, gleichzeitig deuten sich aber Zielkonflikte bezüglich einer naturnahen Waldwirtschaft an. Diese Konflikte stehen für grundsätzlich abzuwägende Zielkonflikte im Rahmen der Nationalen Nachhaltigkeitsstrategie zwischen dem klima- und energiepolitisch erforderlichen Ausbau

der Nutzung erneuerbarer Energien einerseits und der umweltpolitisch erforderlichen naturnahen Waldbewirtschaftung andererseits.

Das Vorhaben geht also davon aus, dass die Nachfrage nach Dendromasse auch weiterhin steigen wird. Ein Teil des Bedarfs wird durch Aktivierung von Holzreserven aus dem Wald gedeckt werden können, der jedoch zur Deckung der Gesamtnachfrage nicht ausreichend ist. Daher kommt dem Anbau schnellwachsender Gehölze auf landwirtschaftlichen Flächen (Agrarholz) eine große Bedeutung zu, wodurch die erforderlichen Mengen für zukünftige industrielle Anwendungen zuverlässig geliefert und im Vergleich zu krautigen Energiepflanzen in ökologisch vorteilhafterer Weise bereitgestellt werden können.

Das Verbundvorhaben DENDROM hat diesen Zusammenhang in systemischer, interdisziplinärer Weise analysiert und für die beschriebenen Dynamiken, Zielkonflikte und Gestaltungsoptionen Leitbilder und Szenarien entworfen, aus denen politisch strategische Empfehlungen für eine nachhaltige Bereitstellung und Nutzung von Dendromasse abgeleitet wurden.

Diese Aufgabenstellung wurde durch ein interdisziplinäres und erfahrenes Verbundkonsortium bestehend aus Forschungseinrichtungen, Unternehmen und Praxisnetzwerken, regionalen Akteuren, Behörden und weiteren Stakeholdern bearbeitet, um zu praxisrelevanten, transdisziplinären Ergebnissen zu gelangen.

Das Projekt untersuchte neben den beschriebenen grundsätzlichen Fragestellungen der nachhaltigen Bereitstellung und Nutzung des Zukunftsrohstoffes Dendromasse in zwei Vertiefungen quer zu den Modulen spezielle Aspekte und erzeugt spezifische Ergebnisse: Zum einen wurde der Zukunftsrohstoff Dendromasse, seine Bereitstellung, Umweltrelevanz, etc. für die innovative Zukunftstechnologie der Vergasung und die daraus herstellbaren Biokraftstoffe (Biomass-to-Liquid BtL) näher untersucht. Hierfür waren maßgebliche Netzwerke und Unternehmen (Choren, Volkswagen AG) als assoziierte Partner eingebunden. Zum zweiten wurden die Forschungsfragen konkret für Modellregionen in Brandenburg untersucht, da in Brandenburg geeignete Bedingungen in Bezug auf Akteure und Aktivitäten vorliegen.

Das Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW) bearbeitete in dem Verbundvorhaben ökonomische und ökologische Analysen und politische Strategien für die an Nachhaltigkeit orientierte Transformation von Märkten, Produkten und Verfahren. Der Querschnittscharakter dieser Aufgaben und das integrierte Gesamtkonzept des Vorhabens führten dazu, dass das IÖW die Federführung mehrerer Module übernommen hat und in einigen weiteren Modulen des Projekts mitarbeitet. Außerdem arbeitete das IÖW in der Steuerungsgruppe des Gesamtprojekts mit.

Die Federführung bzw. Mitarbeit wurde in den folgenden Modulen übernommen:

Modul 3.2 LCA-basierter Vergleich von Dendromasse (Federführung)

Modul 4.3 Ökologisch-ökonomische Bewertung (Federführung)

Modul 4.4 Zukunftsprodukte (Federführung)

Modul 4.5 Internationale Aspekte (Federführung)

Modul 2.2 Nutzungsorientierte Konditionierung (Mitarbeit)

Modul 4.1 Clusteranalyse (Mitarbeit)

Modul 5.1 Szenarien und Leitbilder (Mitarbeit)

Modul 5.3 Koordination (Mitarbeit)

2 Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde

An dieser Stelle werden kurz die wesentlichen institutionellen Voraussetzungen sowie zentrale strukturelle Elemente (inkl. der beteiligten Personen) des Projekts dargestellt.

Das Vorhaben wurde am IÖW unter der Teilprojektleitung von Dr. Bernd Hirschl von den Wissenschaftlern Dr. Astrid Aretz, Alexandra Dehnhardt und nachfolgend Jan Philipp Schägner sowie Michael Steinfeldt bearbeitet.

Durch die weitere und fortlaufende Einbindung der beteiligten wissenschaftlichen Mitarbeiter in weitere Aktivitäten des IÖW profitierte nicht nur das Teilvorhaben sondern auch das Gesamtvorhaben in inhaltlicher Hinsicht, umgekehrt konnten auf diese Weise die Arbeiten, Methoden und Ergebnisse des Vorhabens in das Institut hineingetragen werden. Außerdem konnte dadurch der Einfluss interdisziplinären Wissens und Arbeitens, der in den Projekten des IÖW im Regelfall immanent ist, im vorliegenden Projekt gewinnbringend genutzt werden.

Die Zusammenarbeit im Rahmen der Steuerungsgruppe erfolgte während der gesamten Projektlaufzeit regelmäßig mit dem gesamten Team und in Abhängigkeit von einzelnen Teilthemen auch in unterschiedlichen Teilkonstellationen. In diesem Rahmen wurden strategische Ausrichtungen des Projekts diskutiert, organisatorische Fragen erörtert und wichtige inhaltliche Schlussfolgerungen thematisiert.

Das IÖW hat sich mit seinen Arbeiten im Verbundvorhaben, seinen Veröffentlichungen und Vorträgen gut in dem für das Institut neuen Thema Agrarholz positionieren können und konnte seinen Wissenstand und seine Kompetenzen zu den angrenzenden Wissensgebieten Wald/Forst und Landwirtschaft deutlich ausbauen und damit die wissenschaftliche Anschlussfähigkeit herstellen. Durch die kontinuierliche Zusammenarbeit hat sich das IÖW mit den zahlreichen Verbundpartnern intern sowie externe mit den Partnerverbänden im Programm Nachhaltige Waldwirtschaft sehr gut vernetzen können.

3 Planung und Ablauf des Vorhabens

Die verschiedenen Fragestellungen werden im Rahmen von DENDROM mit einem transdisziplinären Team in verschiedenen Modulen bearbeitet. Dabei sind die Module zum einen in thematischen Säulen gebündelt, zum anderen gibt es integrative Bausteine, in denen die Ergebnisse in iterativer Weise einfließen. Dies gilt sowohl für Bewertungsbausteine, Modellierungen als auch für die Entwicklung von Szenarien. Die Abbildung 1 verdeutlicht die Struktur des Verbundvorhabens. Markiert sind darin die Module, die das IÖW koordiniert oder in denen es mitgearbeitet hat. Die thematischen Säulen beziehen sich auf spezifische Aspekte, die der Produktion (Anbau) von Dendromasse, technisch-logistischen Fragen sowie ökologischen Fragen zuordnen lassen. In den ersten beiden eher technisch orientierten Säulen

werden zudem betriebswirtschaftliche Fokussierungen vorgenommen. Die vierte Säule behandelt regional- und volkswirtschaftliche Ebenen, sozio-ökonomische Effekte und Marktanalysen hinsichtlich der Akteure, Zukunftsprodukten sowie internationale Aspekte. In der fünften, der Querschnitts-Säule, werden schließlich die Ergebnisse nahezu aller Module integriert und aggregiert und in partizipativer Weise zu Szenarien verdichtet.



Abbildung 1: Überblick über Module des Gesamtvorhabens DENDROM

4 Wissenschaftlicher Stand, an den angeknüpft wurde

Zum Stand des Wissens in Bezug auf die einzelnen Module wird auf die Ausführungen in den einzelnen Modulberichten sowie auf den Ergebnisbericht des Gesamtvorhabens verwiesen. Eine ausführliche Liste verwendeten Literatur und Quellen befindet sich in den jeweiligen Anhängen der Veröffentlichungen.

5 Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Im Laufe des Vorhabens wurde die Zusammenarbeit mit zahlreichen universitären wie außeruniversitären Einrichtungen aufgenommen bzw. intensiviert. Dabei sind an erster Stelle die Koordination des Verbundvorhabens sowie die beteiligten Verbundpartner zu nennen:

- FH Eberswalde (FHE)
- Landesforstanstalt Eberswalde (LFE)
- BTU Cottbus (BTU)

- Institut für Agrartechnik Bornim (ATB)
- Internat. Institut für Wald u. Holzwirtschaft (IIWH)
- Fördergesellschaft Erneuerbare Energien (FEE)
- Technische FH Wildau (TFHW)
- Brandenburgische Energie- und Technologieinitiative Brandenburg (ETI)
- Choren Industries
- Kompetenzzentrum HessenRohstoffe (HeRo)
- Zentrum für Agrar- und Landschaftsforschung (ZALF)
- Potsdam Institut für Klimafolgenforschung (PIK)
- Volkswagen AG
- Energieholz Dr. Falk Brune, sowie drei landwirtschaftlichen Betrieben.

Durch die phasenweise stark empirisch ausgerichtete wissenschaftliche Arbeit konnte im Rahmen der zahlreichen Interviews der Kontakt zu Akteuren des Clusters *Forst und Holz* in Brandenburg hergestellt werden.

Darüber hinaus ergaben sich über die durchgeführten Veranstaltungen (Workshops und Konferenzen) gute Kontakte und Vernetzungen. Als ausgewählte Kontaktpartner, mit denen auch über das Projekt hinaus Aktivitäten entwickelt wurden, können an dieser Stelle genannt werden:

- Büro für Technikfolgenabschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB)
- Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ)
- Universität Hannover, Institut für Umweltplanung (IUP)
- Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung (IZT)
- Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Institut für Forstökonomie
- Universität Hohenheim, Institut für Landschafts- und Pflanzenökologie

Eingehende Darstellung

6 Erzielte Ergebnisse

Die im Rahmen des Projekts erzielten Ergebnisse wurden laufend in verschiedenen Veröffentlichungen (siehe dazu die Auflistung der Veröffentlichungen in Kapitel 8) und zusammenfassend in dem Dendrom-Verbundendbericht dargestellt. Wegen der engen Verzahnung mit anderen Modulen und der angestrebten kompakten und in sich geschlossenen Darstellung der Gesamtergebnisse im Verbundendbericht ist eine Auswahl an Modulergebnissen getroffen worden, die im Verbundendbericht dargestellt wurde. Darüber hinaus sind alle vorgesehenen Arbeitspakete gemäß dem Antrag bearbeitet worden. In den folgenden Modulbeschreibungen werden Verweise auf die bereits im Endbericht sowie die in den regelmäßigen Zwischenberichten an den Auftraggeber beschriebenen Ergebnisse gegeben und die darüber hinaus bearbeiteten Arbeitspakete ausführlich dargestellt.

6.1 Modul 3.2 LCA-basierter von Dendromasse

Ziel dieses Moduls war es, eine Beurteilung und eine vergleichende Darstellung der Umweltwirkungen der energiebezogenen Nutzung von Dendromasse insbesondere aus Kurzumtriebsplantagen systemisch an konkreten Anwendungskontexten mit Hilfe vergleichender ökobilanzieller Betrachtungen vorzunehmen. Die Berücksichtigung unterschiedlicher zeitlicher Perspektiven der Dendromassenutzung erfolgte durch die Betrachtung unterschiedlicher Nutzungspfade.

6.1.1 Übergreifende Fragestellungen

Diese sehr umfängliche Fragestellung bringt eine Anzahl an einzelnen Teilzielen mit sich, zu denen die Beantwortung folgender Fragen gehört:

- Wie ökologisch sind die einzelnen Nutzungspfade von Dendromasse im Vergleich zu konventionellen fossilen Brennstoffen / Nutzungen bzw. im Vergleich zu anderen biogenen Rohstoffen?
- Welche Nutzungspfade von Dendromasse sind unter Umweltaspekten zu bevorzugen?
- Soll aus Umweltsicht Dendromasse eher zur Produktion von BTL-Kraftstoffen, anderen Kraftstoffen, oder Ökostrom bzw. „grüner“ Wärme genutzt werden?
- Welche Biomasse soll überhaupt auf einer Fläche produziert werden?

6.1.2 Spezifische Fragestellungen

Der Fokus der Untersuchungen wurde auf die Erzeugung von Agrarholz aus Kurzumtriebsplantagen gelegt, da sich hier für Brandenburg die größten noch erschließbaren Potenziale abzeichnen. Gegenüber anderen Energieträgern ist die Agrarholzerzeugung in Plantagen durch einige spezifische Besonderheiten gekennzeichnet, die in den vorliegenden Ökobilanzstudien zumeist nur pauschalisiert Berücksichtigung finden.

Die Erzeugung von Dendromasse erfolgt in einem diskontinuierlichen Anbau (jeweils über mehrere Jahre) und in einer jahreszeitlich konzentrierten Ernte (Wintermonate), wohingegen „fossile“ Energieträger kontinuierlich gefördert werden. Die Ernte von Agrarholz erfolgt jahreszeitlich konzentriert in einem kleinen Zeitfenster im Winter, wohingegen die Nutzung der Dendromasse in den meisten Szenarien kontinuierlich über das ganze Jahr verteilt bzw. erst im darauf folgenden Winter in definierten Produktqualitäten zu erfolgen hat. Diese Produktqualitäten müssen durch geeignete Konditionierung (insbesondere Lagerung und Trocknung) in Kombination mit geeigneten Erntetechnologien sichergestellt werden.

Außerdem sind die Erträge von Agrarholz stark vom Transpirationswasserangebot (TWA) abhängig (vgl. Projektmodul Ertragsmodellierung), wohingegen die Höhe der Erträge von landwirtschaftlichen Konkurrenzpflanzen stark von den natürlichen Standortbedingungen, charakterisiert durch die Ackerzahl, bestimmt werden. Gerade für das Land Brandenburg ist dieser Aspekt von großer Relevanz, da viele Flächen den Landbaugebieten III und IV mit eher geringen Ackerzahlen zuzuordnen sind.

Unter Berücksichtigung dieser Besonderheiten ergeben sich folgende spezifische Fragen:

- Welchen Stellenwert besitzen die Phasen Anbau und Pflege sowie unterschiedliche Logistikketten auf die Gesamtökobilanz von Agrarholz?
- Wie groß ist der Einfluss unterschiedlicher TWA auf die Gesamtökobilanz von Agrarholz?
- Wie ist die Konkurrenzsituation zu anderen landwirtschaftlichen Biomassen zu beurteilen?

6.1.3 Methodische Vorgehensweise

Die dargestellten Fragestellungen lassen sich mit dem Instrument der Ökobilanz beantworten, die weit entwickelt ist und eine normierte Methode zur Bewertung der mit einem Produkt verbundenen Umweltaspekte und produktspezifischen potenziellen Umweltwirkungen darstellt. Betrachtet werden hierbei insbesondere

- die In- und Outputflüsse (Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe, Energie sowie Abfälle, Abwasser, Luftemissionen und
- potenzielle Umweltwirkungen (z.B. Treibhauseffekt, Versauerung) der betrachteten Systeme
- entlang seines gesamten Lebensweges.

Aus diesem Grund orientierten sich die Projektarbeiten an der Vorgehensweise und den Erfordernissen bei Ökobilanzen nach EN ISO 14040 (1997). Das Untersuchungskonzept

dieses Projektbausteines bringt es mit sich, dass keine vollständige Ökobilanz nach ISO-Norm angefertigt wird, bei der bspw. die Einbindung eines externen Review-Prozesses vorgeschrieben ist. Im einzelnen waren folgende Arbeitsschritte vorgesehen:

AP 1: Festlegung des Ziels und des Untersuchungsrahmens

AP 2: Erstellung der Sachbilanz

AP 3: Wirkungsabschätzung

AP 4: Auswertung

AP 5: Koordination – Transfer - Bericht

Vor der eigentlichen Erstellung der Ökobilanz wurde eine Recherche zum Stand der Wissenschaft und Technik vorgeschaltet, die einen Überblick über die verfügbare Datenbasis geliefert hat, die entsprechend in die Erstellung der Ökobilanz Eingang gefunden hat. Die Ergebnisse dieser Recherche sind in Kapitel 6.1.4 dargestellt.

Für die Erstellung der Ökobilanzen wurde mit der etablierten Bilanzierungssoftware „GEMIS - Globales Emissions-Modell Integrierter Systeme“ Lebenszyklusanalysen für den Anbau, Ernte, Logistik und Verwertung von Agrarholz gearbeitet. Die in der zugehörigen Datenbank vorhandenen Datensätze wurden mit den im Projekt neu generierten Ergebnissen aktualisiert und in verschiedenen Prozessstufen detaillierter erfasst als die bis dahin in GEMIS implementierten Datensätze. Die Methode bei der Erstellung der Ergebnisse sowie die Ergebnisse selbst wurden in engem Austausch mit Projektpartnern aus DENDROM erstellt, sowie projektintern als auch mit externen Experten aus anderen Projekten des Forschungsprogramms (z.B. mit Bearbeitern des Moduls LCA aus dem Projekt Agrowood) diskutiert und qualitätsgesichert. Die Datensätze sowie der Ergebnisbericht wurden den Autoren der GEMIS-Datenbank zur Verfügung gestellt, wodurch sichergestellt wird, dass das neu gewonnene Wissen in die Ökobilanzforschung Eingang findet.

Die Ergebnisse dieses Moduls sind ausführlich im Verbundendbericht dargestellt, auf den an dieser Stelle verwiesen wird.

6.1.4 Analyse zum Stand der Wissenschaft und Technik

Ökobilanzen wurden zuerst für Konsumgüter und Industrieprodukte erstellt. Methodische Weiterentwicklungen und Spezifizierungen führten dazu, dass die Methodik auch in den Bereichen Land- und Forstwirtschaft Anwendung findet. So gab es schon 1997 Veröffentlichungen zu Ökobilanzen im Bereich Holz (DGfH 1997). Geier (2000) hat einen sehr weit reichenden Vorschlag zur Handhabung der relevanten Wirkungskategorien für den Bereich Landwirtschaft erarbeitet. Des Weiteren wurden für Aspekte wie Flächennutzung (Schweinle 2000; Schweinle 2002) und Naturschutzfragen beim Energiepflanzenanbau (IFEU/ISU 2004) Konkretisierungen und Bewertungsinstrumente entwickelt.

Eine hohe Relevanz für das Projekt DENDROM besitzen darüber hinaus die vorliegenden Studien zur Nutzung von Biomasse als erneuerbare Energieträger, die ihren Fokus auf ökologische Bewertungsfragen gelegt haben. Wesentliche Akteure zur Erstellung derartiger Studien sind:

- Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER), Universität Stuttgart (vgl. bspw. Eltrop/Moerschner 2004; Kruck/Eltrop 2004; Briem et al. 2004; FNR 2005)
- Institut für Energetik und Umwelt gGmbH (IE), Leipzig (vgl. bspw. Kaltschmitt et al 2003; Kaltschmitt/Hartmann 2002; Scholwin et al. 2006)
- Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS), Karlsruhe (vgl. Leible et al. 2003)
- Öko-Institut, Darmstadt (vgl. bspw. Fritsche et al. 2004)
- Institut für Energie- und Umweltforschung (ifeu), Heidelberg (vgl. BMU 2004; Reinhardt et al. 2006)
- Wuppertal Institut für Klima, Umwelt und Energie (vgl. BMU 2004; Arnold et al. 2006)

Die genannten Studien untersuchen das Thema nachhaltige energetische Biomassenutzung eher systemisch bzw. an Hand ausgewählter Biomassesortimente. Bei der Bewertung spielen neben ökologischen Kriterien zumeist auch technische und ökonomische Kriterien und teilweise auch soziale Aspekte (bspw. Beschäftigungseffekte) eine Rolle. Sie umfassen außerdem eine Abschätzung der erwartbaren Potenziale der Biomassenutzung.

Der Umfang untersuchter Biomassen sowie deren energetische Nutzungstechnologien ist recht unterschiedlich und hängt von der jeweiligen konkreten Aufgabenstellung der Studie ab.

Fritsche et al. (2004) richten das Hauptaugenmerk bei der ökologischen Bewertung bspw. auf energierelevante Aspekte und bewerten verschiedene Biomasse-Nutzungsoptionen. Die Studie lieferte außerdem ca. 1.800 neue Datensätze zur Biomassenutzung. Diese Datensätze sind im Programm GEMIS bzw. in der Datenbank ProBas integriert. In der Studie vom BMU (2004) werden hingegen ausgewählte Ökobilanzen bearbeitet, deren Betrachtung und Bewertung anhand einer Normierung erfolgt. Grundlage bilden hierbei die jeweiligen Emissionen bzw. Aufwendungen der konventionellen Anwendung, die als Vergleichsgröße dienen.

Auch in der Studie von Kaltschmitt/Hartmann (2002) werden von den Co-Autoren Moerschner et al. ökobilanzielle Betrachtungen durchgeführt, um die ökologischen Vor- und Nachteile von Biomasse als Energieträger gegenüber anderen erneuerbaren und fossilen Energieträgern zu bestimmen.

Bei Leible et al. (2003) werden im eigentlichen Sinne keine Ökobilanzen, sondern eher Produktlebenswegbetrachtungen durchgeführt. Hier liegt der Fokus der Untersuchungen auf der Analyse der Wärme- und Strombereitstellung der vielfältig möglichen biogenen Rest- und Abfallstoffe unter Berücksichtigung fossiler Referenzsysteme. Lebenszyklusanalysen zukünftiger Stromerzeugungstechniken ist ebenfalls der Inhalt der Studie von Briem et al. (2004).

Die Studie von Kruck/Eltrop (2004) konzentriert sich auf die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien und analysiert in diesem Kontext ökonomische und ökologische Aspekte im Hinblick auf eine nachhaltige Energieversorgung in Deutschland. Ein Fokus auf die Potenziale der Holzenergienutzung wird bei Eltrop/Moerschner (2004) gelegt. Specht et al. (2004) untersuchen die Potenziale und die Herstellung von Kraftstoffen aus Biomasse. Vorliegende Informationen (vgl. Baitz et al. 2004) zur Ökobilanz von SunDiesel nach dem Choren-Verfahren im Vergleich zu konventionellem Dieselmotorkraftstoff geben erste Einblicke zur Bewertung neuartiger Technologien. Hierzu zählen auch Ökobilanz-Studien zu Bioethanol und BTL (vgl. Bernhardt 2006; Reinhardt et al. 2006). Strategisch bewertet werden die Perspektiven synthetischer Kraftstoffe auf Basis fester Biomasse in einer aktuellen Studie von Arnold et al.

(2006) für das Bundesland NRW. Im Rahmen einer Machbarkeitsstudie für neue Umweltzeichen untersuchten Hoffmann et al. (2002) sehr detailliert den Bereich von Holzpelletfeuerungen.

Vorliegende Studien (bspw. FAL 2000) zur Bewertung von Verfahren der landwirtschaftlichen Produktion beziehen bei der Bilanzierung nur die Luftemissionen CO₂, CH₄, NH₃ und N₂O mit ein.

Die aktuelle Vergleichsstudie zu Biokraftstoffen (FNR 2006) fokussiert im Umweltbereich stark auf die Betrachtung des Aspektes der Einsparung von Treibhausgasen.

Gerade die für die Anbauphase relevanten Aspekte wie aquatische Eutrophierung, Trinkwasserqualität und Arten- und Biotopvielfalt, die gerade bei dem geplanten Vergleich von Dendromasse mit landwirtschaftlicher Biomasse eine große Rolle spielen können, werden zumeist noch nicht berücksichtigt und sind noch vertieft zu untersuchen. Ansätze hierzu sind bei Scholz et al. (2004) zu finden, in dem umweltrelevante Nährstoffe sowie Schwermetalle und deren ökologische Effekte im Bereich Biomassennutzung differenzierter untersucht wurden.

Die Ergebnisse der Ökobilanzen, die die Festlegung des Ziels und des Untersuchungsrahmens, die Erstellung der Sachbilanzen, die Wirkungsabschätzung und die vergleichende Auswertung umfassen, sind ausführlich im Endbericht des Verbundvorhabens dargestellt.

Weitere Ausführungen zu der Methode der Ökobilanz wurden bzw. werden auch in den folgenden Veröffentlichungen dargestellt.

- 📖 Steinfeldt, M.: Ökologische Bewertung des Zukunftsrohstoffs Agrarholz, in: Anbau und Nutzung von Bäumen auf landwirtschaftlichen Flächen (Hrsg: T. Reeg), Weinheim, in Vorbereitung.
- 📖 Steinfeldt, M.: Ökologische Bewertung des Zukunftsrohstoffs Dendromasse, in: AFZ-DerWald, 62. Jg. (2007) Heft 21, S. 1136-1137, 2007.

6.2 Modul 4.3 Ökologisch-ökonomische Bewertung

Das Modul 4.3 „ökologisch-ökonomische Bewertung“ orientiert sich an einer zukünftig steigenden Nachfrage nach Dendromasse und der Möglichkeit einer daraus resultierenden, erheblichen Ausweitung des Agrarholzanbaus. Neben den Auswirkungen auf den Klimaschutz sowie auf landwirtschaftliche Betriebe, sind eine Reihe weiterer Umweltgüter betroffen. Weiterhin sind einzel- und regionalwirtschaftliche Effekte zu berücksichtigen, woraus Zielkonflikten resultieren können. Analysiert und bewertet wurden die zu erwartenden ökologisch-ökonomischen Konsequenzen einer Ausweitung des Agrarholzanbaus in Brandenburg. Beispiele hierfür sind die Auswirkungen auf Biodiversität, Landeswasserhaushalt und Landschaftsästhetik. Ob die einzelnen Auswirkungen als positiv oder als negativ zu bewerten sind, hängt von dem Ausmaß der Landnutzungsänderung, der Standortwahl, den gewählten Anbauverfahren und insbesondere von den verdrängten Landnutzungsformen ab.

Ziel des Moduls 4.3 war es, unterstützend bei der politischen Entscheidungsfindung mit zu wirken, um „optimale“ Gestaltungsoptionen für den Anbau von Agrarholz und konkurrierende Landnutzungen zu entwickeln. Hierzu wurden im Rahmen einer Nutzen-Kosten-Betrachtung einzelne Nutzen- und Kostenkomponenten identifiziert, die sich als Folge einer Ausweitung

des Agrarholzanbaus ergeben. Anschließend wurden diese bewertet, um sie gegeneinander abzuwiegen (siehe hierzu: Verbundendbericht, Kapitel M. „Monetäre Bewertung ökologischer Leistungen des Agrarholzanbaus“, Tabelle 1).

Dabei wurden insbesondere folgende Fragestellungen berücksichtigt:

Betriebliche Auswirkungen der Managementalternativen (Kostenseite; Berücksichtigung veränderter Nachfragepotenziale für Holzvermarktung)

Die Auswirkungen von Managementalternativen sowie mögliche Nachfragepotenziale flossen durch Vorarbeiten im Rahmen der Module 3.2, 4.2, die wiederum u.a. auf Ergebnissen der Module 1.2, 1.4 und 2.1 aufbauten, in die Ergebnisse des Moduls 4.3 ein. Durch die Managementalternativen wurden vielfach ökonomische und ökologische Auswirkungen des Agrarholzanbaus beeinflusst; insbesondere der Beitrag zum Klimaschutz und die betriebswirtschaftlichen Ergebnisse der landwirtschaftlichen Betriebe, sowie auch Auswirkungen auf die Gewässerqualität und die Erosion nahmen hier eine wichtige Rolle ein. Zu einer ausführlichen Ergebnisdarstellung siehe Verbundendbericht, Kapitel M. „Monetäre Bewertung ökologischer Leistungen des Agrarholzanbaus“, Abschnitt 3.1, 3.2, 4.1 und 4.4.

Regionale Auswirkungen des Dendromasseanbaus

Regionale **Auswirkungen** des Agrarholzanbaus ergeben sich in vielfältigen ökonomischen und ökologischen Dimensionen. Während die Auswirkungen des Agrarholzanbaus auf den Klimaschutz als global anzusehen sind, ergeben sich weitere Auswirkungen vorrangig auf regionaler Ebene. Von besonderer Relevanz für die betroffenen Regionen können insbesondere die Auswirkungen auf die Regionalwirtschaft und die Landschaftsästhetik erachtet werden. Großflächiger Anbau von Agrarholz kann erhebliche Auswirkungen auf die regionale Wertschöpfung und Arbeitsnachfrage haben. Zudem sind Auswirkungen in vor- und nachgelagerten Wirtschaftssektoren zu erwarten. Weiterhin kann ein großflächiger Agrarholzanbau das Landschaftsbild regional grundlegend verändern, was je nach regionalen Gegebenheiten, sowohl positiv als auch negativ zu bewerten ist. Auch sonstige ökosystemare Auswirkungen, wie bspw. der Einfluss auf die Biodiversität, das Mikroklima und die Gewässerqualität, sind vorrangig als regional anzusehen. Zu einer ausführlichen Ergebnisdarstellung siehe Verbundendbericht, Kapitel M. „Monetäre Bewertung ökologischer Leistungen des Agrarholzanbaus“, Abschnitt 3.1 und 4.

Gesellschaftliche Wertschätzung der verschiedenen Managementalternativen – ökonomischer Nutzen

Die gesellschaftliche Wertschätzung der Managementalternativen – der soziale ökonomische Nutzen – ergibt sich aus dem Aggregat der individuellen Präferenzen bezüglich der im einzelnen bereitgestellten ökosystemaren Güter und Leistungen. Dieser umweltökonomische Bewertungsansatz folgt dem Grundsatz des *Total Economic Value*, der sich aus einzelnen Nutzen und Kostenkomponenten zusammensetzt. Die Präferenzstruktur der Gesellschaft determiniert, in wie weit einzelne Auswirkungen als Nutzen bzw. Kosten wahrgenommen werden. Somit ergibt sich die Wertschätzung der Gesellschaft aus der Summe der einzelnen Kosten- und Nutzenkomponenten der jeweiligen Managementalternative. Aufgrund der Komplexität dieses Themas und bestehender offener Forschungsfragen, die nicht durch die Literatur abgedeckt werden, ließen sich nicht zu allen Wirkungen monetäre Werte ermitteln. Die bedeutsamsten Nutzen- und Kostenkomponenten wurden dennoch monetär quantifiziert. Für weitere Auswirkungen des Agrarholzanbaus ließen sich, zumindest tendenziell, Aussa-

gen treffen, in wie weit das Nutzen-Kosten Verhältnis einer Landnutzungsänderung hin zu Agrarholz positiv oder negativ bewertet werden kann. Es lässt sich somit ableiten, welche Managementalternativen unter gegebenen Rahmenbedingungen und Annahmen als gesellschaftlich vorteilhaft anzusehen sind. Die Ergebnisse der Arbeiten werden in den Kapiteln 3 und 4 des Verbundendberichts, Kapitel M. „Monetäre Bewertung ökologischer Leistungen des Agrarholzanbaus“ dargestellt.

Ökologisch-ökonomische Bewertung des Wandels der Landnutzung

Im Rahmen der ökologisch-ökonomischen Bewertung wurden in einem ersten Schritt die einzelnen Nutzen- und Kostenkomponenten der untersuchten Managementalternativen identifiziert und anschließend ökonomisch bewertet. Hierzu wurde zunächst eine umfangreiche Literaturrecherche durchgeführt, um den Forschungsstand zur ökonomisch-ökologischen Bewertung des Anbaus von Agrarholz darzustellen. Daraufhin wurden in Zusammenarbeit mit den Projektpartnern die einzelnen Nutzen-Kostenkomponenten auf naturwissenschaftlicher Ebene soweit möglich quantifiziert. Anschließend wurden die Auswirkungen einer ökonomischen Bewertung unterzogen und soweit möglich monetäre Werte ermittelt. Die Ergebnisse der Arbeiten werden in den Kapiteln 3 und 4 des Verbundendberichts, Kapitel M. „Monetäre Bewertung ökologischer Leistungen des Agrarholzanbaus“ dargestellt.

Gesellschaftliche Vorstellungen über Waldentwicklung und Dendrowald: Nichtmonetäre Werte: Gesellschaftliche Vorstellungen und nicht monetäre Werte waren von besonderer Bedeutung für die Entwicklung realistischer Szenarien für die zukünftige Dendromasse-Bereitstellung. Derartige Werte wurden aus der Literatur, durch Workshops und durch Einschätzungen von Experten bestimmt. Sie beinhalten u.a. Restriktionen für die Dendromasse-Bereitstellung aus dem Bereichen Naturschutz, Landschaftsbild und Gewässerhydrologie. Die Ergebnisse hierzu werden in Kapitel O. „Szenarien und Handlungsempfehlungen“ des Dendrom Endberichts dargestellt.

Im Einzelnen wurden insbesondere folgende Elemente bewertet:

Die Nutzung von landwirtschaftlichen Flächen für die Holzproduktion

Die Nutzung der landwirtschaftlichen Flächen für die Holzproduktion wurde im Rahmen einer ökologisch- erweiterten Nutzen-Kosten-Analyse bewertet. Um die Auswirkungen auf das gesellschaftliche Wohlfahrtsniveau abzubilden, ist es notwendig im Sinne einer *with/ without* Abschätzung einen Status quo zu identifizieren, der durch den Anbau von Agrarholz verdrängt wird. Aufgrund der zu erwartenden Konkurrenzbeziehungen in der Flächenbewertung ist unter gegenwärtigen politischen Rahmenbedingungen davon auszugehen, dass der Anbau von Agrarholz vorrangig mit dem Anbau etablierter Energiepflanzen in Konkurrenz steht. Für die Bewertung wurde daher von einem Anbau von Mais, Getreide und Raps als Alternative für den Anbau von Agrarholz ausgegangen. Die Ergebnisse der Bewertung werden in den Kapiteln 3 und 4 des Verbundendberichts, Kapitel M. „Monetäre Bewertung ökologischer Leistungen des Agrarholzanbaus“ dargestellt.

Veränderung der Stoffflüsse auf der Fläche (in Abhängigkeit von den Bewirtschaftungsformen)

Die Auswirkungen des Landmanagements auf die Stoffflüsse wurden in vielerlei Hinsicht in der Bewertung berücksichtigt. So flossen, neben erwarteten Erträgen durch Biomasse, Stoffflüsse, wie bspw. die Verwendung von Dünger, Pflanzenschutzmittel und Energie, als Kosten

in die betriebswirtschaftliche Bewertung der einzelnen Landmanagementalternativen ein. Auch bei der ökologischen Bewertung waren Stoffflüsse von hoher Bedeutung. Für die Beeinflussung von Grundwasserneubildung und Mikroklima waren die Stoffflüsse der Niederschläge (Evaporation, Transpiration, Tiefensickerung, Interzeption) von Relevanz. Für die Bewertung der Klimagasbilanzen der betrachteten Landmanagementalternativen waren zunächst die Stoffflüsse von Biomasse sowie die Verwendung von Dünger, Pflanzenschutzmittel und Energie zu quantifizieren, so dass die Klimawirksamkeit der einzelnen Landmanagementalternativen ermittelt werden konnte. Weitere Stoffflüsse, die betrachtet wurden, waren der Verbleib von Nähr- und Schadstoffen sowie die Sedimentablagerung. Die Ergebnisse der Bewertung werden in den Kapiteln 3 und 4 des Verbundendberichts, Kapitel M. „Monetäre Bewertung ökologischer Leistungen des Agrarholzanbaus“ dargestellt.

Potenzielle Entlastung der existierenden Wälder im Hinblick auf den Nutzungsdruck (Biodiversitätserhalt bzw. Förderung, Gestaltung der Wälder), Balance zwischen Schutz und Nutzung

Im Allgemeinen wird erwartet, dass durch den Anbau und die Nutzung von Agrarholz der Nutzungsdruck auf andere Dendromasse bereitstellende Biotope abnimmt. Aufgrund des erhöhten Angebots an Dendromasse, welches durch den Anbau von Agrarholz herbeigeführt wird, ergeben sich preissenkende Tendenzen. Geringere Preise für Dendromasse führen tendenziell zu einem geringeren Nutzungsdruck auf andere Dendromasse bereitstellende Biotope, da sich nur Dendromassepotenziale mit geringeren Grenzproduktionskosten wirtschaftliche erschließen lassen. Derartige Entlastungswirkungen setzen allerdings voraus, dass die Nachfrage nach Dendromasse, resultierend aus dem Anbau von Agrarholz, nicht in dem Maße steigt, so dass ein potenziell positiver Effekt überkompensiert wird. Es ist jedoch zu erwarten, dass durch den Anbau von Agrarholz neue Absatzwege erschlossen werden und somit die Nachfrage nach Dendromasse stimuliert wird. Über den Gesamteffekt können daher nur qualitative spekulative Aussagen getroffen werden. Eine Entlastungswirkung kann eintreten, wenn die Nachfrage nach Dendromasse begrenzt ist.

Einzel- und regionalwirtschaftliche Effekte, Situation der landwirtschaftlichen Betriebe in den regionalen Kontexten

Die einzel- und regionalwirtschaftlichen Effekte sind von besonderer Bedeutung bei der Beurteilung und Umsetzbarkeit alternativer Landmanagementoptionen, da sie sich zum einen direkt auf einzelwirtschaftliche Entscheidungsträger in Form von Landwirten auswirken und zum anderen in Verbindung mit den regionalwirtschaftlichen Effekten in hohem Maße regionale Hemmnisse und Widerstände bei der Umsetzung von Anbaualternativen determinieren. Dementsprechend kam der Bemessung und Bewertung dieser Effekte eine hohe Bedeutung zu. Die Ergebnisse hierzu werden in den Kapiteln 3.1 und 4.1 des Verbundendberichts, Kapitel M. „Monetäre Bewertung ökologischer Leistungen des Agrarholzanbaus“ dargestellt.

Aufbau neuer Wertschöpfungsketten bzw. Veränderung der Wertschöpfungsketten (Biomasse)

Der großflächige Anbau von Agrarholz wird Auswirkungen auf die Regionalwirtschaft und die regionale Wertschöpfung haben. So ist zu erwarten, dass in den vor- und nachgelagerten Wirtschaftsbereichen neue Wertschöpfungsketten entstehen. Auf der anderen Seite ist mit Verdrängungseffekten zu rechnen. Mittel- bis langfristig werden vor- und nachgelagerte

Produktionsschritte von durch den Agrarholzanbau verdrängter landwirtschaftlicher Kulturen in den betroffenen Regionen weiter abnehmen bzw. abwandern. Es können allerdings keine positiven bzw. negativen Tendenzen festgemacht werden. Zwar kann davon ausgegangen werden, dass es auf betrieblicher Ebene zu einer Abnahme der Arbeitsnachfrage kommt, diese ist aber als äußerst gering anzusehen und kann von gegenläufigen Effekten überkompensiert werden. Im Allgemeinen wird der Effekt als eher gering eingeschätzt. Die Ergebnisse hierzu werden in den Kapiteln 3.1 und 4.1 des Verbundendberichts, Kapitel M. „Monetäre Bewertung ökologischer Leistungen des Agrarholzanbaus“ dargestellt.

Die Bewertung der Einzelelemente wurde im Rahmen der Szenarienentwicklung zusammengeführt und integriert und stellt somit einen wesentlichen Aspekt für die Entwicklung sinnvoller Szenarien für Anbau von Agrarholz dar. Zudem lassen sich Schlussfolgerungen über die Vorteilhaftigkeit der entwickelten Anbauszenarien ableiten. Die Ergebnisse hierzu werden in den Kapiteln 3 und 4 des Dendrom Endberichts, Kapitel M „Monetäre Bewertung ökologischer Leistungen des Agrarholzanbaus“ und Kapitel O. „Szenarien und Handlungsempfehlungen“ aufgeführt.

Die Bearbeitung erfolgte weitgehend gemäß der anfänglichen Planung bezüglich des zeitlichen Ablaufs und der Untergliederung in einzelne Arbeitspakete. So wurde in einem ersten Arbeitspaket die Dendromasseproduktion in der Testregion analysiert, woraufhin in weiteren Arbeitsschritten zu erwartende ökosystemare und ökonomische Auswirkungen identifiziert wurden, die sich als Folge einer erheblichen Ausweitung der Dendromasseproduktion ergeben. Auf Grundlage der zu erwartenden Folgen des Dendromasseanbaus ließen sich Leitlinien für die Identifikation von, aus gesamtwirtschaftlicher Sicht geeigneten, Flächen identifizieren und es ließen sich somit in Zuarbeit zur Entwicklung der Szenarien Potenziale für die Produktion ableiten. Mögliche Konflikte, die sich aus dem Anbau ergeben wurden u.a. im Rahmen von zwei Stakeholder Workshops mit Landwirten und Vertretern des Naturschutzes diskutiert. Die Workshops sowie bisherige Ergebnisse lieferten die Grundlage für die Entwicklung von Leitbildern des Agrarholzanbaus, welche wiederum im Rahmen der Szenarienentwicklung berücksichtigt wurden. In einem fünften Arbeitspaket wurde eine regionalwirtschaftliche Analyse der potenziellen Bedeutung von Dendromasseproduktion durchgeführt um die potenziellen Folgen des Dendromasseanbaus für die wirtschaftliche Entwicklung in Brandenburg zu untersuchen.

In einem abschließenden Arbeitspaket wurden die Ergebnisse der ökologisch-ökonomischen Bewertung im Rahmen einer ökologisch erweiterten Nutzen-Kosten-Analyse zusammengeführt. Hieraus ließen sich Implikationen für die abschließende Entwicklung der Szenarien herleiten sowie eine vergleichende Bewertung zum Status quo abschätzen.

6.3 Modul 4.4 Zukunftsprodukte

Die zukünftig steigende Nachfrage nach energetisch genutzter Biomasse kann mittel- bis langfristig zu einer gravierenden Transformation des gesamten Dendromasse-Clusters führen – in der energetischen wie stofflichen Nutzung. Dies ist zum einen auf veränderte energie- und klimapolitische Rahmensetzungen zurückzuführen, wodurch insbesondere energetisch verwertbare Produkte verstärkt nachgefragt werden wie z.B. Hackschnitzel, Pellets oder Biokraftstoffe. Dieser Trend wird die Entwicklung weiterer energiebezogener Produkte und Anwendungen fördern.

In diesem Sinne wurden unter Dendromasse-Zukunftsprodukten zum einen innovative, neue Produkte mit Marktpotenzial wie beispielsweise Biogase oder Biofuels (z.B. BtL-Technologie), zum anderen solche, die aufgrund der sich ggf. abzeichnenden Sortimentsveränderung zukünftig (wieder) in stärkerem Umfang eine Rolle spielen, verstanden.

Dabei wurde die Untersuchung nicht nur für Endprodukte und energetische Verwendungen, sondern explizit auch für Vor-, Zwischen- und Koppelprodukte stofflicher Verwendungen vorgenommen, da die Nutzung von Synergien in der Produktion (z.B. durch Koppelprodukte) sowie die Identifikation weiterer Absatzbereiche z.B. das Investitionsrisiko mindert und die Ertragssituation der DM-Produzenten, d.h. der Forst- und Agrarwirtschaft, stärkt. Zudem kann ggf. auch die ökologische Bilanz durch Nutzung von Koppelprodukten, Mehrfachnutzungen etc. verbessert werden. Vor diesem Hintergrund wird die zentrale Frage nach dem Spektrum und der Marktbedeutung von DM-Zukunftsprodukten untersucht. Für die Bearbeitung dieses Moduls waren folgende Arbeitspakete vorgesehen:

AP 1: Identifikation des gegenwärtigen Produktspektrums

AP 2: Zentrale Rahmenbedingungen und Nachfrageentwicklungen

AP 3: Koppelprodukte

AP 4: Neue DM-Produktentwicklungen / Vergasung / BtL


AP 5: Ökonomische Analyse

AP 6: Konzeptentwicklung Produktions- und Kooperationsstrategien

AP 7: Fokus Brandenburg

AP 8: Modulkoordination – Ergebnistransfer – Berichtslegung

Dazu wurden in einem ersten, den geplanten AP vorangestellten Schritt maßgebliche Biomassepotenzialanalysen analysiert und vergleichend gegenübergestellt und damit eine Grundlage für die weitere Bearbeitung dieses Moduls geschaffen. Die Ergebnisse wurden auf der 1. Fachtagung "Anbau und Nutzung von Bäumen auf landwirtschaftlichen Flächen" zusammen mit den Projektpartnern LFE und FHE vorgestellt und ein Beitrag zum Thema „Dendromassepotenziale – Vergleich von Potenzialstudien und neuere Ansätze“ für den Tagungsband verfasst. Eine detaillierte Ausarbeitung der Analyse wurde im 1. DENDROM-Diskussionspapier „Biomassepotenziale in Deutschland - Übersicht maßgeblicher Studienergebnisse und Gegenüberstellung der Methoden“ veröffentlicht.

 Aretz, A., Hirschl B.: Biomassepotenziale in Deutschland - Übersicht maßgeblicher Studienergebnisse und Gegenüberstellung der Methoden. 1. Dendrom-Diskussionspapier, 2007. http://www.dendrom.de/daten/downloads/Diskussionspapier_Potenzialanalyse_I%D6W.pdf

Das Diskussionspapier wurde zum kostenlosen Download auf der DENDROM-Homepage zur Verfügung gestellt und auch über den Newsletter des Förderschwerpunkts „Nachhaltige Waldwirtschaft“ bekannt gemacht.

Für die Bearbeitung des AP 1 wurden das Aufkommen und die Verwendung des Holzes in Deutschland analysiert. Diese bilden die Grundlage für die Darstellung der für heute am

Markt verfügbaren Produkte sowie deren Umwandlungsschritte zu Endprodukten, mittels derer die Zukunftsprodukte identifiziert werden.

Ein Schwerpunkt bei der Bearbeitung dieses Moduls war die Analyse der Rahmenbedingungen, die die zukünftige Entwicklung und entsprechend die Nachfrage nach Dendromasse-Produkten beeinflussen (AP 2). Die Ergebnisse wurden in dem Fachzeitschriftenartikel

📖 Aretz, A., Hirschl., B: Ziele und Rahmenbedingungen - Entwicklung der Dendromassenutzung, in: AFZ-DerWald, 62. Jg. (2007) Heft 21, S. 1132-1135, 2007.

sowie auf der 3. Fachtagung „Anbau von Agrarholz auf landwirtschaftlichen Flächen“ im Rahmen eines Vortrags zum Thema „Rahmenbedingungen für die Bioenergie: Perspektiven für die Agrarholznutzung“ in Cottbus vorgestellt.

Im nächsten dritten Schritt wurde das Produktspektrum identifiziert, das grundsätzlich aus Dendromasse hergestellt werden kann (AP 3 & 4). Dabei wurden insbesondere auch Produkte berücksichtigt, die Alternativen für Dendromasse-Produzenten darstellen können und innovative Produkte, die zukünftig relevant werden könnten. Dabei wurden auch mögliche Koppel- und Zwischenprodukte mit einbezogen, die bei der Herstellung entstehen.

Die Ergebnisse der AP 1, 3, & 4 sind im Endbericht des Verbundvorhabens ausführlich dargestellt. Als Fazit dieser Analyse wurden relevante Nutzungspfade und Zukunftsprodukte identifiziert, die im folgenden Kapitel „Relevante Nutzungspfade und Zukunftsprodukte“ dargestellt sind. Darin eingeflossen sind implizit auch ökonomische Analysen (AP 5), die für die Markttauglichkeit der Produkte von großer Bedeutung sind.

Der im Antrag optional vorgesehene Aspekt der Entwicklung von Vermarktungskonzepten für DM-Zukunftsprodukte aus Agrarholz (AP 6), der als eine mögliche Vertiefung vorgesehen war, wurde aufgrund der als gering eingeschätzten Praxisrelevanz nicht bearbeitet. Die Nachfrage insbesondere nach energetisch genutzter Dendromasse hat während der Projektlaufzeit durch die politischen und energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen einen derart starken Anstieg erfahren - der in Übereinstimmung mit unseren Trendanalysen auch in Zukunft anhalten wird - dass uns die Vermarktung (bzw. die Erarbeitung von Vermarktungsalternativen) als weniger problematisch erschien als die Frage der genaueren Bestimmung der tatsächlichen Potenziale sowie der konkreten Rahmenbedingungen für die Biomasseausbau im Allgemeinen und der daraus resultierenden Nachfrage nach Dendromasse im Speziellen. Dadurch konnte das Problem des Angebotsdefizits als bereits jetzt in Brandenburg gegenwärtige Realität ermittelt werden.

Durch die Planung der Fa. Choren Industries, ein BtL-Werk am Standort Schwedt zu errichten, wurde bereits eine Festlegung auf Produktentwicklungen und Zukunftsfelder für das Land Brandenburg gegeben. Alternative Szenarien für Brandenburg, die die dezentrale Nutzung und den Bau einer oder mehrerer Großanlagen (Pyrolysestation in Brandenburg nach dem Konzept des Forschungszentrums Karlsruhe, (FZK) und Polygeneration-Prozess) betrachten, werden in Kapitel 6.7 dargestellt.

Relevante Nutzungspfade und Zukunftsprodukte

Neben den politischen Entscheidungen wird die zukünftige Nachfrage nach Dendromasse insbesondere vom Preis, der Qualität und der (regionalen) Verfügbarkeit des Rohstoffes abhängen. Dendromasse kann aufgrund der geringeren Qualität zu wesentlich günstigeren

Preisen gehandelt werden als Wertholz. Mit steigenden Erdöl- und Erdgaspreisen wird ihr Einsatz als Energieholz zunehmend interessant.

Vattenfall hat begonnen, Energieholzplantagen auf Tagebauflächen in Welzow-Süd zu kultivieren, um die Brennstoffversorgung bestehender Biomasseheizwerke langfristig zu sichern (Energie&Management 2006). Auch RWE plant den Anbau von 10.000 ha Agrarholz (RWE 2008). Entwicklungsaktivitäten zu neuen Technologien, wie die thermo-chemische Biomasse-Vergasung im Zusammenhang mit der Herstellung von BtL-Kraftstoffen, sind – nicht zuletzt wegen der starken Erwartungshaltung an Bioenergien in Deutschland und der EU – in den letzten Jahren deutlich vorangetrieben worden. Es konnte eine Vielzahl an Erfahrungen gesammelt werden, die erwarten lassen, dass die thermo-chemische Biomasse-Vergasung in den kommenden Jahren den technischen Durchbruch schaffen und damit in größerem Maßstab kommerziell verfügbar sein könnte (IE 2007).

Zu Beginn der Projektarbeiten wurde (mit wenigen Ausnahmen) die Überführung von Holz zu Kraftstoff hauptsächlich mit einer Prozesskette in Verbindung gebracht, die zur Erzeugung von synthetischem Kraftstoff (BtL) auf der Grundlage der thermochemischen Vergasung, mit anschließender Fischer-Tropsch oder Methanol- Synthese, diente. Öffentlich diskutiert wurden besonders die unterschiedlichen Varianten dieser Kette. Je intensiver die Syntheserouten bearbeitet wurden, umso deutlicher wurden jedoch die angestrebten Anlagengrößen und damit die verbundenen Aufwendung und umso stärker wuchsen Bedenken, dass Regionen lediglich zu Zulieferern für Brennstoffe werden. Damit verbunden fanden in zeitlicher Abstufung Vorstellungen zur dezentralen

- Direktverflüssigung
- Erzeugung von Biomethan oder Methanol über Vergasung und Synthese und
- Herstellung von Ethanol aus lignocellulosereichen Biomassen

immer mehr Aufmerksamkeit.

Es scheint erforderlich, in Abständen alle technischen Möglichkeiten immer wieder auf den Prüfstand zu stellen. So wie mit der Vergasung von fester Biomasse, eine ursprünglich überholte Technologie wieder aufgegriffen wird, ist zu erwarten, dass dies auch für andere Entwicklungen wie z.B. die der Motorentechnik gilt.

Die Möglichkeit, lignozellulosereiche Materialien zu Kraftstoffen zu überführen, ist ebenso lange im Gespräch, wie die Technologien der synthetischen Wandlung. Allerdings haftete den LCtL-Varianten (Lignocellulose to Liquid Fuels) lange Zeit an, ein Nebenpfad zu sein. Zwar wurde in vielen Veröffentlichungen und Äußerungen immer wieder auf die Aktivitäten von IOGEN verwiesen, dies aber oft mit dem Hinweis, dass hauptsächlich Stroh umgesetzt werden soll, wieder relativiert. Arbeiten, die schon immer der Nutzung von Holz galten, wie z.B. die der Universität Lund (Schweden) oder aus Japan, konnten über Kongresse verfolgt werden, wurden in der deutschen Öffentlichkeit aber deutlich weniger wahrgenommen. Da Ethanol als Kraftstoff in Deutschland eine untergeordnete Rolle zukommt, bleibt damit auch der Blick auf Entwicklungen eingeschränkt, die in anderen Ländern erfolgen. Dort wo Ethanol als Kraftstoff und darauf abgestimmte Fahrzeugmotore seit der ersten Ölkrise systematisch wie in Brasilien und Schweden oder kampagnenbetont wie in den USA markteingeführt ist, ist seit 2007 eine deutliche Beschleunigung der Forschung, Entwicklung und des Errichtens von großen Prototypanlagen zu verfolgen.

Die Entwicklung wird getragen von Ethanol produzierenden Unternehmen, die sich durch zusätzliche Verfahrensstufen aus der rohstoffseitigen Bindung an Zucker und Stärke enthaltenden (auch) Lebensmittelpflanzen abkoppeln und produktseitig ihre Positionen im relativ offenen Kraftstoffmarkt noch ausbauen können. Neben Stroh, Bagasse, und Gräsern wird jetzt von sehr vielen Unternehmen auch die Einbeziehung von Holz aufgegriffen. Die verschiedenen Varianten zur Ethanolproduktion sind in Abbildung 1 dargestellt.

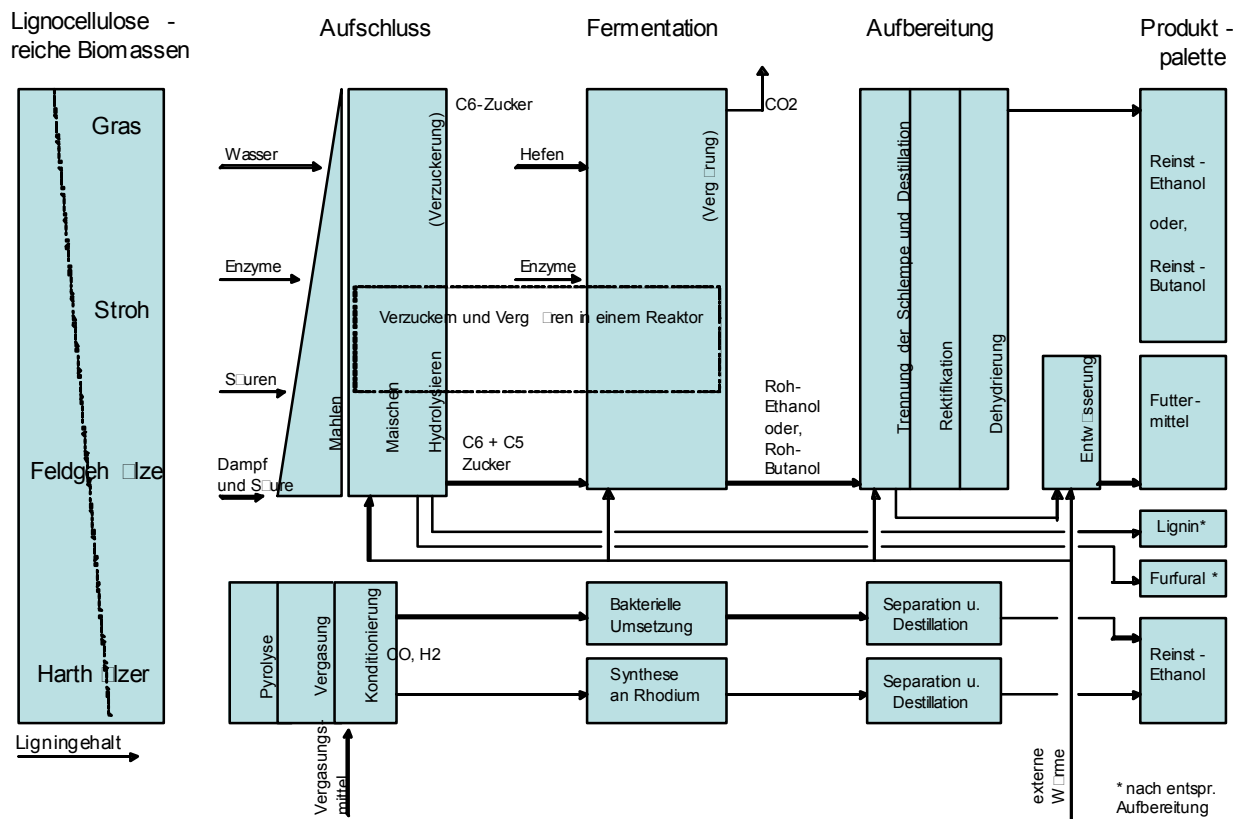


Abbildung 1: Varianten der Ethanolherstellung

Die Erzeugung von Kraftstoff aus (fester) Biomasse befindet sich bei alledem was schon geleistet wurde erst am Anfang. Alle Verfahrensträger zur Erzeugung von Kraftstoffen aus trockener Biomasse betrachten Holz dabei als einen wesentlichen Ausgangsstoff. Kein Verfahren ist aber nur auf Holz ausgerichtet. Trotzdem zählt Dendromasse zu den bevorzugten Materialien, besonders für die ersten Anwendungen, weil über das Verhalten von Holz bei thermochemischen Wandlungen die meisten Erfahrungen gegeben sind. Die Verfahrensträger streben nach eigenen Aussagen jedoch an, das Brennstoffband über Lernphasen so schnell wie möglich um biogene Reststoffe zu erweitern. Die Anlagen benötigen das Ausgangsmaterial langfristig und zu möglichst geringen Kosten. Sie stellen sich daher technologisch auf Brennstoffe auch mit geringer Güte, bis hin zu organischen Abfällen, ein. Sie können auch feuchte Biomasse annehmen, da die Anlagen über einen Wärmeüberhang verfügen und Trocknungsanlagen günstig betreiben können.

Bereitstellungspreis und eine über mehrere Jahre relativ sicher gestaltbare Verfügbarkeit werden letztlich darüber entscheiden, in welchem Mix mit Altholz, landwirtschaftlichen Reststoffen wie Stroh, Energiepflanzen wie Miscanthus und zunehmend auch organischen

Abfällen wie Grünschnitt oder Kompostrückständen Waldenergieholz und Agrargehölze nachgefragt werden.

Agrargehölze können trotz der mit ihnen immer verbundenen Arbeit eine Sonderstellung erhalten, da die meisten Anlagen unter Berücksichtigung eines aufgeteilten Marktes für Brennstoffe entwickelt werden müssen. Noch vor wenigen Jahren angesetzte Importe von Inputmaterialien werden immer weniger wahrscheinlich, da viele Länder ihre eigenen Biokraftstoffstrategien umzusetzen beginnen. Dagegen erscheint es möglich, kraftstofferzeugende Anlagen und Agrarholz im Zusammenhang vorzubereiten. Die Bedingungen für den Absatz von Dendromasse sind daher günstig.

Die zukünftige Nachfrage nach BtL-Kraftstoffen wird von dem Ausgang und den politischen Entscheidungen im Anschluss an die aktuelle Diskussion um Biokraftstoffe abhängen. Sie wurde ausgelöst durch die Kritik an ökologisch fragwürdigen Biomasse- und Biokraftstoffimporten, den drastischen Anstieg der Lebensmittelpreise und den steigenden Wettbewerb um begrenzte Bodenflächen (Stucki 2007). Ob und wann welcher BtL-Kraftstoff sich am Markt etablieren wird, hängt von einer Reihe von Kriterien ab. Wichtig ist der Gesamtwirkungsgrad der Energieumwandlungskette vom der Holzernte bis zum Rad, welcher die spezifischen Treibstoffkosten pro gefahrenen km stark beeinflussen wird. Auch Preis und Verfügbarkeit der Rohstoffe spielen eine bedeutende Rolle.

Kritiker der synthetischen Bio-Kraftstoffe verweisen allerdings auf den zu hohen Aufwand, mit dem diese relative CO₂-Minderung erkaufte werden muss (siehe dazu Abbildung 2). Mit diesem Thema haben sich verstärkt ab 2007 verschiedene Institutionen befasst (Wissenschaftlicher Beirat des BMELV 2007). Sie weisen nach, dass Biomasse nur einen relativ geringen Anteil zur Deckung des deutschen Primärenergiebedarfs beitragen kann und schließen daraus, dass ihre klimarelevanten Eigenschaften besser über Substitution von Erdöl und Erdgas im Wärmemarkt (möglichst in Verbindung mit Kraft-Wärme-Kopplung) eingesetzt werden sollte.

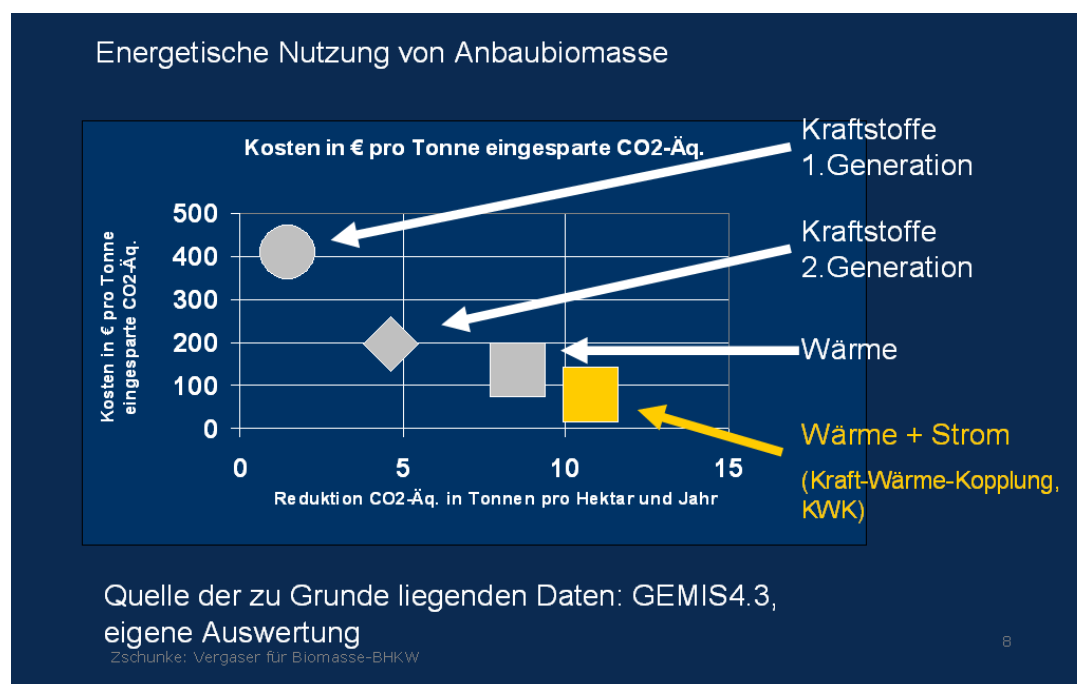


Abbildung 2: Energetische Nutzung von Anbaubiomasse (Quelle: Zschunke (2008))

Die Überführung von Bio- und Dendromasse in Synthesegase ist aber ein Schlüssel für viele Anwendungen und muss nicht hauptsächlich auf die Erzeugung von Kraftstoff gelenkt werden. Die Aufgabe, die Abhängigkeit der Volkswirtschaften vom Erdöl zu lösen, ist gewaltig. Es erscheint deshalb gerechtfertigt, verschiedenen Entwicklungen zur Erzeugung auch von Kraftstoffen aus Biomasse zu verfolgen. In welchem Maße und mit welcher hauptsächlichlichen Ausrichtung sie schließlich zum Einsatz gebracht werden, bleibt in der begonnenen Umbruchphase noch offen.

Insbesondere für gasförmige Treibstoffe spielen Fragen der Verteilungsinfrastruktur eine wichtige Rolle. So soll Biomethan (SNG) problemlos in die bestehenden Erdgasnetze eingespeist und beliebig mit Erdgas aus fossilen Quellen gemischt werden können. Dass dies bzgl. der technischen Machbarkeit und der Qualität des Gases möglich ist, zeigen Länder wie Schweden und die Schweiz, wo SNG bereits als Kraftstoff genutzt und hierfür auch in bestehende Erdgasnetze eingespeist wird (LfU 2006). Da sich Holz im Gegensatz zu Gas gut transportieren lässt, werden auch gasleitungsferne Standorte interessant. Die Aufbereitung von Methan aus der Vergasung wird seit Ende 2006 in einer Pilotanlage in Güssing (Österreich) realisiert (EEE 2008).

Dahingegen ist die Frage, ob Wasserstoff zentraler Energieträger oder lediglich Teilkomponente eines weit komplexeren Versorgungssystems sein wird, nach wie vor Gegenstand energiepolitischer Debatten (FNR 2006a). Die Nachfrage nach Wasserstoff ist hoch. Aktuell werden weltweit etwa 500 Mrd. Nm³ Wasserstoff überwiegend bei der Mineralölverarbeitung als chemischer Grundstoff (v.a. Ammoniak und Methanol) und in der Metallurgie genutzt. Zukünftig könnte Wasserstoff auch für die Erzeugung von Strom, Wärme und Kraft in stationären und mobilen Anwendungen eingesetzt werden.

Die kommerzielle Verwertung der Nebenprodukte Elektroenergie und Wärme werden ein die Machbarkeit beeinflussendes Kriterium darstellen. Wasserstoff basierte Antriebstechnologien, Brennstoffzellenanwendungen und emissionsfreie Kraft-Wärme-Konzepte sind zwar im Augenblick kommerziell noch ohne Bedeutung, könnten aber zu einem deutlichen Bedarfsanstieg führen. Es wird davon ausgegangen, dass aus der weiteren Einführung der Brennstoffzellentechnik und dem zunehmenden Bedarf an Synthesewasserstoff eine wachsende Nachfrage resultiert. In welchem Ausmaß Wasserstoff zukünftig in Energiesystemen Bedeutung erlangen wird, hängt neben der Leistungsgröße der Konversionsanlagen im Wesentlichen von den erzielbaren Kosten und der Verfügbarkeit der Biomasse ab. Wasserstoffproduktion aus Biomasse steht nicht nur in Konkurrenz zur Wasserstoffproduktion aus fossilen Energieträgern sondern auch zu alternativen Erzeugungsverfahren für regenerativen Wasserstoff durch Elektrolyse (Windstrom, Photovoltaik) (Jungmeier 2006).

Methanol könnte zukünftig eine erhebliche Bedeutung als flüssiger Kraftstoff zukommen. Ein weiterer großer Abnehmer ist die chemische Industrie zur Herstellung von Agrarfolgeprodukten und Kunststoffen. Sie geht von einem steigenden Bedarf an Methanol aus.

In Verbrennungsmotoren führt der Einsatz von Methanol zur Steigerung des motorischen Wirkungsgrads. Deshalb wird er bisher nur in Spezialfahrzeugen (Rennautos, Flugzeugen) eingesetzt. Die Beimischung von Methanol zu konventionellen Kraftstoffen ist ebenfalls eine

interessante Option. Methanol kann sowohl direkt in Verbrennungsmotoren eingesetzt werden, als auch direkt oder reformiert zu Wasserstoff in der Brennstoffzelle. Um ihn über die bestehenden Verteilungsstrukturen für Benzin- und Dieselmotoren vertreiben zu können, müsste er jedoch zu synthetischen BtL-Kraftstoffen weiterverarbeitet werden (ReFuelNet 2006).

Die chemische Industrie ist an einzelnen Komponenten der thermo-chemischen Biomasse-Vergasung stark interessiert. Bisher ist der Marktanteil von Kunststoffen aus nachwachsenden Rohstoffen noch verschwindend gering. Pro Jahr werden in Europa nach Schätzung der Interessensgemeinschaft Biologisch Abbaubare Werkstoffe (IBAW) rund 50.000 t biologische Kunststoffe produziert. Davon werden etwa 5.000 t in Deutschland verbraucht. Obwohl Biokunststoffe derzeit nur einen Marktanteil von rund 0,3 % haben, schätzt das Fraunhofer-Institut für System und Innovationsforschung ihr Substitutionspotenzial mit 30 % der gesamten europäischen Kunststoffproduktion ein (Oertel 2007). Neben den bisher marktüblichen Biokunststoffprodukten zielt ein wesentlicher Teil der Entwicklungen darauf ab, Massenkunststoffe wie Polyethylen (PE), Polypropylen (PP) und Polystyrol (PS) zu substituieren. Noch sind die Biokunststoffe jedoch deutlich teurer. Deshalb ist auch hier die Ölpreisentwicklung von entscheidender Bedeutung für eine verstärkte Nutzung nachwachsender Rohstoffe. Offizielle Statistiken zum Einsatz von Biopolymeren oder über Produktionsmengen chemischer Grundstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen - sei es als Haupt oder Kuppelprodukt - liegen zurzeit nicht vor. Mehr als 75 % des in Deutschland produzierten Ethens werden zur Herstellung von Kunststoffen (z.B. PE) verwendet. Wenn die chemische Industrie – wie mehrfach angekündigt - stärker auf nachwachsende Rohstoffe zurückgreifen würde, ergäbe sich daraus ein riesiges Dendromassen-Nachfragepotenzial (Oertel 2007; Schulte 2007).

Es wird angenommen, dass die ökologische Produktion von Ethen aus Biomasse ab ca. 500 €/t Ethen langfristig rentabel werden könnte. Der Bau neuer Anlagen zur Gewinnung von Ethen aus Biomasse wird aber so lange nicht wirtschaftlich sein, so lange die konservativen Methoden zur Gewinnung von Ethen aus Erdöl genug Rohstoffe vorfinden (Rodehuts Kors 2006).

Die Konzepte für Bioraffinerien sind ebenfalls für die chemische Industrie relevant. Während ihre bisherigen Aktivitäten zur Nutzung nachwachsender Rohstoffe eher punktuell in einer grundsätzlich auf fossile Rohstoffe ausgelegten stoffwandelnden Industrie zu betrachten sind, werden auch sehr viel weiter gehende Perspektiven entwickelt. In den USA wird über die komplette Umstellung der Chemie von der Petrochemie zu einer Chemie, die auf nachwachsenden Rohstoffen basiert, diskutiert. Daraus ergäben sich komplett neue Produktstammbäume. Bioraffinerien würden die petrochemischen Raffinerien ablösen und Zucker, Öle, Gase und Restbiomasse zur Verfügung stellen. Wirtschaftlich können derartige Anlagen allerdings nur unter Verwendung aller Produkte und Nebenprodukte betrieben werden. Die Landwirtschaft müsste in diesem Szenario nicht nur den Rohstoff bereitstellen, sondern auch Produkte in Form von Biomasse als Dünger oder Viehfutter wieder zurücknehmen. Auch wenn diese Überlegungen in Europa mit viel Skepsis verfolgt werden, so ist doch festzustellen, dass der gegenwärtig hohe Ölpreis ein derartiges Szenario realistischer erscheinen lässt, als es noch vor wenigen Jahren der Fall war (Oertel 2007).

Unter den potenziellen Bioraffineriekonzepten könnte sich vermutlich die LCF-Bioraffinerie auf der Basis holzartiger Biomasse am ehesten durchsetzen. Als Gründe werden u.a. die

verfügbare Rohstoffbasis mit günstigen Preisen sowie die gute Marktposition potenzieller Konversionsprodukte aufgeführt (Oertel 2007). Der Rohstoffbedarf von Bioraffinerien auf Basis holzartiger Biomasse wurde nach (Oertel 2007) im Jahre 2005 für 2015 mit etwa 5 Mio. t_{atro} und für 2030 mit ca. 15 Mio. t_{atro} angenommen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die für den Lignocellulose-Feedstock benötigten Rohstoffe als Reststoff eingeordnet werden und nicht als Anbaubiomasse. Nachwachsende Rohstoffe – auch in Form von Agrarholz – könnten mittel- und langfristig eine wichtige, wenn nicht zentrale Rolle für die Herstellung chemischer Grundstoffe spielen, da aus diesen eine breite Palette organisch-chemischer Erzeugnisse wie Kunststoffe, Fasern, Farben, Wasch- und Reinigungsmittel, etc. herstellbar ist, was derzeit zu ca. 90 % auf Basis fossiler Rohstoffe geschieht.

Auf dem Gebiet der stofflichen Nutzung nachwachsender Rohstoffe gibt es bisher weder auf EU-Ebene noch in Deutschland einen gemeinsamen Handlungsrahmen (z.B. Richtlinien). Eine signifikante Erhöhung des Flächenbedarfs ist bei einer stofflichen Nutzung nur dann zu erwarten, wenn die Massenmärkte stärker mit Produkten auf der Basis nachwachsender Rohstoffe bedient werden. Zur stofflichen Nutzung von Dendromasse schnellwachsender Baumarten wie Pappeln, Weiden und Robinien liegen in Deutschland kaum Erfahrungen vor.

Bevölkerungswachstum und global steigender Pro-Kopf-Verbrauch an Holzwerkstoffen und Papier haben zu deutlichen Produktionssteigerungen der stofflichen Nutzer von Dendromasse geführt. Interesse an Holzmehl, Holzfasern und Holzspänen aus Agrarholz könnte insbesondere das Baugewerbe und die Möbelindustrie in Deutschland zur Herstellung von Holzwerkstoffen (Spanplatten oder neue Werkstoffe wie Wood-Plastic-Composites (WPC) oder Flüssigholz/Arboform) haben. Es wird nicht damit gerechnet, dass sich die große Nachfrage nach Sägespänen in den kommenden Jahren abschwächt (Schulte 2007). Für den WPC-Markt werden ebenfalls hohe Wachstumsraten prognostiziert. Agrarholz könnte auch für die Herstellung von Dämmstoffen interessant werden. Darüber hinaus wird Pappelholz in der Verpackungsindustrie zur Herstellung von Paletten und im Leicht- und Anlagenbau verwendet. Hinsichtlich der Bereitstellungsform und -qualität bestehen je nach Anwendung definierte Anforderungen.

Ein umweltschonendes und energiesparendes Verfahren zur Faser- und Papierproduktion aus Pappelholz (APTMP-Verfahren) wird in Deutschland noch nicht angewandt. Darüber hinaus existieren vielversprechende Aktivitäten zur Herstellung von speziellen Kohleprodukten durch die Hydro-thermale Carbonisierung (HTC).

Stoffliche Verwertungswege von Agrarholz werden spätestens dann in größerem Maßstab interessant, wenn sich die energetischen Verwerter technologisch auf Brennstoffe geringerer Güte - bis hin zu organischen Abfällen - einstellen können und die Preise für Agrarholz nicht mehr bezahlen wollen.

Alle drei Wertschöpfungsketten (energetisch, stofflich und zunehmend auch chemisch) des Zukunftsrohstoffs Dendromasse sind in der EU bzw. global durch ein überproportionales Wachstum gekennzeichnet. Es wird erwartet, dass sich dieser Trend, verbunden mit einer weltweit stark steigenden Nachfrage nach Dendromasse in den kommenden Jahren bis Jahrzehnten fortsetzen wird (Schulte 2007). Für Agrarholz zeichnen sich vielfältige Chancen zur stofflichen und energetischen Verwertung ab, deren Realisierung jedoch in erster Linie von einer kostengünstigen Bereitstellung der Vorprodukte und damit der optimierten Anbau-, Ernte- und Aufbereitungsverfahren abhängen wird.

6.4 Modul 4.5 Internationale Aspekte

Internationale Aspekte können in Bezug auf die Nachhaltigkeit der DM-Bereitstellung eine wesentliche Rolle spielen. Ziel dieses Moduls ist die Untersuchung der Außenhandelsaktivitäten und deren Entwicklung in Bezug auf Technologien und Dienstleistungen entlang der Wertschöpfungskette der DM-Produktion und der Zwischen- und Endprodukte aus Dendromasse. Dazu waren folgende AP vorgesehen:

AP 1: Untersuchung der Rahmenbedingungen/Ressourcen im Ausland

AP 2: Analyse des Standes/der Einführung der Technik und Identifikation relevanter Zielländer

AP 3: Analyse des Exportpotenzials von Technologien und Dienstleistungen

AP 4: Analyse Exportpotenzial Brennstoff-Produktionstechnologien

AP 5: Identifikation außenhandelsrelevanter Aspekte der Brennstoffqualität

AP 6: Analyse des Potenzials des Exports von Brennstoffen

AP 7: Fokus Brandenburg

AP 8: Integration Kyoto-Mechanismen

AP 9: Koordination – Transfer – Bericht

Dazu wurden zunächst die derzeitigen Außenhandelsströme von Holz und Holzprodukten untersucht und diese mit den statistischen Auswertungen für das Modul 4.4 im ZB 2/06 gemeinsam dargestellt.

Daneben wurden für die verschiedenen Dendromasseprodukte relevante derzeitige und zukünftige Außenhandelsstaaten identifiziert und deren derzeitigen Außenhandelsaktivitäten und sich abzeichnenden Entwicklungen untersucht wurden. Für diese Länder wurden ausführliche Ländersteckbriefe erstellt, in denen die Entwicklung der Nutzung und Produktion der jeweiligen Dendromasseprodukte, Rahmenbedingungen und politischen Ziele, die die zukünftige Nutzung betreffen, dargestellt sind. Hier wurde auch insbesondere der Aspekt der Brennstoffqualität berücksichtigt. In Tabelle 1 sind diese Länder mit den jeweiligen betrachteten Dendromasseprodukten aufgelistet. Um bei dem neuen und am Markt noch nicht etablierten Produkt BtL auch die Konkurrenzbeziehungen mit anderen aus Biomasse hergestellten Kraftstoffen beleuchten zu können, wird auch Bioethanol mit den voraussichtlich zukünftig relevanten Außenhandelspartner Brasilien betrachtet. Die Kurzfassungen der Ländersteckbriefe wurden im Anhang des ZB 2/06 aufgeführt.

Tabelle 1: **Übersicht über die untersuchten Außenhandelsländer**

Dendromasseprodukt	Land
Pellets	Kanada, Österreich
Energieholz (Scheite & energetisch verwertete Hackschnitzel)	Polen

Bei den ersten Arbeitsschritten wurde deutlich, dass die Import-/Exportaktivitäten starken Schwankungen unterliegen und nur geringe Kontinuität aufweisen. Außerdem wurde festgestellt, dass die Massenströme nicht statistisch erfasst werden, insbesondere wird keine Unterteilung in Dendromasseströme zur stofflichen bzw. energetischen Nutzung vorgenommen, bzw. nicht als eigene Warengruppe, wie bei Pellets, geführt.

Neben den Problemen der Belastbarkeit bzw. Verfügbarkeit der Datenbasis zeigt die Analyse der Exportpotenziale für Dendromasse eine geringe Praxisrelevanz. Die Nachfrage insbesondere nach energetisch genutzter Dendromasse hat während der Projektlaufzeit durch die politischen und energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen einen derart starken Anstieg erfahren - der in Übereinstimmung mit unseren Trendanalysen auch in Zukunft anhalten wird. Dies trifft besonders auf Brandenburg zu, wo das Problem des Angebotsdefizits als gegenwärtige Realität ermittelt wurde und durch die Pläne der Fa. Choren Industrie, eine BtL-Anlage in Schwedt zu errichten, deutlich verschärft würden. Die Ergebnisse des Moduls 5.1 *Szenarien und Leitbilder* verdeutlichen, dass durch das Waldholzangebot zukünftig rein rechnerisch nicht der Bedarf der stofflichen Verwerter von Dendromasse bedient werden kann und so die Konkurrenz um den Rohstoff Dendromasse zwischen stofflichen und energetischen Verwertern voraussichtlich zunehmen wird. Dies bedeutet, dass die Erhöhung des Dendromasseangebots in Brandenburg vollständig durch die Nachfrage in Brandenburg absorbiert würde und der Export für die Anbeiter von Dendromasse nicht existenziell sein wird. Daher wurde der Schwerpunkt der Bearbeitung auf die Analyse der wichtigsten Außenhandelspartnern verlagert und durch die Erstellung der Ländersteckbriefe tiefergehend analysiert, als ursprünglich vorgesehen.

Die Ergebnisse des AP 8 wurden in das Modul 1.1 *Gesetzliche und administrative Rahmenbedingungen* integriert und sind im Verbundendbericht dargestellt.

6.5 Modul 2.2 Nutzungsorientierte Konditionierung

Ziele dieses Moduls waren die Wissensgenerierung für den Dendromasse-Vergasungspfad sowie Biokraftstoffe (BtL), mit Blick auf die gesamte Wertschöpfungs- bzw. Prozesskette. Damit soll auch eine Grundlage für (politisch) strategische Entscheidungen für diesen Technologiepfad und für konkrete Pilotversuche unter dem Blickwinkel der Nachhaltigkeit geschaffen werden. Insbesondere die Frage der Konditionierung stellt eine Herausforderung für die verschiedenen Optionen in der Vergasungstechnik dar. Hier sind gegenwärtig spezifische Anforderungen zu beachten, um die verschiedenen Optionen bedienen und erproben zu können. Gleichzeitig muss perspektivisch nach Wegen gesucht werden, möglichst vielfältige Dendromassevarianten zu „homogenen“ bzw. breit verwendbaren Einsatzstoffen zu entwickeln.

Das Modul wurde federführend durch die FEE bearbeitet, eine Mitarbeit des IÖW war durch die folgenden AP vorgesehen:

AP 1: Transfer auf andere Produkt- und Anwendungsbereiche

AP 2: Strategische Analyse der Vergasungsvarianten

Der Transfer der Konditionierung auf andere Anwendungs- und Produktbereiche ist in die Bearbeitung des Moduls 4.4 *Zukunftsprodukte* und Modul 5.1 *Szenarien und Leitbilder* eingeflossen, sowie die strategische Analyse der längerfristigen strategischen Bedeutung der Vergasungsvarianten unter Berücksichtigung von Nutzungskonkurrenzen und politischen Strategien in das Modul 5.1 *Szenarien und Leitbilder*. Das IÖW konnte hier insbesondere Wissen zu den politischen Rahmenbedingungen einbringen.

6.6 Modul 4.1 Clusteranalyse

Im Rahmen des Moduls „Clusteranalyse“ wurden die grundlegenden Strukturparameter des Clusters untersucht. Hier werden die wichtigsten Branchen und Teilbranchen, auf der regionalen und lokalen Ebene auch die einzelnen Unternehmen, erfasst und bezüglich ausgewählter Schlüsselparameter analysiert. Als grundlegende Schlüsselparameter einer Branche werden die Anzahl der Unternehmen, die Anzahl der Beschäftigten und der Ausbildungsplätze sowie der Umsatz angesehen. Dazu wurde eine empirische Erhebung durchgeführt, die neben der Befragung der Strukturparameter hinaus auch dem Zweck dienen soll, weitere Informationsbedarfe für die Bearbeitung anderer Module zu erfragen.

Die Bearbeitung orientiert sich am allgemeinen Vorgehen im Rahmen der Clusteranalyse und erfolgt in engem Austausch mit dem IIWH.

AP1: Mitarbeit an der Entwicklung der Untersuchungsstruktur und -faktoren des relevanten DM-Clusters in Brandenburg in enger Abstimmung mit IIWH

AP2: Recherche des energiewirtschaftlichen Bereichs in Brandenburg mit Fokus auf Biomasse, Holzbrennstoffe, innovative Technologien mit Schwerpunkt auf Vergasung/BtL. Der erste Punkt erfolgt unter Nutzung der im Projekt integrierten und einbezogenen Netzwerke (wesentlich: ETI)

AP3: Strukturanalyse der energieholzwirtschaftlichen Schwerpunktbereiche

AP4: Bewertung der Analyseergebnisse und Erarbeitung von Vorschlägen zum Management und zur Weiterentwicklung des Clusters

AP5: Ergebnisaufbereitung, Vermittlungs- und Transferkonzept

Das IÖW war verantwortlich für die folgenden Branchengruppen

- Hersteller von Anlagen zur DM-Umwandlung und energetischen DM-Verwertung
- Gewerbliche Betreiber von Anlagen zur energetischen DM-Nutzung
- Anlagenplaner und -projektierer
- Service-, Installations- und Wartungsunternehmen

Vom IÖW wurden die relevanten Akteure durch überwiegend telefonische Interviews befragt, wenn gewünscht war auch eine schriftliche Befragung möglich. Dafür wurde ein Fragebogen konzipiert, mit dem die Parameter systematisch abgefragt wurden und ausgewertet werden konnten. Der Fragebogen für die Gruppe der Service-, Installations- und Wartungsunternehmen ist dem Anhang des ZB 1/06 zu entnehmen.

Die Identifikation der Akteure in den einzelnen Branchen hat ergeben, dass kein Unternehmen in Brandenburg der ersten Gruppe angehört. Ein Unternehmen mit Sitz in Sachsen wurden identifiziert und mit in die Befragung einbezogen. Die Auswertung der Gruppe „Anlagenplaner und -projektierer“ sowie „Service-, Installations- und Wartungsunternehmen“ hat ergeben, dass es große Überschneidungen in den angebotenen Dienstleistungen gab und daher eine separate Auswertung nicht möglich war und sinnvoll erschien. Die Auswertung wurde daher für beide Gruppen zusammenfassend unter der Bezeichnung „Dienstleister“ vorgenommen. Die Auswertung der Befragung ist im ZB 2/07 ausführlich dargestellt.

Die Auswertung der Befragung der gewerblichen Betreiber von Anlagen zur energetischen DM-Nutzung wurde als Basis für die Erstellung der Szenarien genutzt und wird ausführlich in Kapitel O des Verbundendberichts dargestellt. Außerdem ist als Ergebnis die Veröffentlichung

📖 Aretz, A., Hirschl, B.: Energetische Nutzung von Dendromasse in Brandenburg, in: Forst und Holz, 63. Jg. (2008) Heft 6, S. 29-32, 2008

hervorgegangen.

Die integrierte Darstellung der Ergebnisse dieses Moduls einschließlich der SWOT-Analyse zusammen mit den Ergebnissen des Projektpartners IWH ist im Kapitel D des Verbundendberichts einsehbar. Aus diesen Ergebnissen wurden Handlungsempfehlungen zur Stärkung des Clusters „Forst und Holz“ in Brandenburg formuliert. Aus den vom IÖW bearbeiteten Branchengruppen wurden folgende Empfehlungen abgeleitet, die auch in die Formulierung der Handlungsempfehlungen des Gesamtverbunds eingeflossen sind. Damit wurden die angestrebten Ergebnisse erarbeitet.

Schlussfolgerungen und Handlungsempfehlungen

Service-, Installations- und Wartungsunternehmen, Projektierer und Planer im Bereich der energetischen Holznutzung

Diese Branche sieht Möglichkeiten zum weiteren Ausbau v. a. in der Verbesserung der politischen Rahmenbedingungen und insbesondere in der weiteren Aufstockung von Fördermitteln und Subventionen. Angesichts der steigenden Preise für fossile Energieträger und der steigenden Konkurrenz um den Rohstoff Holz sollte hier seitens der Politik aber genau überlegt werden, wo ihr aktives Zutun noch erforderlich ist. Vielfach ist die energetische Holznutzung insbesondere im effizienten Bereich der Wärmeerzeugung ohnehin schon marktreif und bedarf keiner weiteren Förderung. Behält man eine undifferenzierte Förderung der energetischen Holznutzung bei, sorgt man für ein Ungleichgewicht bei den Akteuren am Holzmarkt.

Eine aktive Förderung oder Subvention der energetischen Holznutzung sollte nur in solchen Bereichen erfolgen, in denen dies für die Markteinführung einer zukunftsfähigen, wirtschaftlich interessanten und energieeffizienten Technologie erforderlich ist. Hierbei sollte aber darauf geachtet werden, dass diese Technologien und Verwertungswegen in nur wenigen Jahren mit hoher Wahrscheinlichkeit ohne Subventionen oder Fördermittel tragfähige Konzepte darstellen.

Gewerbliche Betreiber von Holzenergieanlagen

Als wesentliches Problem werden hier die zunehmende Rohstoffkonkurrenz und die damit verbundenen Preisanstiege gesehen. Ziel muss es somit sein, am Markt mehr Holz zur Verfügung zu stellen. Die Verfügbarkeit von Holz am Markt kann durch Importe, einen Kapazitätsabbau oder aber durch die Erhöhung der inländischen Holzproduktion erfolgen. Aus regionalökonomischer Sicht ist der letzte Punkt anzustreben. Zur Erhöhung des Holzangebotes sollten neben einer weiteren Waldholzmobilisierung zusätzliche Holzquellen erschlossen werden. Dies kann Holz aus der Landschaftspflege insbesondere aber solches aus dem Agrarholzanbau sein.

Es sollten seitens des Landes die rechtlichen Rahmenbedingungen für die Ausweitung des Agrarholzanbaus klar und rechtssicher definiert werden. Ebenso ist eine teilweise Förderung der Flächenanlage, wie sie aktuell bereits besteht, als geeignetes Anreizsystem zu sehen und zumindest mittelfristig beizubehalten.

Eine Teilförderung der Anlagekosten ist als Anschubfinanzierung zu sehen. Der Agrarholzanbau bedarf zur Marktfähigkeit aus aktueller Sicht nicht einer dauerhaften und jährlichen Subvention (vgl. Kapitel H. „Betriebliche und regionale Entscheidungsmodelle“) wie beispielsweise der Rapsanbau für die Biodieselproduktion oder der Maisanbau für Biogasanlagen.

Strategischer Ausbau der energetischen Holznutzung

In den aktuellen Diskussionen um eine zunehmende Verknappung des Rohstoffes Holz wird vielfach seitens der stofflichen Holznutzer die aktuelle Förderung oder Subvention der energetischen Holznutzung kritisiert. Zum Teil ist dieses sicherlich auch zutreffend. Allerdings sollten dabei auch nicht außer Acht gelassen werden, dass Holz als Energieträger einen wichtigen Beitrag zum Erreichen übergeordneter klima- und energiepolitischer Ziele leisten kann. Dies sollte allerdings nicht zum „Selbstzweck“ werden.

Zukünftig bedarf nicht mehr einer undifferenzierten Förderung der energetischen Holznutzung, wie es zum Teil in der Vergangenheit der Fall war und auch noch ist, sondern einer gezielten Förderung zur Markteinführung, die sich an den Maßgaben einer Bioenergiestrategie orientiert. Eine solche fehlt aber bislang sowohl auf EU-, Bundes- wie auch Landesebene, ist aber dringend erforderlich.

Dabei sollten unter der Berücksichtigung der verschiedenen naturalen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen innerhalb der EU aber auch des Bundesgebietes solche Produktions- und Verwertungswege für Bioenergieträger, insbesondere Holz, definiert werden, die einen höchst möglichen Nettoenergieertrag liefern. Daneben ist aber auch den Ansprüchen der sonstigen Holznachfrager im Cluster Forst und Holz Rechnung zu tragen, um deren erhebliche volkswirtschaftliche Bedeutung nicht zu schwächen.

6.7 Modul 5.1 Szenarien und Leitbilder

Die Entwicklung von Szenarien und Leitbildern ist angesichts der sich abzeichnenden Dynamiken im Cluster Dendromasse unerlässlich, um auf einer politisch-strategischen und gestaltenden Ebene handlungsfähig zu werden. Die Formulierung von Szenarien dient der

Abschätzung möglicher Auswirkungen unterschiedlicher politisch strategischer Schwerpunkte. Sie bilden die Grundlage für die Ableitung eines Leitbilds der zukünftigen Entwicklung Brandenburgs im Cluster Dendromasse, sowie für die Konkretisierung von Handlungsempfehlungen.

Im Rahmen des Verbundforschungsvorhabens DENDROM wurden in engem Dialog mit politischen, administrativen, wirtschaftlichen und fachlichen Vertretern auf Bundes- Landes- und Regionalebene die für das Verbundforschungsvorhaben möglichen, bzw. wünschenswerten Entwicklungen innerhalb des Zielsystems „Nachhaltige Bereitstellung von Dendromasse aus Wald und Agrarholz für die energetische und stoffliche Verwendung“ erörtert und die Schwerpunkte für die Szenarien festgelegt.

Die Szenarien stellen keine Prognosen dar, sondern liefern Wenn-Dann-Aussagen insbesondere zur (zeitlichen) Änderung der Verfügbarkeit von Dendromasse für unterschiedliche Abnahmestrukturen. Um eine größtmögliche Transparenz und Nachvollziehbarkeit zu erreichen, werden in den folgenden Kapiteln die Angebotspotenziale von der Nutzungsseite getrennt behandelt. Da auch die Angebotspotenziale nur mit Hilfe von Annahmen für künftige Entwicklungen hergeleitet werden können, werden auch hier Szenarien (Angebots-Szenarien) formuliert. Als Basisjahr wird im Projekt das Jahr 2006, als Ende des Szenario-raums 2030 gewählt mit Stützzeitpunkten für 2010 und 2020.

Wie in Abbildung 3 dargestellt, werden drei ausgewählte Potenzialergebnisse als Input in die Nachfrageszenarien eingespeist.

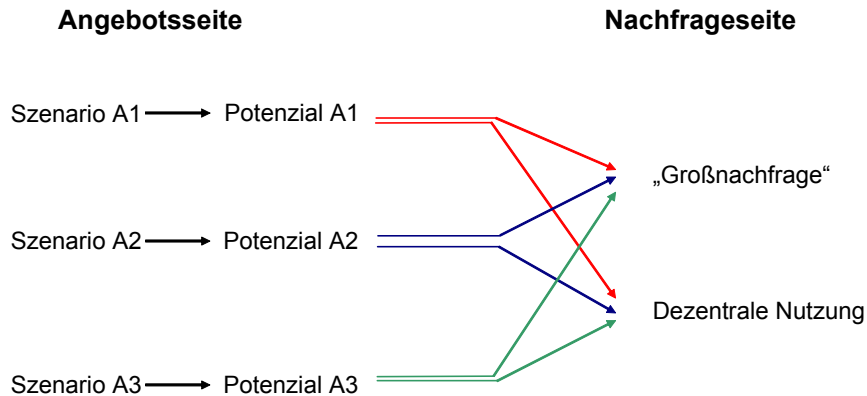


Abbildung 3: Kopplung der Angebots- und Nachfrageszenarien

Die Szenarien auf der Nachfrageseite wurden vom IÖW entwickelt und haben den Fokus auf der Verwendung der Dendromasse zur energetischen Nutzung und zeigen verschiedene Entwicklungsmöglichkeiten für die Umwandlungstechniken und den Grad des Ausbaus auf. Dabei wird dieser Teil der Energiewirtschaft zum einen als integrativer Bestandteil innerhalb des Energieversorgungssystems und zum anderen innerhalb des Clusters Forst und Holz gesehen. Die Szenarien werden ausgehend von der jetzigen Nutzung von Dendromasse in Brandenburg entwickelt. Für die Entwicklung der Szenarien wurden Ergebnisse aus verschiedenen Modulen integriert und aggregiert weiterverarbeitet. Dabei waren folgende Arbeitspakete vorgesehen.

AP1: Entwicklung einer Systematik zur transdisziplinären Integration und Aggregation von relevanten Daten und Information aus den Modulen

AP2: DM-Umfeldanalyse

AP3: Identifikation relevanter Einflussfaktoren und Recherche relevanter Trends

AP4: Konsistente Annahmenbündelung: Alternativen der Umfeldentwicklung – öffentlicher Diskurs

AP5: Szenarioentwicklungen und -interpretationen

AP6: Reflektionen mit Entscheidungsträgern

AP7: Maßnahmenplanung und Ableitung von Strategieempfehlungen

Die Entwicklung der Leitbilder für die Szenarien sowie die Integration der Ergebnisse aus den verschiedenen Modulen waren Diskussionsgegenstand mehrerer Verbundtreffen sowie Projekttreffen mit einzelnen Projektpartnern und bilateraler Gespräche.

Der Diskussionsprozess wurde deutlich beeinflusst durch sich während der Projektlaufzeit geänderte Rahmenbedingungen, die von großer Relevanz für die zukünftige Dendromassennutzung sind, wie die Planung der Fa. Choren Industries für den Bau der BtL-Anlage in Schwedt und die Energiestrategie 2020. Durch den Austausch mit wichtigen Akteuren des Dendromasseclusters, der durch die Einbindung der assoziierten Partner in das Projekt und durch die Befragung im Rahmen der Clusteranalyse gewährleistet war, ist sichergestellt, dass die relevanten Einflussfaktoren und deren möglichen Entwicklungen Eingang in die Szenarien berücksichtigt wurden.

Als Diskussionsergebnis wurden zwei Ausbaustrategien für die Dendromassennutzung in Brandenburg definiert, die sich wie folgt charakterisieren:

1) In dem Szenario „Großanlage“ wird der Bau einer oder mehrerer Großanlagen unterstellt. Dabei werden im Weiteren drei Varianten betrachtet:

- Choren-Anlage in Brandenburg, Schwedt
- Pyrolysestation in Brandenburg nach dem Konzept des Forschungszentrums Kralsruhe, (FZK), BtL-Werk in einem anderen Bundesland
- Polygeneration-Prozess mit einem Werk bis 2020 und einem weiteren Werk bis 2030.

2) In dem Szenario „Dezentrale Nutzung“ wird von keiner zentralen Großanlage in Brandenburg ausgegangen, sondern von einem Zubau an bzw. Ersatz von dezentralen Heiz(kraft)werken ausgegangen.

Alle Szenarien werden abschließend hinsichtlich der Wertschöpfung für Brandenburg sowie ihrer ökologischen Wirkung bewertet. Die Systematik der Szenariokonstruktion ist in Abbildung 4 dargestellt.

Die Szenarioergebnisse wurden auf der Abschlusstagung des Verbundprojekts zur Diskussion gestellt und Diskussionsbeiträge im Nachgang der Tagung berücksichtigt. Aus den Ergebnissen der Nachfrageszenarien wurden folgende Handlungsempfehlungen für die Dendromassenutzung in Brandenburg abgeleitet. Eine zusammenfassende Übersicht der Szenarien und Handlungsempfehlungen wurden veröffentlicht in:

- 📖 Knur A., Murach, D., Aretz, A., Hirschl, B., Schneider B. U.: Handlungsempfehlungen für eine nachhaltige Dendromasse-Bereitstellung im Land Brandenburg - Ergebnisse aus dem Verbundforschungsprojekt DENDROM. In: Archiv für Forstwesen und Landschaftsökologie, 42 (2008) 3, S. 134 - 137.

Handlungsempfehlung 1: Steigerung der Effizienz bei der Biomassenutzung

Das Biomasseangebot ist begrenzt und sollte daher möglichst effizient genutzt werden. Dies bezieht sich zum einen darauf, die einzelnen Prozesse innerhalb der Nutzungspfade effizient zu gestalten und die Verluste bzw. den Energieeinsatz zu minimieren. Dies wird z.B. bei der energetischen Umwandlung durch Nutzung der Abwärme in Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen angestrebt. Zum anderen steckt in der Mehrfachnutzung von Biomasse enormes Einsparpotenzial an Ressourcen. Dabei werden Nutzungskaskaden durchlaufen, die vom hohen Wertschöpfungsniveau schrittweise in tiefere Niveaus münden. Die energetische Verwertung bildet dabei den letzten Schritt.

Damit die Effizienzpotenziale maximiert werden, müssen die geltenden Rahmenbedingungen und Anreizmechanismen entsprechend angepasst werden. Dies sollte dahingehend erfolgen, dass

- die effiziente Abwärmenutzung in energetischen Umwandlungsanlagen hinreichend attraktiv ist,
- die direkte Nutzung von Dendromasse nicht durch Boni gegenüber Koppel- und Abfallprodukten bevorteilt wird,
- die energetische Nutzung nicht durch vertragliche Regelungen einen Wettbewerbsvorteil am Markt erhält und sichergestellt ist, dass die Bereitstellung und Nutzung der Biomasse eine insgesamt positive Energiebilanz aufweist.

Die Rahmenbedingungen auf nationaler und europäischer Ebene tragen dem noch nicht ausreichend Rechnung. Daher sollten sie dahingehend geändert werden, dass

- das KWK-G oder der KWK-Bonus im EEG so bemessen ist, dass damit ein wirtschaftlicherer Betrieb als bei reinen stromerzeugenden Anlagen gewährleistet ist
- der Nawaro-Bonus im EEG abgeschafft und die Grundvergütung für die Stromerzeugung aus Biomasse angehoben wird, unabhängig ob es sich um eine direkte energetische Nutzung nachwachsender Rohstoffe handelt oder um Koppel- und Restprodukte
- energetischen Verwertern in Brandenburg keine vertraglich zugesicherten Mengen Industrieholz zugeschrieben werden
- die Bedingungen, wie sie in der Nachhaltigkeitsverordnung für Biokraftstoffe für die Einhaltung einer positiven Nettoenergiebilanz geplant sind, auch möglichst auf die Strom- und Wärmeerzeugung übertragen werden.

Handlungsempfehlungen 2: Erstellung einer Biomassestrategie für Brandenburg

Für den Ausbau der Bioenergienutzung in Brandenburg wurde im Jahr 2006 ein Biomasseaktionsplan vorgelegt, der die Ziele und Maßnahmen konkretisiert. Diese Betrachtung sollte erweitert werden auf alle Verwerter, die auf die Biomasse zugreifen und auf alternative Landnutzungen, um Konkurrenzen bezüglich der Fläche und der Nutzung angemessen erfassen zu können. Daraus sollte eine Gesamtstrategie abgeleitet werden, die differenziert Aussagen zu den einzelnen Biomassenutzungspfaden (Strom, Wärme und Kraftstoffe) trifft und dabei Konkurrenzen berücksichtigt.

Der Anbau und die Verarbeitung von Bioenergien hat eine erhebliche Bedeutung für die ländliche Entwicklung. Die damit einhergehenden Veränderungen können einerseits große Potenziale für die wirtschaftliche und soziale Entwicklung ländlicher Räume darstellen, andererseits aber auch Risiken bergen. Durch eine Biomassestrategie sollten daher die Chancen für die Regionen optimal genutzt und Zielkonflikte vermieden werden.

Handlungsempfehlungen 3: Stärkung des Clusters Forst und Holz in Brandenburg

Das Cluster Forst und Holz stellt einen wichtigen Wirtschaftsbereich in Brandenburg dar. Zur Vernetzung der Akteure innerhalb der 1. Holzabsatzstufe aber auch mit denen in anderen Branchen des Clusters Wald und Holz sowie zur effizienten Umsetzung eines Marketings unter den Rahmenbedingungen in Brandenburg sollte ein zentral unterstütztes und koordiniertes Clustermanagement eingeführt werden. Um die Position der Lohnunternehmer und ihre mögliche Rolle bei einer weiteren Rohholzmobilisierung zu stärken, sollte ein moderierter Prozess im Sinne eines Clustermanagements zur stärkeren überbetrieblichen Kooperation der Einzelunternehmen ggf. auch durch finanzielle und personelle Unterstützung durch das Land initiiert werden.

6.8 Modul 5.3 Koordination

Das IÖW war neben den Projektpartnern der FHE und der BTU Cottbus Mitglied in der Steuerungsgruppe und war somit in die Koordination des Gesamtprojektes involviert. Die Hauptaufgaben, die die Steuerungsgruppe wahrnehmen sollten, waren:

- Den transdisziplinären Austausch herstellen und eine gemeinsame Verständigung über Begriffe und Konzepte herbeiführen
- Den Informationsfluss und Datenaustausch organisieren
- Die Bündelung, Aggregation und ggf. Aufbereitung von Ergebnissen und Informationen
- Die Kommunikation zwischen den Säulen generell, aber auch den weniger eng verbundenen Modulen herstellen
- Die Organisation der Integration im Rahmen der Szenarien
- Die zeitnahe und zeitlich passende bzw. erforderliche Integration und Organisation von externer Expertise und Stakeholdern

Diese wurden seitens des IÖW erfüllt. Dabei stand das IÖW im engen und regelmäßigen Austausch mit dem Koordinator des Projektes. Die Steuerungsgruppe sah ihre Aufgabe auch

insbesondere darin, die Projektausrichtung, aber auch die Arbeiten in den einzelnen Modulen, an die aktuellen Rahmenbedingungen anzupassen und neue wissenschaftliche Erkenntnisse in der Projektarbeit zu berücksichtigen. Aus der Steuerungsgruppe heraus sind folgende zwei Veröffentlichungen entstanden:

- 📖 Murach, D., Kindermann, C., Hirschl, B., Aretz, A., Schneider, B.-U., Grünewald, H., Schultze, B., Quinkenstein, A., Bilke, G., Muchin, A., Eberts, J., Grundmann, P., Jochheim, H., Scherzer, J., Hagemann H.: Zukunftsrohstoff Dendromasse – Hintergrund und erste Ergebnisse des Verbundforschungsprojekts DENDROM, in: Forstarchiv, 78. Jg. (2007) Heft 3, 2007.
- 📖 Knur A., Murach, D., Aretz, A., Hirschl, B., Schneider B. U.: Handlungsempfehlungen für eine nachhaltige Dendromasse-Bereitstellung im Land Brandenburg - Ergebnisse aus dem Verbundforschungsprojekt DENDROM. In: Archiv für Forstwesen und Landschaftsökologie, 42 (2008) 3, S. 134 - 137.

Als ein zusätzlicher Baustein, der nicht im Antrag formuliert war, wurde vom IÖW ein Konzept zur Durchführung einer CO₂-neutralen Veranstaltung in Zusammenarbeit mit der FHE für die 3. Fachtagung erarbeitet und umgesetzt. Die durch die Tagung verursachten CO₂-Emissionen werden durch emissionsmindernde Maßnahmen kompensiert, indem auf einer landwirtschaftlichen Fläche Agrarholz angebaut und das Holz zur Bereitstellung von Wärme aus einem Heizwerk genutzt, die alternativ durch fossile Energieträger bereitgestellt werden müsste. Das Konzept sowie die für hierfür entwickelte Bilanzierungsmethode wurden im Rahmen eines Fachvortrags vorgestellt sowie mit einem Poster und Flyern für Tagungsteilnehmer veranschaulicht. Durch die Offenlegung der Methode steht das Konzept der CO₂-neutralen Veranstaltung nun anderen interessierten Kreisen sowie zur weiteren Nutzung durch die Projektpartner zur Verfügung.

7 Voraussichtlicher Nutzen

7.1 Genereller Erkenntnisgewinn und Zielerreichung des Vorhabens

Das IÖW bearbeitete in dem Verbundvorhaben ökonomische und ökologische Analysen und politische Strategien für die an Nachhaltigkeit orientierte Bereitstellung von Dendromasse. Die wichtigsten Erkenntnisse der einzelnen Module werden im folgenden dargestellt.

Im **Modul 3.2 LifeCycleAnalyse** (LCA) wurde mit der etablierten Bilanzierungssoftware „GEMIS - Globales Emissions-Modell Integrierter Systeme“ Lebenszyklusanalysen für den Anbau, Ernte, Logistik und Verwertung von Agrarholz gearbeitet. Die in der zugehörigen Datenbank vorhandenen Datensätze wurden mit den im Projekt neu generierten Ergebnissen aktualisiert und in verschiedenen Prozessstufen detaillierter erfasst als die bis dahin in GEMIS implementierten Datensätze. Die Methode bei der Erstellung der Ergebnisse sowie die Ergebnisse selbst wurden in engem Austausch mit Projektpartnern aus DENDROM erstellt, sowie projektintern als auch mit externen Experten aus anderen Projekten des For-

schungsprogramms (z.B. mit Bearbeitern des Moduls LCA aus dem Projekt Agrowood) diskutiert und qualitätsgesichert.

Die Datensätze sowie der Ergebnisbericht wurden den Autoren der GEMIS-Datenbank zur Verfügung gestellt, wodurch sichergestellt wird, dass das neu gewonnene Wissen in die Ökobilanzforschung Eingang findet.

Die konkreten Ergebnisse des Moduls selbst leisten einen Beitrag zur politischen Entscheidungsfindung und erweitern damit die Entscheidungsgrundlage um Informationen zu ökologischen Auswirkungen des Agrarholzanbaus nach unterschiedlichen Anbauverfahren und verschiedenen Verwertungspfaden. Dafür flossen die Ergebnisse dieses Moduls in die Bewertung der Szenarien und Leitbilder (Modul 5.1), bzw. dienten bereits als Input für die Berechnung des Energie-Szenarios, das für Modul 5.1 erstellt wurde, sowie für die Dissemination der Ergebnisse im Rahmen von Veranstaltungen und Veröffentlichungen.

Im **Modul 4.2 „Ökonomisch-ökologische Bewertung“** wurde Wissen für die angewandte Grundlagenforschung und die politische Entscheidungsfindung generiert. Bewertungen des großflächigen Anbaus von Agrarholz im Kurzumtrieb liegen in der Literatur bislang noch nicht vor, so dass dieses Gebiet über methodische Transferleistung erschlossen wurde. Dazu wurden Ansätze aus der umweltökonomischen Bewertung um weitere Ansätze, wie die Bewertung regionalwirtschaftlicher Auswirkungen und multikriterielle Bewertungsverfahren der ökologischen Ökonomie, erweitert.

Die Ergebnisse des Moduls 4.2 dienen der methodischen Weiterentwicklung ökonomischer Bewertungsverfahren von Maßnahmen mit Umweltauswirkungen. Das im Rahmen des Moduls 4.2 generierte Wissen trägt dazu bei, die Praktikabilität verschiedener ökonomischer Bewertungsverfahren für spezifische Problemstellungen zu beurteilen. Insbesondere wurden Vor- und Nachteile der umweltökonomischen Bewertung mit Hilfe von Nutzen-Kosten-Analysen und multikriteriellen Bewertungsansätzen erschlossen. Es sind somit Grundlagen für die Forschung zur Weiterentwicklung alternativer ökonomischer Bewertungsverfahren gelegt worden.

Derartige Bewertungsverfahren stellen eine wichtige Entscheidungsunterstützung für die Politik dar, wenn es gilt alternative Handlungsoptionen mit vielfältigen Umweltauswirkungen in der Entscheidungsfindung gegeneinander abzuwägen. Die Ergebnisse der im Modul 4.2 durchgeführten Nutzen-Kosten-Betrachtung sind damit eine direkte Entscheidungsunterstützung für den politischen Entscheidungsträger bei der Gestaltung zukünftiger Rahmenbedingungen des Energiepflanzenanbaus. Auch fanden die Ergebnisse Eingang in die im Forschungsprojekt entwickelten Szenarien des Agrarholzanbaus, die sich vorwiegend an politische Entscheidungsträger richten.

Die Ergebnisse dienen der Orientierung sowohl für politische Entscheidungsträger als auch für die Öffentlichkeit. Der Dissemination der Ergebnisse kommt daher eine bedeutende Rolle zu. Zwischenergebnisse wurden im Rahmen verschiedener Workshops, wie z.B. beim Workshop mit Vertretern verschiedener Umweltverbände zum Thema "Ökologische und naturschutzfachliche Aspekte eines Agrarholzanbaus" am 23.5.2007 in Potsdam, mit Experten vorgestellt und zur Diskussion gestellt. Weiterhin wurden Zwischenergebnisse auf der 2. Fachtagung „Anbau und Nutzung von Bäumen auf landwirtschaftlichen Flächen“ am 2./3. Juli 2007 in Freiburg über einen Beitrag zum Thema „Monetäre Bewertung ökologischer Leistungen von Kurzumtriebsplantagen“ vorgestellt und in dem Tagungsband veröffentlicht. Zudem

wurde in der Zeitschrift „Ökologisches Wirtschaften“ ein Artikel zum Thema „Die monetäre Bewertung unserer Wälder“ in der Ausgabe 1/2008 publiziert. Weiterhin werden die Ergebnisse in Form eines Teilbeitrags zum Buch „Nutzung und Anbau von Bäumen auf landwirtschaftlichen Flächen“ unter dem Titel: „Monetäre Bewertung ökologischer Leistungen des Agrarholzanbaus“ veröffentlicht.

Für 2009 ist eine weitere Veröffentlichung der vorliegenden Ergebnisse in einem internationalen wissenschaftlichen Journal in Kooperation mit einigen Projektpartnern geplant. Die methodische Weiterentwicklung der ökonomischen Bewertung wird zudem in zukünftigen Forschungsarbeiten aufgegriffen werden und somit auch Eingang in zukünftige Publikationen finden.

Im **Modul 4.4 Zukunftsprodukte** und **Modul 4.5 Internationale Aspekte der Dendromassenutzung** wurden in einem ersten Schritt maßgebliche Biomassepotenzialanalysen analysiert und vergleichend gegenübergestellt und damit eine Grundlage für die weitere Bearbeitung dieses Moduls geschaffen. Die Ergebnisse wurden auf der 1. Fachtagung "Anbau und Nutzung von Bäumen auf landwirtschaftlichen Flächen" zusammen mit den Projektpartnern LFE und FHE vorgestellt und ein Beitrag zum Thema „Dendromassepotenziale – Vergleich von Potenzialstudien und neuere Ansätze“ für den Tagungsband verfasst. Eine detaillierte Ausarbeitung der Analyse wurde im 1. DENDROM-Diskussionspapier „Biomassepotenziale in Deutschland - Übersicht maßgeblicher Studienergebnisse und Gegenüberstellung der Methoden“ veröffentlicht.

Ein Schwerpunkt bei der Bearbeitung dieses Moduls war die Analyse der Rahmenbedingungen, die die zukünftige Entwicklung und entsprechend die Nachfrage nach Dendromasse-Produkten beeinflussen. Ergebnisse wurden in der Fachzeitschrift „AfZ-Der Wald“ in der Ausgabe 11/2007 mit einem Beitrag zum Thema „Entwicklung der Dendromassenutzung - Ziele und Rahmenbedingungen“ sowie auf der 3. Fachtagung „Anbau von Agrarholz auf landwirtschaftlichen Flächen“ im Rahmen eines Vortrags zum Thema „Rahmenbedingungen für die Bioenergie: Perspektiven für die Agrarholznutzung“ in Cottbus vorgestellt.

In einem weiteren Schritt wurde das Produktspektrum identifiziert, das grundsätzlich aus Dendromasse hergestellt werden kann. Dabei wurden insbesondere auch Produkte berücksichtigt, die Alternativen für Dendromasse-Produzenten darstellen können und innovative Produkte, die zukünftig relevant werden könnten. Dabei wurden auch mögliche Koppel- und Zwischenprodukte mit einbezogen, die bei der Herstellung entstehen. Die Ergebnisse werden derzeit für den Endbericht schriftlich verfasst und bei der Abschlussstagung des Verbundprojekts vorgestellt. Auch ist geplant, die Ergebnisse in Form eines eigenständigen Berichts den im Rahmen der Clusteranalyse (Modul 4.1) befragten Interviewpartnern zur Verfügung zu stellen.

Aus der breit angelegten Befragung von Bioenergieunternehmen in Brandenburg (insbesondere Kraftwerksbetreiber, Anlagenplaner etc.), die für die Erstellung der Clusteranalyse (Modul 4.1) vom IÖW durchgeführt wurde, konnte ein guter Überblick über die diesbezügliche sektorale Struktur sowie zentrale Marktindikatoren erarbeitet werden. Die Ergebnisse werden den Branchenakteuren, insbesondere den zahlreichen Interviewpartnern am Ende des Projektes zur Verfügung gestellt. Die Situation der energetischen Nutzung von Dendromasse in Brandenburg wurde im Rahmen der **Clusteranalyse (Modul 4.1)** detailliert untersucht. Dafür diente die breit angelegte Befragung bei energetischen Verwertern und

Dienstleistern als Grundlage, die vom IÖW bei mehr als 60 Unternehmen durchgeführt wurde. Mit ergänzenden Statistiken, die für diese Branche vorliegen, wurde insgesamt eine umfassende Übersicht über die energetische Verwertung erstellt, die nach vollständiger Auswertung den Unternehmen dieser Branche zugänglich gemacht wird. Das Angebot, die Ergebnisse den befragten Unternehmen zu Verfügung zu stellen, wurde bereits während der Interviews unterbreitet und ist auf großes Interesse gestoßen.

Darüber hinaus hat das IÖW an der Erstellung des Artikels zum Thema „Zukunftsrohstoff Dendromasse – Hintergrund und erste Ergebnisse des Verbundforschungsprojekts DENDROM“ zusammen mit Projektpartnern von der FHE, BTU Cottbus, LFE, ATB und IIWH mitgewirkt, der in der Zeitschrift Forstarchiv in der Ausgabe 3/2007 erschienen ist. Weiterhin wurde ein übergreifender Artikel zum Thema „Holz von landwirtschaftlichen Flächen“ in der Zeitschrift „Ökologisches Wirtschaften“ in der Ausgabe 1/2008 publiziert.

Die hier dargestellten Ergebnisse und methodischen Erkenntnisse dienen der Kompetenzerhaltung sowie der Steigerung der wissenschaftlichen Leistungsfähigkeit des Instituts (siehe auch nachfolgenden Abschnitt). Durch die Veröffentlichung der Ergebnisse sowie den in Teilen transdisziplinären Forschungsprozess erfolgt zusätzlich ein Wissenstransfer zu zentralen Nutzergruppen; hierbei ist insbesondere die Clusteranalyse für die Akteure des Bioenergieclusters in Brandenburg zu nennen. Im Verlauf des Projekts konnte darüber hinaus die Zusammenarbeit mit Instituten, Firmen und Netzwerken vertieft werden. Dies betraf zum einen einige Verbundpartner sowie weitere Partner aus dem Förderschwerpunkt (z.B. im Rahmen weiterer gemeinsamer Projekte, s.u.), zum anderen den Kontakt zu Akteuren aus dem Bioenergiecluster Brandenburg.

7.2 Wissenschaftliche und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit

Im Rahmen des Gesamtprojektes wurde wissenschaftlich fundiertes Wissen in Bezug auf den Agrarholzanbau generiert, das für eine erfolgreiche Etablierung dieser Landnutzungsform notwendig ist. Diese neuen Erkenntnisse wurden für wissenschaftliche Kreise ebenso wie für Nutzergruppen im Rahmen verschiedener Veranstaltungen und Veröffentlichungen adressatenorientiert aufbereitet und veröffentlicht. Doch wurde während der Bearbeitung auch weiterer Forschungsbedarf deutlich. Bereits parallel zur Laufzeit von DENDROM wurden daher in weiteren Forschungsprojekten, an denen das IÖW beteiligt war, derartige offene bzw. weitergehende Fragestellungen bearbeitet. Dabei hat sich das IÖW mit seinen Arbeiten im Projekt DENDROM, seinen Veröffentlichungen und Vorträgen gut in dem für das Institut neuen Thema Agrarholz positionieren können und konnte seinen Wissenstand und seine Kompetenzen zu den angrenzenden Wissensgebieten Wald/Forst und Landwirtschaft deutlich ausbauen. Durch die interne Vernetzung mit den zahlreichen Partnern in DENDROM sowie die externe Vernetzung mit den Partner-Verbänden im Programm Nachhaltige Waldwirtschaft sind einige neue Akquisevorhaben angestoßen worden. Ein bedeutendes Projekt, das sich daraus ergeben hat, war ein Beratungsgutachten für das Büro für Technikfolgenabschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB) zum Thema „Dimensionen einer umweltverträglichen Energiepflanzenproduktion“, bei dem neben annualen und mehrjährigen Energiepflanzen auch das Agrarholz betrachtet wurde und u.a. die Projektpartner FHE und ATB beteiligt waren.

Die Kompetenzen zu Entwicklungstendenzen für die energetische Holznutzung wurden auch in das vom BMBF geförderte Projekt „Zukünfte und Visionen Wald 2100: Langfristige Perspektiven von Wald- und Landnutzung – Entwicklungsdynamiken, normative Grundhaltungen und Governance“ eingebracht, das das IÖW zusammen mit weiteren Projektpartnern erfolgreich beantragt hat. Das IÖW bearbeitet hierin auch die Themen „Stoffliche Verwertung von Holz“ und „Flächennutzungskonkurrenzen“.

Daneben hat das IÖW erfolgreich zwei Nachwuchsgruppen, die im Rahmen der sozial-ökologischen Forschung gerade in der Antragsphase gefördert werden, federführend beantragt bzw. sich an einem gemeinsamen Antrag beteiligt. Die Nachwuchsgruppen zu den Themen Biokraftstoffe und 100%-EE-Regionen auf der Basis von Biomasse werden für die wissenschaftlichen Mitarbeiter die Möglichkeit zur Weiterqualifizierung bieten sowie zum Stellenausbau führen. Damit ist die wirtschaftliche Grundlage geschaffen, mit der die Vertiefung Biomasse/Bioenergie am IÖW weiter fortgeführt werden kann.

Auch konnte das im Rahmen der Bearbeitung erworbene methodische Wissen bereits in anderen Projekten erfolgreich eingesetzt werden, wie z.B. die energetisch-ökologische Bewertung mit der Bilanzierungssoftware GEMIS in der von foodwatch in Auftrag gegebenen Studie „Klimawirkungen der Landwirtschaft in Deutschland“.

8 Veröffentlichungen

2009

- 📖 Schägner, J. P.: Monetäre Bewertung ökologischer Leistungen des Agrarholzanbaus, in: Anbau und Nutzung von Bäumen auf landwirtschaftlichen Flächen (Hrsg: T. Reeg), Weinheim, in Vorbereitung.
- 📖 Steinfeldt, M.: Ökologische Bewertung des Zukunftsrohstoffs Agrarholz, in: Anbau und Nutzung von Bäumen auf landwirtschaftlichen Flächen (Hrsg: T. Reeg), Weinheim, in Vorbereitung.

2008

- 📖 Knur, L., Murn, Y., Murach, D., Aretz, A., Hirschl, B., Schägner, J. P., Steinfeldt, M., Fiedler, P., Schultze, M., Bilke, G., Hagemann, H., Schneider, B.U., Quinkenstein, A., Eberts, J., Grundmann, P., Rock, J., Bräkow D., Jochheim H.: Szenarien und Handlungsempfehlungen für eine nachhaltige Dendromassebereitstellung in Brandenburg. DENDROM – Zukunftsrohstoff Dendromasse: Systemische Analyse, Leitbilder und Szenarien für die nachhaltige energetische und stoffliche Verwertung von Dendromasse aus Wald- und Feldgehölzen. Endbericht, in Vorbereitung.
- 📖 Knur A., Murach, D., Aretz, A., Hirschl, B., Schneider B. U.: Handlungsempfehlungen für eine nachhaltige Dendromasse-Bereitstellung im Land Brandenburg - Ergebnisse

aus dem Verbundforschungsprojekt DENDROM. In: Archiv für Forstwesen und Landschaftsökologie, 42 (2008) 3, S. 134 - 137.

- 📖 Aretz, A., Hirschl, B.: Energetische Nutzung von Dendromasse in Brandenburg, in: Forst und Holz, 63. Jg. (2008) Heft 6, S. 29-32, 2008.
- 📖 Aretz, A.; Hirschl., B.: Holz von landwirtschaftlichen Flächen, in: Ökologisches Wirtschaften, 1/2008, S. 19-21, 2008.
- 📖 Schägner, J. P.: Die monetäre Bewertung unserer Wälder, in Ökologisches Wirtschaften, 1/2008, S. 24, 2008.

2007

- 📖 Aretz, A., Hirschl., B.: Ziele und Rahmenbedingungen - Entwicklung der Dendromassenutzung, in: AFZ-DerWald, 62. Jg. (2007) Heft 21, S. 1132-1135, 2007.
- 📖 Schägner, J. P.: Monetäre Bewertung ökologischer Leistungen von Kurzumtriebsplantagen, in: Anbau und Nutzung von Bäumen auf landwirtschaftlichen Flächen, Tagungsband, Freiburg.
- 📖 Murach, D., Kindermann, C., Hirschl, B., Aretz, A., Schneider, B.-U., Grünwald, H., Schultze, B., Quinkenstein, A., Bilke, G., Muchin, A., Eberts, J., Grundmann, P., Jochheim, H., Scherzer, J., Hagemann H.: Zukunftsrohstoff Dendromasse – Hintergrund und erste Ergebnisse des Verbundforschungsprojekts DENDROM, in: Forstarchiv, 78. Jg. (2007) Heft 3, 2007.
- 📖 Aretz, A., Hirschl B.: Biomassepotenziale in Deutschland - Übersicht maßgeblicher Studienergebnisse und Gegenüberstellung der Methoden. 1. Dendrom-Diskussionspapier, 2007. http://www.dendrom.de/daten/downloads/Diskussionspapier_Potenzial_analyse_I%D6W.pdf
- 📖 Steinfeldt, M.: Ökologische Bewertung des Zukunftsrohstoffs Dendromasse, in: AFZ-DerWald, 62. Jg. (2007) Heft 21, S. 1136-1137, 2007.

2006

- 📖 Aretz, A., Hirschl, B., Muchin, A., Bilke, G., Walotek, P.: Dendromassepotenziale – Vergleich von Potenzialstudien und neuere Ansätze, in: Anbau und Nutzung von Bäumen auf landwirtschaftlichen Flächen, Tagungsband, Tharandt, 2006.

9 Literatur

Arnold, Karin; Ramesohl, Stephan; Grube, Thomas; Menzer, Reinhard; Peters, Ralf (2006): Strategische Bewertung der Perspektiven synthetischer Kraftstoffe auf Basis fester Biomasse in NRW. Wuppertal, Jülich.

Baitz, M.; Binder, M.; Degen, W.; Diemling, S.; Krinke, S.; Rudloff, M. (2004): Kurzfassung: Vergleichende Ökobilanz von SunDiesel (Choren-Verfahren) und konventionellen Dieseldieselmotorkraftstoff.

http://www.choren.com/de/choren_industries/informationen_presse/info_downloads/,
Zugriffsdatum: 10.11.2005.

Bernhardt, Dörte (2006): Ökobilanz von Bioethanol. Eine Literaturstudie. Bonn.

BMU (Hrsg.) (2004): Ökologisch orientierter Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland. Berlin.

Briem, S.; Blesl, M.; Fahl, U. u.a. (2004): Lebenszyklusanalysen ausgewählter zukünftiger Stromerzeugungstechniken. Stuttgart. <http://www.biomasse-energie.de/html/service/Veroeffentlichung.html>, Zugriffsdatum: 18.11.2005.

DIE ZEIT (2006): Holzheizungen dreckiger als alle Motoren. ZEIT NR. 19, 04. Mai 2006, Hamburg.

DGfH (Hrsg.) (1997): Ökobilanzen Holz. München.

EEE [Europäisches Zentrum für erneuerbare Energien Güssing] (2008): Modell Güssing. <http://www.eee-info.net/deutsch.php?bereich=modell> (20.6.2008)

Eltrop, L.; Moerschner, J. (2004): Holzenergienutzung in Baden-Württemberg – eine ökonomische und ökologische Chance. <http://www.biomasse-energie.de/html/service/Veroeffentlichung.html>, Zugriffsdatum: 18.11.2005.

Eltrop, L.; Voß, A.; Berger, R.; Scheffknecht, G.; Braun-Unkloff, M.; Aigner, M. (2005): Konkurrenzanalyse der energetischen Nutzung von Biomasse. Projektabschlussbericht. Stuttgart. http://www.zes.uni-stuttgart.de/deutsch/downloads/ZES_2005_0007_Konkurrenzanalyse_Biomasse.pdf, Zugriffsdatum: 28.09.2005.

EN ISO 14040 (1997): Umweltmanagement. Ökobilanz - Prinzipien und allgemeine Anforderungen

EN ISO 14041 (1998): Umweltmanagement. Ökobilanz – Festlegung des Ziels und des Untersuchungsrahmens sowie Sachbilanz

EN ISO 14042 (2000): Umweltmanagement. Ökobilanz – Wirkungsabschätzung

EN ISO 14043 (2000): Umweltmanagement. Ökobilanz - Auswertung

Energie&Management (2006): Wurzeln für das Heizkraftwerk. http://www.bhkw-infozentrum.de/beispiele/bhkw_des_monats_07_2006.pdf (24.06.2008).

- FNR [Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.] (Hrsg.) (2005): Leitfaden Bioenergie. Planung, Betrieb und Wirtschaftlichkeit von Bioenergieanlagen; Gülzow. http://fnr-server.de/cms35/fileadmin/biz/pdf/leitfaden/leitfaden_bioenergie.pdf, Zugriffsdatum: 21.09.2005.
- FNR [Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V.] (Hrsg.) (2006): Biokraftstoffe eine vergleichende Analyse; Gülzow.
- FNR [Fachagentur nachwachsende Rohstoffe] (2006a): Gülzower Fachgespräche (Band 25): Wasserstoff aus Biomasse.
- FAL - Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (Hrsg.) (2000): Bewertung von Verfahren der ökologischen und konventionellen landwirtschaftlichen Produktion im Hinblick auf den Energieeinsatz und bestimmte Schadgasemissionen, Braunschweig.
- Fritsche, U.; Buchert, M.; Hochfeld, Ch; Jenseit, W.; Matthes, F.; Rausch, L.; Stahl, H. (o. J.): GE-MIS – Ein Computer-Instrument zur Umwelt- und Kostenanalyse von Energie-, Transport- und Stoffsystemen. Darmstadt u.a. Regelmäßige Aktualisierungen.
- Fritsche, U; Dehoust, G.; Jenseit, W. u.a. (2004): Stoffstromanalyse zur nachhaltigen energetischen Nutzung von Biomasse. Endbericht zum gleichnamigen Verbundprojekt gefördert vom BMU. Darmstadt u.a.
- Geier, U. (2000): Anwendung der Ökobilanz – Methode in der Landwirtschaft – dargestellt am Beispiel einer Prozess – Ökobilanz konventioneller und organischer Bewirtschaftung, Schriftenreihe der Universität Bonn: Institut für Organischen Landbau (Hrsg.: Ulrich Köpke), 1. Auflage, Verlag Dr. Köster, Berlin.
- Hartmann, H.; Kaltschmitt, M. (Hrsg.) (2002): Biomasse als erneuerbarer Energieträger. Münster.
- Hofbauer, H.; Rauch, R.; Fürnsinn, S.; Aichernig, Ch. (2006): Energiezentrale Güssing. Energiezentrale zur Umwandlung von biogenen Roh- und Reststoffen einer Region in Wärme, Strom, BioSNG und flüssige Kraftstoffe. Wien.
- Hoffmann, E.; Weiß, J.; Hirschl, B. (2002): Machbarkeitsstudie für neue Umweltzeichen für die Produktgruppe: Holzpelletfeuerungen. Berlin.
- Hölscher, T.; Deimling, S.; Freiermuth Knuchel, R.; Gaillard, G.; Kägi, T.; Müller-Sämann, K. (2007): Energieproduktion aus landwirtschaftlicher Biomasse am Oberrhein – Auswirkungen für Landwirtschaft und Umwelt. Müllheim. http://www.pe-international.com/fileadmin/user_upload/news/2008/downloads/Endbericht_Bioenergie.pdf, Zugriffsdatum: 13.02.2008.
- IE [Institut für Energetik und Umwelt] (2007): Informationen zur Internationalen Tagung: Thermo-chemische Biomasse-Vergasung für eine effiziente Strom- /Kraftstoffbereitstellung; Leipzig.
- IFEU / IUS (2004): Naturschutzaspekte bei der Nutzung erneuerbarer Energien, Projektendbericht für das BfN, Heidelberg/Potsdam. http://www.bfn.de/09/naturschutzaspekte_ee.pdf, Zugriffsdatum: 16.11.2005.
- Jungmeier (2006): Wasserstoff aus erneuerbarer Energie in Österreich – Ein Energieträger der Zukunft?

- Kaltschmitt, M.; Hartmann, H. (Hrsg.) (2001): Energie aus Biomasse – Grundlagen, Techniken und Verfahren. Berlin
- Kaltschmitt, M.; Merten, D.; Fröhlich, N.; Nill, M. (2003): Energiegewinnung aus Biomasse. Gutachten für den WBGU, Berlin, Heidelberg. http://www.wbgu.de/wbgu_jg2003_ex04.pdf, Zugriffsdatum: 18.11.2005.
- Köppel, J.; Peters, W.; Schultze, Ch. (2004): Integration naturschutzfachlicher Ziele in Szenarien u. Modelle zur energetischen Nutzung von Biomasse. Kurzgutachten zum Umgang der Flächenrestriktionen der energetischen Biomassenutzung durch Naturschutz. In: Fritsche, U; Dehoust, G.; Jenseit, W. u.a. (2004): Stoffstromanalyse zur nachhaltigen energetischen Nutzung von Biomasse. Als Anhangband I zum Endbericht zum gleichnamigen Verbundprojekt. Darmstadt u.a.
- Korbun, Thomas; Steinfeldt, Michael; Kohlschütter, Niels; Naumann, Sandra; Nischwitz, Guido; Hirschfeld, Jesko; Walter, Sabine (2004): Was kostet ein Schnitzel wirklich? Ökologisch-ökonomischer Vergleich der konventionellen und der ökologischen Produktion von Schweinefleisch in Deutschland. Schriftenreihe des IÖW 171/04. Berlin.
- Kruck, Ch.; Eltrop, L. (2004): Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien. Eine ökonomische und ökologische Analyse im Hinblick auf eine nachhaltige Energieversorgung in Deutschland. Stuttgart. http://www.zes.uni-stuttgart.de/deutsch/downloads/ZES_2004_0001_Stromerzeugung%20Erneuerbare_kurz.pdf, Zugriffsdatum: 21.11.2005.
- Leible, L. ; Arlt, A. ; Fürniß, B.; Kälber, S. ; Kappler, G. ; Lange, S.; Nieke, E.; Rösch, C.; Wintzer, D. (2003): Energie aus biogenen Rest- und Abfallstoffen. Bereitstellung und energetische Nutzung organischer Rest- und Abfallstoffe sowie Nebenprodukte als Einkommensalternative für die Land- und Forstwirtschaft – Möglichkeiten, Chancen und Ziele. Karlsruhe.
- LfU [Bayrisches Landesamt für Umwelt] (2006): Bioenergie – Umweltfreundliche Nutzung nachwachsender Rohstoffe. http://www.lfu.bayern.de/umweltwissen/klima_energie/doc/beitraege_tagungsbaende/bioenergie_2006.pdf (24.06.2008).
- LVLf [Landesamt für Verbraucherschutz, Landwirtschaft und Flurneuordnung] (Hrsg.) (2005): Datensammlung für die Betriebsplanung und die betriebswirtschaftliche Bewertung landwirtschaftlicher Produktionsverfahren im Land Brandenburg; Frankfurt (Oder).
- Neubarth, J.; Kaltschmitt, M. (Hrsg.) (2000): Erneuerbare Energien in Österreich. Wien.
- Nussbaumer, Thomas (2005): Dieselruss und Holzfeinstaub grundverschieden. Holz-Zentralblatt, 70 (2005), 932–933.
- Oertel, D. (2007): Industrielle stoffliche Nutzung nachwachsender Rohstoffe. Büro für Technikfolgenabschätzung beim Deutschen Bundestag. Sachstandsbericht zum Monitoring „Nachwachsende Rohstoffe“, Arbeitsbericht Nr. 114
- Ramesohl, Stephan; Arnold, Karin; Kaltschmitt, Martin; Scholwin, Frank; Hofmann, Frank; Plättner, Andre; Kalies, Martin; Lulies, Sönke; Schröder, Gerd; Althaus, Wilhelm; Urban, Wolfgang; Burmeister, Frank (2005): Analyse und Bewertung der Nutzungsmöglichkeiten von Biomasse. Wuppertal, Leipzig, Oberhausen, Essen, 73 S.

ReFuelNet: Netzwerk regenerativer Kraftstoffe (2006):
<http://www.refuelnet.de/index.php?l=C&m=A>

Reinhardt, Guido; Gärtner, Sven; Patyk, Andreas; Rettenmaier, Nils (2006): Ökobilanzen zu BTL: Eine ökologische Einschätzung. Heidelberg. http://www.fnr-server.de/pdf/literatur/pdf_251ifeu-btl-studie-fnr.pdf, Zugriffsdatum: 20.12.2006.

Rodehuts Kors (2006): Nachwachsende Rohstoffe – Ethen aus der Holzvergasung.

RWE (2008): RWE Innogy creates fuel-wood plantations for energy. Pressemitteilung vom 28.03.2008, <http://www.rwe.com/app/Pressecenter/DownloadGen.aspx?pmid=4002107> (19.06.2008).

Schulte (2007): Dendromasse – Trends und Interdependenzen. Forstarchiv Mai/Juni 2007.

Steinfeldt, Michael (2008): Ökologische Bewertung des Zukunftsrohstoffs Dendromasse. In: Dendrom-Projektverbund (Hrsg.) (2008): DENDROM – Zukunftsrohstoff Dendromasse. Systemische Analyse, Leitbilder und Szenarien für die nachhaltige energetische und stoffliche Verwendung von Dendromasse aus Wald- und Feldgehölzen. Projektendbericht. Eberswalde.

Steinfeldt, M. (2007): Ökologische Bewertung des Zukunftsrohstoffs Dendromasse. In: AFZ der Wald, 21/2007, S.1136-1137.

Steinfeldt, Michael (2002): Umfassende Integrationsformel. Methode zur ökonomischen Bewertung von ökologischen Systemvergleichen am Beispiel Bioabfall. In: Ökologisches Wirtschaften 3-4/2002, S. 27-29, Berlin.

Steinfeldt, Michael; Petschow, Ulrich; Keil, Michael (2002): Ökonomische Bewertung von Systemen zur Verwertung von biologisch-organischen Abfällen, Schriftenreihe des IÖW 164/02, Berlin.

Scholz, V.; Hellbrand, H. J.; Höhn, A. (2004): Energetische und ökologische Aspekte der Feldholzproduktion. In: Bornimer Agrartechnische Berichte, Heft 35, Potsdam.

Scholwin, F.; Michel, J.; Schröder, G.; Kalies, M. (2006): Ökologische Analyse einer Biogasnutzung aus nachwachsenden Rohstoffen. Leipzig.

Schweinle, J. (2000): Methoden zur Integration des Aspekts der Flächennutzung in der Ökobilanzierung. Mitteilungen der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft, Hamburg.

Schweinle, J. (ed.) (2002): The Assessment of Environmental Impacts caused by Land Use in the Life Cycle Assessment of Forestry and Forest Products. Mitteilungen der BFH, Nr. 209, Hamburg.

Specht, M.; Zuberbühler, U.; Bandi, A. (2004): Kraftstoffe aus erneuerbaren Ressourcen – Potenziale, Herstellung, Perspektiven. http://www.refuelnet.de/content/refuelnet/pdf/RFN_04.pdf, Zugriffsdatum: 15.11.2005.

Stucki, S. (2007): Produktion gasförmiger Kraftstoffe – Stand der Technik.

Umweltbundesamt (2006): Die Nebenwirkungen der Behaglichkeit: Feinstaub aus Kamin und Ofen. Hintergrundpapier, Dessau. <http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-presse/hintergrund/holzfeuerung.pdf>, Zugriffsdatum: 25.06.2006.

Vogt, R.; Knappe, F.; Giegrich, J.; Detzel, A. (2002): Ökobilanz Bioabfallverwertung. Untersuchungen zur Umweltverträglichkeit von Systemen zur Verwertung von biologisch-organischen Abfällen, Berlin.

Wietschel, M.; Fichtner, W.; Rentz, O. (Hrsg.) (2002): Regenerative Energieträger. Landsberg.

Wissenschaftlicher Beirat des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2007): Gutachten „Nutzung von Biomasse zur Energiegewinnung – Empfehlungen an die Politik“, 2007, www.bmelv.de.

Wörgetter, M.; Lechner, M.; Rathbauer, J. (1999): Ökobilanz Biodiesel. Eigenverlag der BLT, Wieselburg. <http://www.blt.bmlf.gv.at/vero/Veroeff-Biodiesel.htm>, Zugriffsdatum: 10.11.2005.

Zschunke, T., Bräkow, D., Salomo, B. (2008): Äpfel und Birnen der Energietechnik vergleichen: Substitutionseffektanalyse (SEA), Posterbeitrag zur DGMK Fachbereichstagung, Energetische Nutzung von Biomasse 14.-16. April 2008 in Velen/Westf.