



Umwelt-Campus Birkenfeld

IfaS

Institut für angewandtes Stoffstrommanagement

Abschlussbericht zur Analyse von Biomassepotenzialen der Naturlandstiftung Saar und der Ökoflächenmanagement gGmbH

Auftraggeber:

Naturland ÖKOFLÄCHEN-MANAGEMENT gGmbH
Eberhard Veith
Feldmannstraße 85
66119 Saarbrücken

Projektleitung:

Prof. Dr. Peter Heck

Erstellt von:

Dipl. Betriebswirtin (FH) Ines Speiser

Dipl. Forstwirt (TU) Bernhard Wern

Birkenfeld, November 2004

Projektleiter

Prof. Dr. Peter Heck

Institut für angewandtes Stoffstrommanagement (IfaS)

PF 1380

55761 Birkenfeld

I Inhaltsverzeichnis

I	Inhaltsverzeichnis	III
II	Abbildungsverzeichnis	V
III	Tabellenverzeichnis	VI
IV	Abkürzungsverzeichnis	VII
	Zusammenfassung	1
1	Einführung.....	3
1.1	Aufgabenstellung	3
1.2	Die Naturlandstiftung Saar	5
1.3	Ökoflächenmanagement (ÖFM) gGmbH.....	5
2	Methodik	6
2.1	Halmgut-/ grasartige Biomasse.....	8
2.2	Holzartige Biomasse	10
2.3	Holz aus Waldflächen	12
2.4	Sonstige Pflanzen	12
3	Grundlagen Biomasse	14
3.1	Definitionen der Potenzialbegriffe	17
3.2	Biomassekategorien.....	19
3.2.1	Halmgutartige Biomasse aus der Landschaftspflege	19
3.2.2	Holzartige Biomasse	20
3.2.3	Waldholz	21
3.3	Energetische Verwertung ausgewählter Biomassen	22
3.3.1	Strohfeuerungsanlage	22
3.3.2	Biogasanlage	24
3.3.3	Holzhackschnitzelanlage	27
4	Stoffstrommanagement und -aufbereitung ausgewählter Biomassen.....	32
4.1	Halmgutartige Biomasse	33
4.2	Holzartige Biomasse	34
4.2.1	Holzernte von HHS aus dem Wald.....	34
4.2.2	Bereitstellung von HHS aus holzartiger Biomasse	37
4.2.3	Lagerung und Trocknung von HHS	39

5	Biomassepotenziale der Naturlandstiftung Saar und der ÖFM gGmbH.....	40
5.1	Pflegeflächen der Naturlandstiftung Saar	40
5.1.1	Halmgutartige Biomassepotenziale	40
5.1.2	Holzartige Biomassepotenziale	44
5.1.3	Waldholzpotenziale.....	44
5.2	Pflegeflächen der ÖFM gGmbH.....	45
5.2.1	Halmgutartige Biomassepotenziale	45
5.2.2	Holzartige Biomassepotenziale	47
5.2.3	Waldholzpotenziale.....	48
5.3	Ergebnisse aus den Pflegemaßnahmen der Jahre 2001-2003	48
5.3.1	Halmgutartige Biomassepotenziale	49
5.3.2	Holzartige Biomassepotenziale	54
5.3.3	Waldholzpotenziale.....	54
5.4	Zusammenfassung der Ergebnisse	55
6	Ermittlung des Produktpreises.....	61
6.1	Halmgutartige Biomasse	61
6.2	Holzartige Biomasse	62
6.3	HHS aus dem Wald.....	63
6.4	Zusammenfassung und Ausblick	65
7	Ausblick: Vorschlag für die Pflege einer Teilfläche.....	67
7.1	Blickweiler-Breitfurt im Saarpfalz – Kreis.....	68
	Literaturverzeichnis	71

II **Abbildungsverzeichnis**

Abbildung 1: Verfahrensbestimmende Faktoren in der Landschaftspflege	6
Abbildung 2: Zuordnungs-, Nutzungs- und Aufbereitungsmöglichkeiten für Biomasse.....	16
Abbildung 3: Nutzung von grasartiger Biomasse in Böckweiler, Saarpfalz - Kreis	20
Abbildung 4: Linienartige Feldgehölzstruktur bei Blickweiler-Breitfurt, Saarpfalz-Kreis	21
Abbildung 5: Vereinfachte Darstellung des Abbaus organischer Substanz bei der Biogasgewinnung	25
Abbildung 6: Biogasanlage mit Kofermentation	27
Abbildung 7: Hackschnitzelharvester im Einsatz	35
Abbildung 8: Hackschnitzelharvester beim Umschütten seines Hackgutes	36
Abbildung 9: Methanerträge pro Landkreis mit Stadtverband Saarbrücken	43
Abbildung 10: Substitution von Heizöl durch energetische Nutzung von Heu-Rundballen	43
Abbildung 11: Heizöläquivalente durch den Einsatz von Rundballen in Energieanlagen.....	47
Abbildung 12: Summe der Biogasmengen in m ³ der Jahre 2001 - 2003	50
Abbildung 13: Biogaspotenziale 2001-2003 verteilt auf die Landkreise im Saarland mit Stadtverband Saarbrücken.....	51
Abbildung 14: Thermische Verwertung der Rundballen.....	52
Abbildung 15: Erhaltene Kilowattstunden bei Rundballenverbrennung	53
Abbildung 16: Holzpotenziale aus den Pflegemaßnahmen der Jahre 2001-2003.....	55
Abbildung 17: Summe der Biogaserträge auf Landkreisebene mit Stadtverband Saarbrücken.....	57
Abbildung 18: Holzartige Biomassepotenziale verteilt auf die Landkreise mit Stadtverband Saarbrücken.....	58
Abbildung 19: Waldholzpotenziale verteilt auf die Landkreise mit Stadtverband Saarbrücken	59
Abbildung 20: Abhängigkeit der Aufarbeitungskosten vom Durchmesser der Bäume	64
Abbildung 21: Beispielrechnung: Pflegematerial/Strauchschnitt 40 Srm	66
Abbildung 22: Durch Windwurf gefährdete Pappeln in Blickweiler-Breitfurt	68

III Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Anzahl der Rundballen in Abhängigkeit vom Wiesentyp	10
Tabelle 2: Umrechnungsfaktoren für Festmeter, Raummeter und Schüttraummeter	30
Tabelle 3: Verschiedene aktuelle Hackertechnologien, ausgestellt bei der Interforst 2002 in München	37
Tabelle 4: Aufwuchsmassen in Tonnen pro Jahr in Abhängigkeit vom Wiesentyp.....	41
Tabelle 5: Methanerträge in m ³ pro Jahr in Abhängigkeit vom Wiesentyp	41
Tabelle 6: Anzahl der Rundballen pro Jahr und Wiesentyp	42
Tabelle 7: Holzartige Biomassepotenziale, Naturlandstiftung Saar	44
Tabelle 8: Waldholzpotenziale, Naturlandstiftung Saar	44
Tabelle 9: Größe der Pflegeflächen der ÖFM gGmbH in Hektar	45
Tabelle 10: Trockenmasseerträge aus den Pflegeflächen der Ökokonto- und Ersatzmaßnahmen	45
Tabelle 11: Anzahl der Rundballen pro Wiesentyp	46
Tabelle 12: Holzartige Biomassepotenziale, ÖFM gGmbH.....	48
Tabelle 13: Waldholzpotenziale, ÖFM gGmbH	48
Tabelle 14: Flächengröße pro Wiesentyp in Hektar, Pflegemaßnahmen 2001-2003	49
Tabelle 15: Summe der Trockenmasseerträge der Jahre 2001-2003	50
Tabelle 16: Erzeugte kWh und Heizölsubstitution durch Pflegemaßnahmen der Jahre 2001-2003	51
Tabelle 17: Anzahl der Rundballen bei Pflegemaßnahmen 2001-2003	52
Tabelle 18: Heizölsubstitution durch Einsatz der Rundballen in Feuerungsanlagen	53
Tabelle 19: Holzartige Biomassepotenziale durch Pflegemaßnahmen 2001-2003	54
Tabelle 20: Waldholzpotenziale aus den Pflegemaßnahmen der Jahre 2001-2003	54
Tabelle 21: Holzartige Grünschnittpotenziale der Naturlandstiftung Saar und ÖFM gGmbH	57
Tabelle 22: Waldholzpotenziale der Naturlandstiftung Saar und ÖFM gGmbH	58
Tabelle 23: Zusammenfassende Darstellung der Holzpotenziale.....	59
Tabelle 24: Kostenansatz für das Mähen von Teilflächen	62
Tabelle 25: Holzerntekosten bei verschiedenen Holzernteverfahren	63
Tabelle 26: Abhängigkeit des Holzhackschnitzelpreises von der Transportentfernung	64

IV Abkürzungsverzeichnis

a	Jahr
BHKW	Blockheizkraftwerk
BTL	biomass to liquid
°C	Grad Celsius
CH ₄	Methan
CO ₂	Kohlendioxid
€	Euro
Fm	Festmeter
gGmbH	gemeinnützige Gesellschaft mit beschränkter Haftung
GJ	Gigajoule
h	Stunde
ha	Hektar
H _o	Brennwert
H _u	Heizwert
HHS	Holzhackschnitzel
H ₂ S	Schwefelwasserstoff
IfaS	Institut für angewandtes Stoffstrommanagement
kg	Kilogramm
kW	Kilowatt
kWh	Kilowattstunden
m ³	Kubikmeter
max	Maximum
min	Minimum
MwSt	Mehrwertsteuer
oTS	organische Trockensubstanz

ÖFM	Ökoflächen-Management gGmbH
Srm	Schüttraummeter
t	Tonne
TM	Trockenmasse
u. a.	unter anderem
u. a. m.	und andere mehr
v. a.	vor allem
z. B.	zum Beispiel

Zusammenfassung

IfaS wurde im April 2004 von der Naturlandstiftung und der Ökoflächenmanagement gGmbH mit der Studie "Analyse von Biomassepotenzialen der Naturlandstiftung Saar und der Ökoflächenmanagement gGmbH" beauftragt. Die Problemstellung ist die Kostenlage der Entsorgung der jährlich beim Auftraggeber anfallenden Biomasse aus den geschützten Biotopflächen. These ist, dass die energetische Nutzung der anfallenden Biomasse zu einer Kostenvermeidung führt.

Die Biomasse und der Begriff der Biomassepotenziale wird definiert. In dieser Studie werden mittelfristig Potenziale, welche innerhalb einer zehnjährigen Dauer anfallen, betrachtet. Diese werden in jährlich anfallende Potenziale umgerechnet. Die Pflegemaßnahmen der Jahre 2001-2003 werden zwar energetisch beschrieben, fallen jedoch nicht in die Gesamtbetrachtung, da die hier anfallenden Mengen von Jahr zu Jahr zu verschieden sind. Die Grundlagen der energetischen Verwertung von Biomasse zeigen die wichtigsten technischen Möglichkeiten auf, Biomasse energetisch zu nutzen. Die Verwendung von frischem Gras oder Silagen als Ko-Substrat in Biogasanlagen ist grundsätzlich möglich. Grasartige Biomasse wird derzeit vor allem von Landwirten genutzt. Soll dieses in Biogasanlagen eingesetzt werden, müssen die derzeitigen Verwertungsstrukturen geändert werden. Hier ist zu entscheiden, ob diese Strukturen nicht auch weiterhin genutzt werden sollten, da die Landwirtschaft durch die Pacht der Flächen für den Eigenbedarf gestärkt werden. Erst wenn die Landwirte diese Flächen nicht mehr benötigen, ist die Nutzung in Biogasanlagen aus diesem Hintergrund sinnvoll.

Die Aufbereitung der Biomasse ist von entscheidender Bedeutung für die spätere energetische Nutzung. Die wichtigsten Technologien und Neuerungen der Ernte und Weiterverarbeitung werden vorgestellt. Von besonderer Wichtigkeit für die energetische Nutzung von HHS ist die Lagerung und Trocknung der Hackschnitzel.

Für die Aufnahme der Biomassepotenziale wurden auf ausgewählten Teilflächen Begehungen durch das IfaS durchgeführt. Die Biomassepotenziale, die aus der Flächenpflege durch die Naturlandstiftung Saar und ÖFM gGmbH anfallen, sind in grasartige-, holzartige- und Waldholzpotenziale gegliedert. Jährlich können durch die Flächenpflege mit Ausnahme der Pflegemaßnahmen der Jahre 2001-2003 beim Einsatz grasartiger Biomassen als Ko-Substrat in Biogasanlagen rund $437.000 \text{ m}^3_{\text{min}}$ bzw. $648.000 \text{ m}^3_{\text{max}}$ Biogas erzeugt werden. Das entspricht ca. $262.200 \text{ I}_{\text{min}}$ bzw.

388.800 I_{max} mit einem Wert von 120.600 €_{min} bzw. 179.000 €_{max}. Im Saarpfalz - Kreis sind mit rund 355.000 m³_{min} bzw. 527.000 m³_{max} die größten Potenziale an Biogas aus grasartiger Biomasse vorhanden.

Jährlich sind in etwa 2.600 Srm holzartige Biomasse verfügbar, die größten Potenziale werden im Landkreis Merzig – Wadern mit 1.160 Srm ermittelt. Erfolgt mit den gesamten 2.600 Schüttraummeter eine energetische Verwertung, können ca. 140.000 l Heizöl substituiert werden. Bei einem Heizölpreis von 0,46 €/l netto entspricht dies einem Geldwert von ca. 64.400 €

Beim Waldholz finden sich die größten Potenziale mit 3.000 Srm im Landkreis Neunkirchen. Insgesamt sind im Saarland ca. 7.000 Srm jährlich verfügbar. Mit den 7.000 Srm Waldholzhackschnitzel können ca. 6.300 MWh erzeugt werden. Das entspricht einem Heizöläquivalent von rund 630.000 l mit einem Wert von 289.800 €

Die Holzpotenziale können eine kontinuierlichen Wärmeversorgung von etwa vier Heizwerken mit einer Nennleistung von jeweils 1000 kW abdecken, wenn die beschriebene Nutzungsplanung durchgeführt wird. Damit können ca. 4 größere Schulkomplexe mit Schwimmbad oder aber ein Neubaugebiet mit ca. 300 Einfamilienhäuser über ein Nahwärmenetz mit Wärme versorgt werden.

Um einen Überblick über die ökonomischen Vorteile der Biomassenutzung zu bekommen, werden die Kosten der derzeitigen Pflegemaßnahmen durch externe Angebote für die Ernte der halmgutartigen und holzartigen Biomasse geschätzt. Daraufhin werden die Erlöse einer möglichen energetischen Nutzung gegenübergestellt. Es zeigt sich, dass bei der energetischen Nutzung von Feldgehölzen ein Kostenvorteil von 20 % erkennbar ist. Waldholz kann unter optimalen Voraussetzungen annähernd kostendeckend geerntet werden.

Voraussetzung einer Nutzung ist jedoch die Entstehung von Biomasseheiz(kraft)werken. In Rheinland-Pfalz sind schon zahlreiche Anlagen entstanden. In den nächsten Jahren wird diese Entwicklung auch im Saarland weitergehen. Abschließend wird anhand einer Teilfläche das Beispiel eines Pflegeplanes zur energetischen Nutzung vorgestellt. Wichtig für eine Verstetigung der energetischen Nutzung von Biomasse ist das Vorgehen bei der Einteilung der jährlichen Flächennutzungen nach einem energetischen Biomassekataster.

Eine Datenbank mit der energetischen Betrachtung aller Teilflächen ist beigelegt.

1 Einführung

1.1 Aufgabenstellung

Die Naturlandstiftung Saar und die Ökoflächenmanagement gGmbH (ÖFM gGmbH) mit Sitz in Saarbrücken besitzen große Mengen an Flächen, auf denen bei der Pflege Biomassen anfallen, die nicht oder nur ungenügend energetisch genutzt werden. Aus landesweiten Pflegemaßnahmen werden diese energetisch nutzbaren Hölzer und Gräser in Kompostieranlagen gesammelt bzw. vor Ort belassen und so mit Kosten und Energieaufwand suboptimal verwertet. Ein Grund hierfür ist die fehlende Logistik. Es existieren noch keine Biomassezentren im Saarland, in denen die Akteure ihre Stoffströme konfektionieren und für einen Nutzer marktgerecht aufbereiten können.

Für den Betrieb der Naturlandstiftung Saar und der ÖFM gGmbH sollen die Potenziale der Stoffstromkette Biomasse aufgenommen werden, die den bestehenden und zukünftigen Biomasseheizanlagen als Energieträger dienen könnten.

Die Potenziale sind in dieser Studie unterteilt in:

- halmgut-/ grasartige Biomassepotenziale
- holzartige Biomassepotenziale mit Energieholz aus Feldgehölzen
- Holz aus Waldflächen (z. B. Rodungsholz) bzw. einzelne Bäume

Der Potenzialbegriff in dieser Studie bezieht sich ausdrücklich nur auf kurzfristig verfügbare Potenziale. Längerfristig verfügbare Potenziale werden aufgrund derzeit absehbarer Entwicklungen für die nächsten zehn Jahre abgeschätzt. Theoretische und technisch verfügbare Potenziale wurden durch das Institut für ZukunftsEnergieSysteme (IZES) in der „Biomassestudie Saarland“¹ für das gesamte Land ermittelt.

¹ Vgl. Studie zur Weiterentwicklung der energetischen Verwertung von Biomasse im Saarland, IZES, Saarbrücken, 2002

Die Biomassepotenziale fallen sowohl bei der Naturlandstiftung Saar als auch bei der ÖFM gGmbH an.

Die ermittelten Potenziale sollen energetisch definiert werden und es soll anhand einer optimalen Logistikkette ein Produktpreis ermittelt werden.

1.2 Die Naturlandstiftung Saar

Die Naturlandstiftung Saar ist eine gemeinnützige private Stiftung des bürgerlichen Rechts. Sie ist seit 1976 aktiv im saarländischen Naturschutz tätig und somit die älteste Stiftung dieser Art in der Bundesrepublik Deutschland. Im Stiftungsrat sind alle „grünen“ Verbände des Saarlandes vertreten, wobei die Bandbreite von den Natur-Schützern über die Natur-Nutzer bis zur Landesregierung reicht. Außerdem sind der Landkreistag, 35 Städte und Gemeinden sowie mehrere Unternehmen beteiligt. Aufgabe der Naturlandstiftung Saar ist es, das Artenreichtum heimischer Pflanzen und Tiere zu erhalten und die Vielfalt ihrer Habitate im Sinne einer breiten Biodiversität zu schützen, zu pflegen und zu entwickeln. Es werden ökologisch wertvolle Flächen erworben und ein zusammenhängendes Netz von Schutzgebieten geknüpft. Durch Projekte auf Landes-, Bundes- und EU-Ebene wird nachhaltig zur Sicherung des Natur- und Kulturerbes beigetragen.²

1.3 Ökoflächenmanagement (ÖFM) gGmbH

Die ÖFM gGmbH wurde 1998 als 100 %-Tochter der Naturlandstiftung Saar gegründet. Das Unternehmen hat gemäß Satzung die Förderung der Allgemeinheit auf dem Gebiet des Natur- und Umweltschutzes zum Gegenstand. Von der ÖFM gGmbH werden Flächen zum Aufbau eines landesweiten Flächenpools erworben. Diese werden durch Maßnahmen des Naturschutzes und der Landschaftspflege aufgewertet und die Maßnahmen als ökologische Vorleistungen auf einem Ökokonto gutgeschrieben. Ebenfalls vermittelt und koordiniert die Gesellschaft verschiedene Kompensationsprojekte für Großeingreifer und es werden für Städte und Kommunen Ökokontomaßnahmen durchgeführt. Daneben erwirbt bzw. verwaltet die ÖFM gGmbH die Flächen der Zweckverbände „Naturschutzgebiet Wolferskopf“ und „Saar-Blies-Gau / Auf der Lohe“.³

² Vgl. Die Naturlandstiftung Saar, 2001

³ Ebenda

2 Methodik

In der Landschaftspflege werden die Massen und die Beschaffenheit des Aufwuchses sowie die sich daraus ergebenden Verwendungszwecke maßgebend von den in Abbildung 1 dargestellten Faktoren bestimmt.

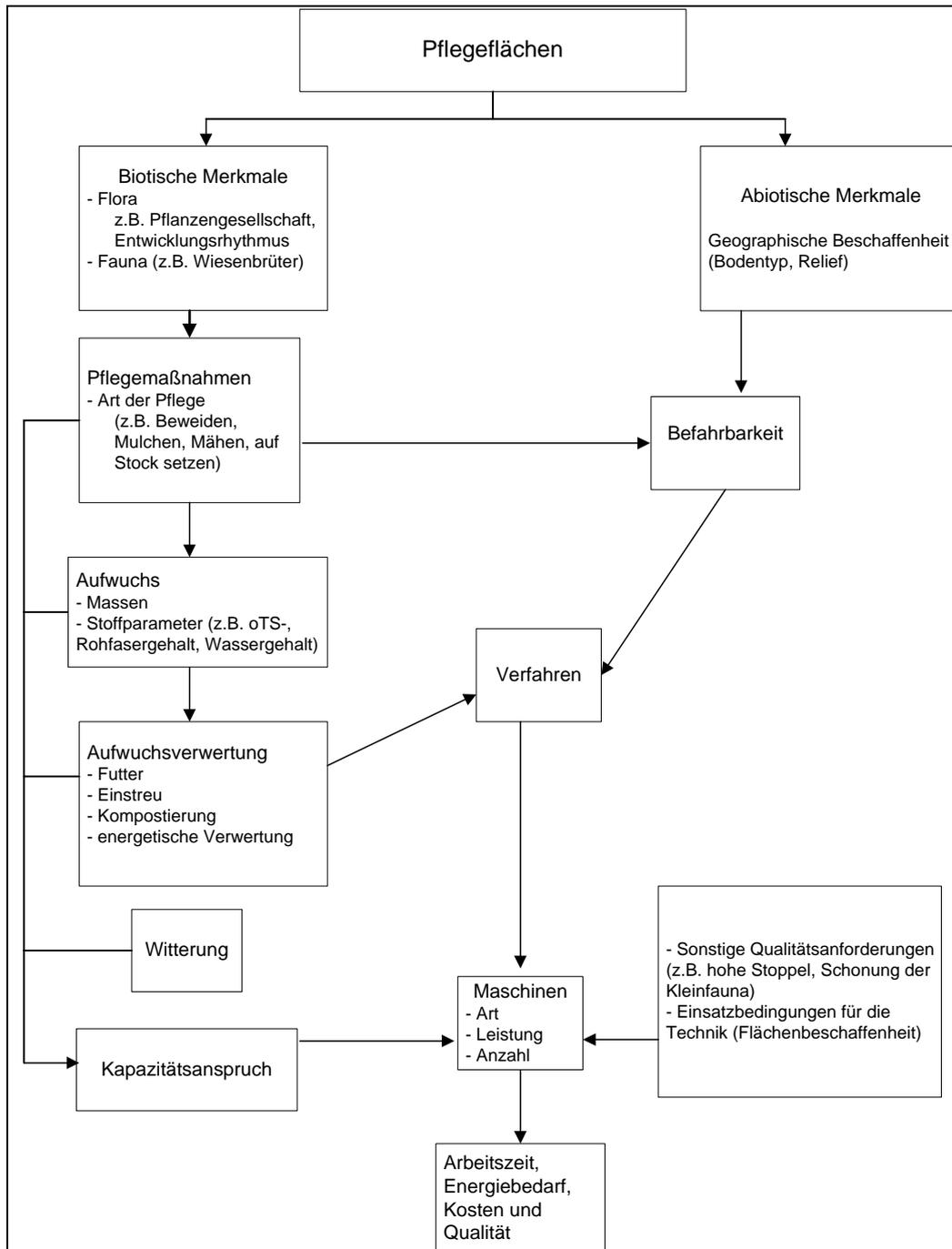


Abbildung 1: Verfahrensbestimmende Faktoren in der Landschaftspflege

Quelle: Verändert nach Prochnow, Donath, Riedel, Starroske, 1994, S. 207

Die Verwertungsmöglichkeiten für den Aufwuchs auf Naturschutz- und Pflegeflächen sind von der Pflegezeitspanne und der Beschaffenheit des anfallenden Materials abhängig. Kenntnisse über die zu erwartenden Aufwuchsmengen und die Pflegehäufigkeit bzw. –maßnahmen sind daher für verfahrenstechnische und ökonomische Entscheidungen zwingend notwendig. Es wurden daher vom IfaS für die Pflegeflächen der Naturlandstiftung Saar und der ÖFM gGmbH bestimmte Kriterien und Maßnahmen für die Ermittlung der Biomassepotenziale festgelegt.

Die Studie zur Aufnahme der Biomassepotenziale der Naturlandstiftung Saar und der ÖFM gGmbH gliedert sich in acht Kapitel, in denen die energetische Nutzung von Biomasse aus der Landschaftspflege beleuchtet wird.

Im Anschluss an die Einführung in die Aufgabenstellung mit Darstellung der saarländischen Projektträger (Kapitel 1) und die Methodik (Kapitel 2) werden im dritten Kapitel die Grundlagen der energetischen Nutzung von Biomasse erläutert. Zunächst wird der Begriff Biomasse und die für die Potenzialermittlung relevanten weiteren Begriffe definiert. Den Abschluss bildet die Darstellung der Anlagentechnologien zur energetischen Verwertung von holz- und halmgutartiger Biomasse. Für diese Studie werden die Begriffe halmgutartige und grasartige Biomassen gleichgesetzt.

Kapitel vier befasst sich mit dem Stoffstrommanagement und der Stoffstromaufbereitung oben genannter Biomassen.

Den Kern des fünften Kapitels bilden die Ermittlung und Darstellung der Potenziale. Es werden die halm- und holzartigen Biomassen für die Naturlandstiftung Saar und die ÖFM gGmbH berechnet und die Ergebnisse in tabellarischer bzw. graphischer Form dargestellt. In Zusammenarbeit mit dem Auftraggeber werden wichtige ertragskundliche Parameter für die einzelnen Flächen ermittelt. Die Daten werden mit Hilfe von Außenaufnahmen im Gelände an ausgewählten Beispielen überprüft und vertieft.

Dabei werden auch die Pflegemaßnahmen in saarländischen Naturschutzgebieten betrachtet, die auf Basis eines Kooperationsvertrages zwischen dem Landesamt für Umweltschutz und der ÖFM gGmbH von dieser durchgeführt werden. Für die Pflegearbeiten in den Jahren 2001 – 2003 waren Landwirte, der Saar Forst, verschiedene Unternehmen sowie Vereine des Umwelt- und Naturschutzes mit den

notwendigen Pflegearbeiten betraut.⁴ Es werden die halmgutartigen und die holzartigen Biomassen ermittelt.

Eingeteilt werden diese in:

- halmgut-/ grasartige Biomassepotenziale
- holzartige Biomassepotenziale mit Energieholz aus Feldgehölzen
- Holz aus Waldflächen (z. B. Rodungsholz) bzw. einzelne Bäume.

Die vorhandenen Potenziale werden in volumenbezogenen Einheiten dargestellt, welche wiederum in Energieeinheiten und Heizöläquivalente umgerechnet werden. Um die Wertschöpfung aus der Biomasse auszudrücken, sind die Heizöläquivalente mit dem heutigen Heizölpreis in Wert gesetzt. Die Heiztechnologie für Biomasse ist im Vergleich zu konventionellen Energieanlagen teurer, weshalb der Energieträger günstiger sein muss. Dieser ist ein guter Indikator für den Mehrwert einer Region.

Der Produktpreis wird in Kapitel sechs aufbauend auf der Darstellung der Biomassepotenziale für die Biomassen der einzelnen Pflegemaßnahmen ermittelt.

Im Anschluss werden in Kapitel sieben, Vorschläge für die Pflegemaßnahmen einzelner Teilbereich definiert.

Die Auflistung der einzelnen Schutzgebiete und Pflegemaßnahmen erfolgt in einer Excel Tabelle und liegt als CD-ROM bei.

2.1 Halmgut-/ grasartige Biomasse

Halmgut-/ grasartige Biomasse fällt sowohl bei der Pflege von Grünlandflächen in Naturschutzgebieten als auch auf den Flächen des Auftraggebers an. Das anfallende Grüngut kann entweder als Ko-Substrat in Biogasanlagen oder als Brennstoff in Heizwerken energetisch verwertet werden. Für diese beiden Verwertungswege werden die Biomassepotenziale ermittelt. Die Ergebnisse werden in graphischer bzw. tabellarischer Form dargestellt.

Um die halmgutartigen Biomassen mengenmäßig zu erfassen, werden zwei Methoden angewandt. Zum einen wird der Einsatz des Grüngutes als Ko-Substrat in Biogasanlagen betrachtet und zum anderen wird der Einsatz des Landschaftspflegeheus in Form von Rundballen in Feuerungsanlagen untersucht.

⁴ Vgl. Abschlussbericht „Kooperationsvertrag NSG-Pflege (2001-2003)“, Mai 2004

Die zu betrachtenden Grünlandflächen werden dafür in Trockenrasen, Wiesen, sowie in Nasswiesen bzw. Hochstaudenfluren eingeteilt.⁵

Für den Einsatz des Mähgutes als Ko-Substrat in Biogasanlagen ist der Einsatz von Rundballen nicht interessant, aus diesem Grund werden die Erträge betrachtet, die bei der Mahd entstehen und von der Fläche abgeräumt werden. Über die jährliche Aufwuchsmasse wird der Ertrag berechnet. Aus diesen Erträgen lässt sich die Biogasmenge ableiten. In dieser Studie wird von einer einmaligen Mahd bzw. von einem einmaligen Schnitt der Pflegeflächen pro Jahr ausgegangen. Zwei bis drei Schnitte sind jedoch auf einigen Flächen vorgesehen. Tritt dies ein, verändert sich das Ertragspotenzial pro Schnitt und in der Gesamtmenge. Für die Ertragsberechnungen wird von einem Schnitt ausgegangen. Das Minimum und Maximum an Grünlandaufwüchsen errechnet sich aus verschiedenen Literaturkennwerten.

Der Ertrag, der als Minimum herangezogen wird, ist ein aus der Literatur gängiger Energiekennwert und beträgt für die jährlichen Aufwuchsmengen von Gras aus der Pflegenutzung 3 t Trockensubstanz pro Hektar und Jahr.⁶ Die Aufwuchsmasse kann bei sehr ertragreichen Flächen höher liegen. Aus diesem Grund wird zusätzlich von einem Ertragsmaximum ausgegangen. Dieser Trockenmasseertrag wird aus dem Mittelwert jährlicher Aufwuchsmassen berechnet und wird mit 4,45 t Trockenmasse pro Hektar und Jahr angesetzt.⁷ Beim Einsatz des Mähgutes aus der Landschaftspflege als Ko-Substrat in Biogasanlagen wird von einem Methanertrag von 0,22 m³/kg oTS ausgegangen.⁸ Der Energiegehalt von einem Kubikmeter Biogas beträgt umgerechnet sechs Kilowattstunden.⁹

Nachfolgend wird die Potenzialermittlung der grasartigen Biomasse über die Anzahl der Rundballen pro Hektar erläutert; der zweiten methodischen Herangehensweise dieser Studie.

⁵ Nach Rücksprache mit Herrn Kautenburger, ÖFM gGmbH am 16. Juni 2004

⁶ Vgl. Wolf, Biotopkartierung, Baden-Württemberg, 1989

⁷ Vgl. Elsässer Martin, Alternative Verwendung von in der Landschaftspflege anfallendem Grünlandmähgut, 2004, S. 111

⁸ Ebenda, S. 114

⁹ Vgl. <http://www.bio-energie.de>, Stand 12. August 2004

	Wiese/ha	Trockenrasen/ha	Nasswiese/Hochstaudenfluren/ha
Anzahl der Rundballen, Landwirt Herr Meiers ¹⁰	11	6	11
Anzahl der Rundballen, Landwirt Herr Zenner ¹¹	10	4	15

Tabelle 1: Anzahl der Rundballen in Abhängigkeit vom Wiesentyp

Tabelle 1 zeigt die Anzahl der Rundballen in Abhängigkeit vom jeweiligen Wiesentyp. Die Rundballenbreite beläuft sich auf ca. 1,20 m und der Durchmesser beträgt ca. 1,30 m bzw. 1,60 m je nach Einsatzgerät.¹² Die Energiedichte dieser Rundballen liegt zwischen 1,87 und 2,55 GJ/m³.¹³ Für die Potenzialermittlung wird von einem Mittelwert von 2,2 GJ/m³ ausgegangen. Der Energiegehalt in Kilowattstunden wird über die Energiedichte, die in den Großballen enthalten ist, berechnet (1 GJ = 278 kWh).

Die Anzahl der Rundballen pro Hektar gepflegte Fläche variiert (Vgl. Tabelle 1). Aus diesem Grund wird hier ebenfalls von einem Minimum und Maximum an Erträgen ausgegangen.

Werden Flächen gemulcht, bleiben diese unberücksichtigt. Der Grasschnitt wird mit speziellen Sichel- und Schlegelwerkzeugen gehäckselt und verbleibt auf der Fläche.¹⁴

2.2 Holzartige Biomasse

Holzartige Biomasse fällt bei der Pflege von Feldgehölzen an. Dazu zählen z. B. Weg begleitende Hecken oder Feldgehölzinseln. Ist es beabsichtigt, den typischen Biotopcharakter beizubehalten, so müssen diese nach 10 bis 15 Jahren auf Stock gesetzt werden.¹⁵ Ansonsten besteht die Gefahr, dass durch die natürliche Sukzession Baumarten höherer Ordnung in den Feldgehölzen durchwachsen können

¹⁰ Auskunft über Herrn Kautenburger, nach Angaben von Landwirt Herr Meiers, ausgehend von den Jahren 2001-2003

¹¹ Auskunft über Herrn Kautenburger, nach Angaben von Landwirt Herr Zenner, ausgehend von den Jahren 2001-2003

¹² Ebenda

¹³ Vgl. Kasper, B./Hahn, J., Thermische Verwertung von Biomasse aus der Landschaftspflege, 1994, S. 228

¹⁴ Vgl. Leipnitz, W., Extensive Grünlandnutzung und Landschaftspflege im Havelländischen Luch, 1994, S. 184

¹⁵ Vgl. Mette, R., Biomassepotenziale und Kreislaufwirtschaft, 2004, S. 34 ff

und diese mit der Zeit verdrängen. Die hier vorgeschlagenen Behandlungskonzepte gehen von dem Grundgedanken der Integration der Naturschutzgebiete in der Fläche aus als Gegensatz zum Modell der Segregation.¹⁶

Für bestehende Gehölzstrukturen, die nicht in den letzten fünf Jahren begründet wurden, wird eine Umtriebszeit von 10 bis 15 Jahren auch in der Literatur diskutiert. So schlägt COCH in einem Konzept der Waldrandpflege einen sukzessionstypischen Nutzungssturnus von 10 - 50 Jahren vor.¹⁷ Das genaue Nutzungsintervall muss nach dem jeweiligen Sukzessionsstadium vor Ort bestimmt werden.

Der Planungszeitraum in dieser Studie umfasst in etwa zehn Jahre. Die meisten Flächen mit Feldgehölzen sind derzeit schon älter als zwanzig Jahre. Somit wird innerhalb von zehn Jahren auf jeden Fall eine Nutzung fällig. Die Nutzungen sollten über die nächsten zehn Jahre so verteilt werden, dass in jedem Jahr eine gleiche Menge von Holz anfällt.

Für Pflanzungen, die jünger sind als fünf Jahre, ist in den nächsten zehn Jahren keine Nutzung vorgesehen, da die Etablierung der Bestände länger als zehn Jahre dauert.

Die Masse für die holzartigen Biomassen aus Hecken und Feldgehölzinseln wird mit 7,5 t/ha und Jahr angesetzt. METTE rechnet hier mit Spitzenwerten von bis zu 15,5 t/ha und Jahr.¹⁸ Dies gilt jedoch nur für die speziellen Voraussetzungen in Schleswig-Holstein, da hier Knicks betrachtet werden, die an Ackergrenzen einer enormen Düngung unterliegen.

Die 7,5 t/ha werden mit der Fläche und dem Alter des stockenden Bestandes multipliziert. Die Energiekennzahlen zur Umrechnung der holzartigen Fraktionen in Heizwerte und Öläquivalente stammen aus dem Handels- und Informationssystem Biomasse Rheinland-Pfalz, welches vom IfaS mit entwickelt wurde.¹⁹

Die Ergebnisse erlauben somit eine Flächen bezogene Darstellung der Potenziale.

¹⁶ Vgl. Hampicke, U., Naturschutzökonomie, 1991, S. 269 ff

¹⁷ Coch, T., Waldrandpflege, 1995, S. 218-219

¹⁸ Ebenda

¹⁹ Vgl. www.biomasse-rlp.de, Stand 04.11.2004

Ausgehend davon, dass jährlich in den nächsten zehn Jahren gleich bleibende Potenziale anfallen sollen, werden die zur Berechnung der jährlichen Potenziale ermittelten Werte durch zehn dividiert.

2.3 Holz aus Waldflächen

Die Potenziale von Bäumen werden retrospektiv ermittelt. Es wird berechnet, welche Mengen in den Jahren 2001 bis 2003 bei Pflegemaßnahmen angefallen sind und bei der Flächenpflege der Naturlandstiftung Saar und ÖFM gGmbH anfallen werden.

Wenn Angaben einzelner Bäume wie z. B. Durchmesser oder Höhe vorhanden sind, so wird mit diesen Angaben das Volumen der Bäume in Festmeter berechnet.

Sind dagegen Flächen bezogene Angaben einschließlich des Alters bzw. metrischer Maße über den Baumbestand vorhanden, so wird das Potenzial mit Hilfe forstlicher Ertragstafeln errechnet.²⁰

Das Volumenmaß Festmeter wiederum wird in Schüttraummeter, Energieinhalt (kWh) und Öl (l) umgerechnet.

2.4 Sonstige Pflanzen

Neben den oben genannten Biomassen fällt bei den Pflegemaßnahmen der ÖFM gGmbH Riesenbärenklau (*Heracleum mantegazzianum*) an. Von dieser Pflanze geht eine Gesundheitsgefährdung aus. Alle Pflanzenteile enthalten das Gift Furocumarin. In Verbindung mit dem Sonnenlicht (UV-Licht) führt dieses Gift bei Hautkontakt zu schweren Verbrennungen und langwierigen allergischen Hautreaktionen (Phototoxizität). Die Entsorgung dieser Pflanze ist nur mit Schutzkleidung möglich und für die energetischen Verwertung mit großen Logistikproblemen verbunden. Aus diesem Grund erfolgt die Entsorgung dieser Pflanze weiterhin über Kompostieranlagen.²¹

²⁰ Vgl. Ministerium für Landwirtschaft, Weinbau und Forsten Rheinland-Pfalz, Hilfstafeln für die Forsteinrichtung, 1980

²¹ Vgl. Stadtverband Saarbrücken, Amt für Bauen, Umwelt und Planung, Team Umweltschutz, Auskunft über Ministerium für Umwelt, Oberste Naturschutzbehörde unter www.umwelt.saarland.de am 5.7.2004

Handelt es sich um Flächen, die der natürlichen Sukzession überlassen werden, bleiben diese für die Aufnahme der Biomassepotenziale ebenfalls unberücksichtigt. Ein Ausnahme besteht hier jedoch, wenn es sich um Wegesicherung handelt und wenn beispielsweise Gebäude bzw. Stromleitungen freigestellt werden müssen.

3 Grundlagen Biomasse

Biomasse ist die Gesamtmasse organischer Substanzen in einem Lebensraum. Sie entsteht in der Natur durch lebende und wachsende Materie, sowie aus Abfallstoffen lebender und toter Organismen. Biomasse ist gespeicherte Sonnenenergie, die von Pflanzen mit Hilfe der Photosynthese erzeugt wird. Photosynthese ist die Fähigkeit von grünen, chlorophyllhaltigen Pflanzen mit Hilfe der Sonnenenergie aus Kohlendioxid (CO₂), Wasser und aus Nährstoffen in ihrer Wachstumsphase neben Sauerstoff energiereiche Kohlenhydrate aufzubauen und zu speichern.²²

Als nachwachsender Rohstoff werden Biomassen sowohl stofflich als auch energetisch genutzt. Bereits verarbeitete organische Stoffe, die im Prozess nicht mehr benötigt werden, können in aller Regel noch als Bioenergieträger zur Erzeugung von Wärme, Strom oder Kraftstoff weiter verwendet werden.²³ Wird die Biomasse energetisch genutzt, so werden die energiereichen Kohlenwasserstoffe wieder in die annähernd gleichen Mengen Kohlendioxid und Wasser umgewandelt, die für den Aufbau der Biomasse ursprünglich erforderlich waren. Die energetische Nutzung von Biomasse ist somit CO₂-neutral und leistet daher einen wichtigen Beitrag zum globalen Klimaschutz. Es entstehen jedoch bei der Bereitstellungslogistik CO₂-Emissionen.

Werden im Anschluss die Rückstände der Biomassenutzung wie Aschen oder Gärrückstände wieder z. B. auf Ackerflächen oder in den Wäldern ausgebracht, ist es darüber hinaus möglich, den natürlichen Nährstoffkreislauf weitestgehend zu schließen.²⁴

In diesem Sinne kann die energetische Biomassenutzung als regenerativ bzw. nachhaltig bezeichnet werden. Unter dem Aspekt der Nachhaltigkeit bedeutet dies, dass nur die Menge an Biomasse energetisch genutzt werden darf, die im gleichen Zeitraum regional wieder nachwächst.²⁵

²² Vgl. Centrale Marketing Gesellschaft der Deutschen Agrarwirtschaft (CMA), 1997

²³ Vgl. Bundesinitiative Bioenergie 2003, Stand 11.03.2004

²⁴ Vgl. v. Wilpert, K., Rechtliche und bodenökologische Aspekte des Einsatzes von Holzaschen in der Bodenmelioration, 2004, S. 42-58

²⁵ Vgl. Lehmann, H., Preetz, T., 1995

Biomasse hat gegenüber anderen erneuerbaren Energieträgern wie z. B. Windenergie oder Wasserkraft, bedingt durch ihre vielseitige Nutzbarkeit, die Speicher- und Transportierbarkeit sowie die gute Steuerbarkeit des Materialaufkommens²⁶ Vorteile. Darüber hinaus kann Biomasse durch diverse Umwandlungstechnologien leicht in andere für den Verbraucher nutzbare Endenergieträger wie Wärme, Strom und Brennstoff umgewandelt werden.²⁷

In der nachfolgenden Abbildung 2 sind für die Biomasse die unterschiedlichen Zuordnungs-, Aufbereitungs- und Nutzungsmöglichkeiten graphisch dargestellt.

²⁶ Biomasse ist im Vergleich zu Wind und Sonne nur eingeschränkt zeitlichen Schwankungen unterworfen (z. B. Erntezyklen). Sie ist deshalb in Heiz(kraft)anlagen Grundlast tauglich.

²⁷ Vgl. Centrale Marketing Gesellschaft der Deutschen Agrarwirtschaft (CMA), 1997

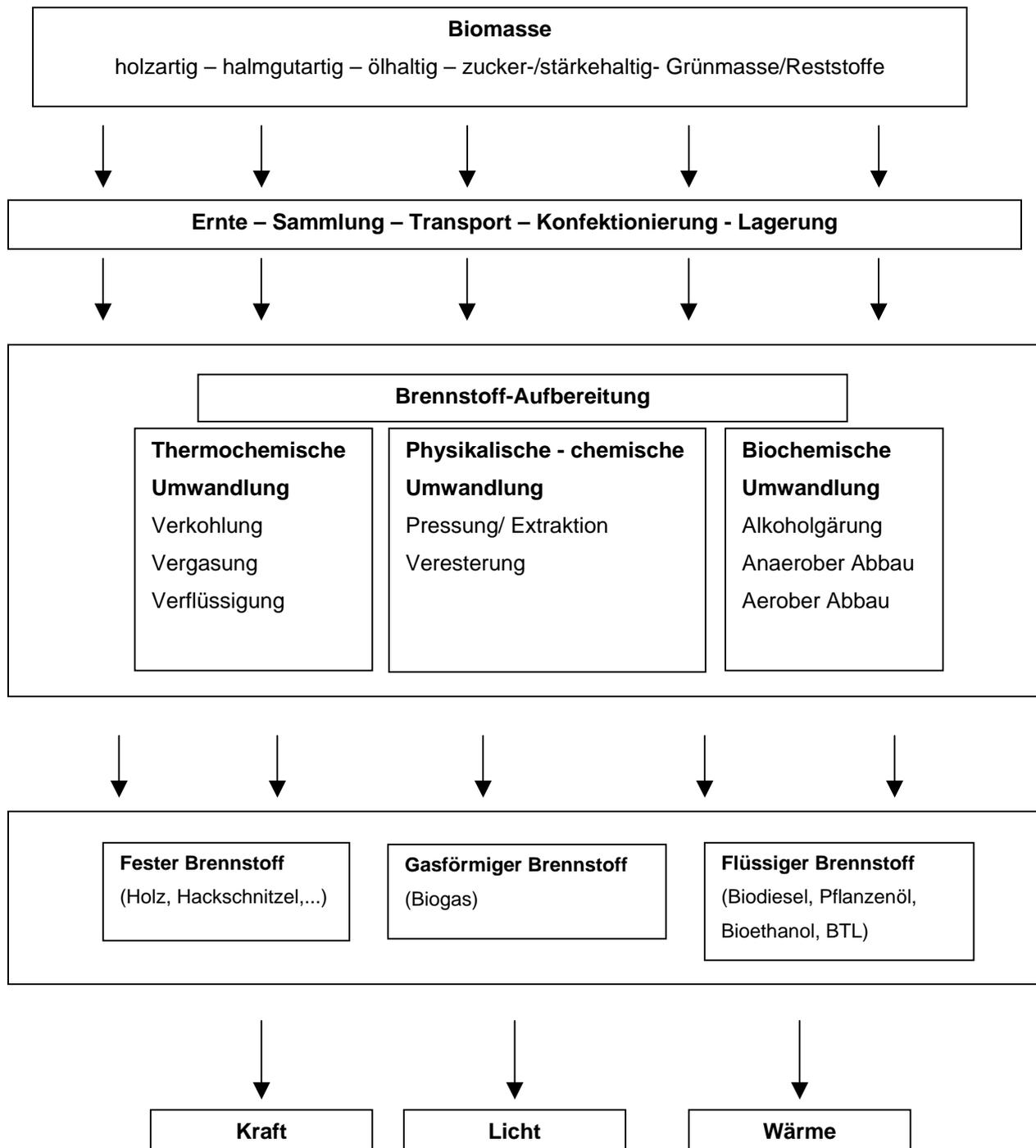


Abbildung 2: Zuordnungs-, Nutzungs- und Aufbereitungsmöglichkeiten für Biomasse

Quelle: Verändert nach Kaltschmitt, M., 2001

3.1 Definitionen der Potenzialbegriffe

Um die Möglichkeiten der Nutzung eines bestimmten Energieträgers einzuschätzen, muss neben den technischen Voraussetzungen einer energetischen Umwandlung auch die Ressourcenverfügbarkeit betrachtet werden. KALTSCHMITT²⁸ definiert in seinen grundlegenden Arbeiten verschiedene Biomassepotenziale, die ein theoretisches Gesamtpotenzial durch ökologische, technische und wirtschaftliche Restriktionen einschränken.

Das **theoretische Potenzial** bezeichnet die nach physikalischen Gesetzmäßigkeiten grundsätzlich angebotene Energie, unabhängig von den technischen, organisatorischen oder ökonomischen Hemmnissen.

Das **technisch/ökologische Potenzial** beschreibt den tatsächlich nutzbaren Anteil am theoretischen Aufkommen unter Berücksichtigung der Erfassbarkeit sowie des Standes der Technik und ökologischer Restriktionen. Dieses Potenzial ist für die Umsetzung langfristig relevant. Es wird jedoch durch wirtschaftliche, politische, soziale und andere Einflüsse begrenzt.

Theoretische und technisch verfügbare Potenziale wurden durch das Institut für ZukunftsEnergieSysteme (IZES) in der „Biomassestudie Saarland“²⁹ für das gesamte Land ermittelt.

Das **kurzfristig verfügbare Potenzial** entspricht dem Potenzial, das aktuell und kurzfristig (ca. zwei bis drei Jahre) aktiviert werden kann. Es stellt einen ersten Ansatzpunkt für die direkte Umsetzung dar. Definiert wird dieses Potenzial v. a. aufgrund der wirtschaftlichen Rahmenbedingungen, das heißt der aktuellen Marktsituation. Durch die Realisierung der umsetzbaren Projekte entstehen häufig Strukturen, die auch weitere Potenzialmengen verfügbar machen. So werden potenzielle Biomasse-Anbieter durch den Bau von z. B. Hackschnitzelheizungen oder Biogasanlagen in der Umgebung oft erst auf den Wert ihres Naturgutes aufmerksam und interessieren sich folglich für deren Aktivierung.³⁰

²⁸ Vgl. Kaltschmitt, M., Hartmann, H., 2001, S. 10

²⁹ Vgl. Studie zur Weiterentwicklung der energetischen Verwertung von Biomasse im Saarland, IZES, Saarbrücken, 2002

³⁰ Vgl. Studie zur Weiterentwicklung der energetischen Verwertung von Biomasse in Rheinland-Pfalz, Abschlussbericht, IfaS, 23 - 24

Andere Autoren weisen kein wirtschaftlich verfügbares Potenzial aus.³¹ Sie verweisen auf die fehlende Möglichkeit, einen Markt in die Zukunft hinein zu prognostizieren. Die vorliegende Studie geht von der These aus, dass es wirtschaftlicher ist, anfallende Biomasse­mengen energetisch zu verwerten, als diese auf den Flächen zu belassen oder Kompostieranlagen unter Kostenaufwand anzudienen. Somit sind die dargestellten Potenziale „kurzfristig verfügbare“ Potenziale in obigem Sinn.

In der vorliegenden Studie ist es nicht Ziel führend, theoretische und technische Potenziale auszuscheiden. Die Aufgabenstellung in Naturschutzgebieten ist a priori die Habitaterhaltung bzw. die Weiterentwicklung von Lebensräumen im Sinne einer Verbesserung des Hemerobiegrades oder der Erhalt von Kulturlandschaften. Eine weitere Aufgabenstellung dieser Studie ist es, Möglichkeiten der Finanzierung von Naturschutzpflege über die bisher bekannten Mittel der Naturschutzökonomie wie Ausgleichsmittel oder aber staatliche Mittel u.a.m. aufzuzeigen. Somit haben die Autoren dieser Studie den Potenzialbegriff als **mittelfristiges Potenzial** festgelegt, welches erstens durch die Aufgaben des Naturschutz und zweitens durch die Wirtschaftlichkeit bestimmt ist. Dieses Potenzial kann innerhalb der nächsten zehn Jahren abgerufen werden und ist jährlich verfügbar.

³¹ Vgl. Kaltschmitt, M., Hartmann, H., 2001, S. 10

3.2 Biomassekategorien

Diese Studie behandelt zum einen Biomassen der Kategorie Landschaftspflege-Grünschnitt. Dazu zählen insbesondere holz- und halmgutartige (grasartige) Biomassen aus den Bereichen:

- Biotoppflege,
- Straßenbegleitgrün,
- Ufer- und Gewässerbegleitgrün.

Grünschnitt fällt, je nach Pflegemaßnahme, häufig mehr oder weniger inhomogen an. Dieser kann zu einem großen Teil energetisch in Form von Holzhackschnitzeln oder als Gras verwertet werden.³²

Zum anderen stellt das Waldholz eines der betrachteten Kategorien dar.

3.2.1 Halmgutartige Biomasse aus der Landschaftspflege

Halmgutartige Biomasse fällt bei der Landschaftspflege auf Naturschutzflächen in sehr unterschiedlichen Mengen und Arten sowie Bewirtschaftungsformen an. Grünflächen aus der Landschaftspflege, die dem Natur- und Landschaftsschutz unterliegen, müssen in regelmäßigen Abständen geschnitten werden, um die Ziele der Unterschutzstellung (z. B. Biotoperhalt, Förderung bestimmter Pflanzengesellschaften) zu erreichen. Bei diesen Pflegemaßnahmen fällt Biomasse an, die aus unterschiedlichen Gräsern und Kräutern zusammengesetzt sein kann, und damit eine sehr inhomogene Zusammensetzung aufweist. Die erzielbaren Biomasseerträge auf solchen Naturschutzflächen sind abhängig von den auf den jeweiligen Flächen vorherrschenden Pflanzengesellschaften, die u. a. von den klimatischen und bodenökologischen Bedingungen des Standortes geprägt sind. Entsprechend variieren die mittelfristig verfügbaren Biomasseaufkommen. Die anfallende Biomasse muss zum Teil auf der Anbaufläche verbleiben und dient damit zur Schließung der Nährstoffkreisläufe bzw. zur Nährstoffrückführung. Oft wird das Material aber auch von der Fläche abtransportiert und kann dann entweder als Viehfutter oder zur Einstreu in landwirtschaftlichen Betrieben genutzt werden oder zu

³² Vgl. Ebenda, 2001, S. 100-115

Kompost weiter verarbeitet werden.³³ Abbildung 3 zeigt eine extensive Mahdnutzung. Die Mahd wird als Rundballen aufgenommen. Auf einigen Standorten (z. B. Magerwiesen) muss der Landschaftspflegeschnitt sogar von der Fläche genommen werden, um oligotrophe Pflanzengesellschaften zu erhalten. Die in Abbildung 3 zu sehenden Feldgehölzinseln müssen gepflegt werden, um die charakteristische Kulturlandschaft zu erhalten.



Abbildung 3: Nutzung von grasartiger Biomasse in Böckweiler, Saarpfalz - Kreis

3.2.2 Holzartige Biomasse

Holzartige Biomasse wird je nach Hauptnutzungsprozess und Anfallort in Holz aus dem Wald, Holz aus Kurzumtriebsplantagen und Holz aus der Landschaftspflege unterschieden. Nachfolgend wird auf das Landschaftspflegeholz und das Waldholz näher eingegangen.

Beim Landschaftspflegeholz handelt es sich um den holzartigen Teil des so genannten Landschaftspflegematerials. Landschaftspflegeholz fällt bei der Pflege von Feldgehölzen oder die Landschaft strukturierenden Hecken, Waldrändern sowie

³³ Vgl. Elsässer Martin, Alternative Verwendung von in der Landschaftspflege anfallendem Grünlandmähgut, 2004, S. 110

bei flächigem Gehölzaufwuchs auf Schutzgebieten an (Vgl. Abbildung 3). Durch Zurückschneiden kann ein Teil alle 10 bis 20 Jahre regelmäßig bzw. abschnittsweise genutzt werden. Damit wird eine Veralterung der Bestände und die Sukzession vermieden.³⁴ In Abbildung 4 sind linienartige Gehölzstrukturen sichtbar, in denen verschiedene Baumarten zweiter und dritter Ordnung schon durchgewachsen sind. Hier ist eine Pflege wichtig, da sonst die Habitatfunktion verloren geht.



Abbildung 4: Linienartige Feldgehölzstruktur bei Blickweiler-Breitfurt, Saarpfalz-Kreis

3.2.3 Waldholz

Die planmäßige und nachhaltige Nutzung von Waldholz ist seit 200 Jahren Bestandteil der deutschen Forstwirtschaft. Durch die Nachfrage nach günstigem Bauholz ist jedoch eine starke Bewirtschaftung in Monokulturen entstanden, die ökologische Nachteile mit sich bringt. Deswegen werden im Rahmen von Naturschutzmaßnahmen standortfremde Baumarten entnommen und einer Nutzung zugeführt.

³⁴ Vgl. Kapitel 2.2

3.3 Energetische Verwertung ausgewählter Biomassen

Derzeit wird die bei der Naturlandstiftung Saar und ÖFM gGmbH anfallende Biomasse keiner energetischen Nutzung zugeführt. Im Folgenden werden Biomasetechnologien aufgezeigt, welche die energetische Nutzung von in der Landschaftspflege anfallender halm- bzw. holzartiger Biomasse ermöglichen.

3.3.1 Strohfeuerungsanlage

Neben Holz können auch Reststoffe aus der Landwirtschaft und Energiepflanzen zur Wärmegewinnung in Feuerungsanlagen genutzt werden. Stroh muss aufgrund seiner halmgutartigen Struktur besonders aufbereitet oder in speziellen Anlagesystemen verbrannt werden. Das gleiche gilt für Heu. Es wurden Feuerungssysteme auf Basis des Unterbrandes entwickelt, die zur Verfeuerung von Stroh- bzw. Heuhochdruckballen geeignet sind.

Stroh- bzw. heuartige Biomassen haben eine andere Konsistenz als Holz und benötigen daher spezielle Feuerungsanlagen. Das Stroh wird zu Ballen oder Rollen verdichtet und in speziellen Anlagenkonstruktionen verfeuert. Beispiele für solche Anlagen finden sich in Dänemark. Auch in Deutschland sind erste Strohfeuerungsanlagen in Betrieb³⁵, bzw. es wird der Einsatz von Stroh in Pilotanlagen untersucht.³⁶ Zudem bedarf der vergleichsweise hohe Aschegehalt und der relativ niedrige Schmelzpunkt der Aschen angepasste Feuerungstechniken. Es handelt sich hierbei um modifizierte Rostfeuerungen. Beim Einsatz von Stroh bzw. Heurundballen in Feuerungsleistungen über 1 MW werden zwei Feuerungssysteme unterschieden:

- **Rostfeuerung mit Vorvergasung für Stroh**

Der Brennstoff wird über eine Ballenbahn bzw. zwei Ballenbahnen automatisch dem Brennraum zugeführt. Ein Ballenteiler richtet die Strohballen auf, schneidet diese in Scheiben, die über ein Einführungsrohr auf den wassergekühlten Planrost geschoben werden. Durch ein wassergekühltes Feuersperrventil wird ein Rückbrand des Brennstoffes verhindert. Das heiße Rauchgas wird durch einen Kessel geleitet. Die Entstaubung der Abgase erfolgt zunächst durch einen Fliehkraftabscheider und

³⁵ Vgl. Wetter, C., Integration einer Strohheizungsanlage in eine landwirtschaftliche Brennerei, in press, 2004

³⁶ Vgl. Maurer, K., Gras als Brennstoff ?, 2003

dann durch einen Gewebefilter. Über Austragungsschnecken werden die Aschen in einen Container geleitet.

- **Zigarrenbrennerfeuerung für Stroh**

Der Zigarrenbrenner wurde speziell für die energetische Verwertung von Stroh- und Getreideganzpflanzen entwickelt. Über einen waagrechten Brennstoffschacht wird der Brennstoff automatisch zugeführt. Ca. 80 % der Strohmasse werden zu Brenngas umgesetzt und im nachgeschalteten Feuerraum verbrannt. Die heißen Rauchgase werden durch einen Wärmetauscher geleitet. Für die Entstaubung kommt zunächst ein Zyklonfilter und im Anschluss ein Gewebefilter zum Einsatz. Die Rostaschen fallen in einen unter der Feuerung befindlichen Aschebunker.³⁷

Ebenfalls können Halmpflanzen wie Stroh und Heu in gehäckselter Form in Einblasfeuerungen energetisch eingesetzt werden, jedoch erfordert das große Schüttvolumen große Lagerräume, weshalb sich diese Form der Verbrennung bis dato nicht durchsetzen konnte. Sollen diese Biomassen in Feuerungsanlagen eingesetzt werden, ist es wesentlich günstiger, diese zu Briketts oder Pellets zu verpressen. Es besteht dann die Möglichkeit, ähnliche Feuerungsanlagentypen wie die Holzbriketts oder –pelletsfeuerung einzusetzen. Es gibt spezielle Vorofen- und Unterschubfeuerungen, die für die Verbrennung von Stroh-/Heupellets ausgelegt sind. Diese Anlagen müssen mit wassergekühlten Brennkammern oder Brennmulden ausgestattet sein. Eine ausreichende räumliche Trennung des Primär- und Sekundärverbrennungsbereichs muss vorhanden sein, um die als kritisch gehaltene Temperatur von 500 °C nicht zu überschreiten. Bei der Zusammensetzung der Halmpflanzen ist, verglichen mit Holz, insbesondere auf den höheren Gehalt an aschebildenden Mineralstoffen und den niedrigen Schmelzpunkt der Asche zu achten. Aufgrund des hohen Aschegehalts sind die Anforderungen an die Rauchgasentstaubung wesentlich höher als bei Holzfeuerungsanlagen.

Heupellets und –briketts können in der automatisch beschickten Biomassefeuerungsanlage vom Typ Kompakt CO der Firma Ökotherm, Hirschau verbrannt werden. Diese Anlage ist aufgrund ihrer speziellen Feuerungstechnik auch

³⁷ Vgl. Marutzky, R./Seeger, K., Energie aus Holz und anderer Biomasse, 1999, S. 124-126 und 149-152

für die Nutzung von Biomasse-Brennstoffen mit niedrigem Ascheschmelzpunkt technisch möglich.³⁸

3.3.2 Biogasanlage

Halmgutartige Biomasse in Form von Gras kann als Ko-Substrat in landwirtschaftlichen Biogasanlagen eingesetzt werden. Unter Kofermente bzw. -Substrate werden Nachwachsende Rohstoffe, Bioabfälle oder tierische Stoffe verstanden, die in Biogasanlagen vergoren werden können.³⁹

Zur Gewinnung von Biogas kommen die Trockenvergärung und die Feuchtvergärung in Betracht. Bei beiden Verfahren werden vornehmlich leicht abbaubare organische Substrate verwendet, wobei Flüssigmist (Gülle) in den meisten landwirtschaftlich genutzten Anlagen als Grundsubstrat dient. Zusammen mit dem Grundsubstrat können andere organische Stoffe (sog. Ko-Substrate) mitvergoren werden, um einen höheren Gasertrag zu erhalten. Dieser Vorgang wird als Kofermentation bezeichnet. Als organische Reststoffe aus der Landwirtschaft stehen z. B. Kartoffelkraut, Rübenblatt oder speziell für die Vergärung angebaute Nachwachsende Rohstoffe, wie z. B. Mais oder Futterrüben, als Ko-Substrate zur Verfügung. Ebenso kann Mähgut aus landesweiten Pflegemaßnahmen als Ko-Substrat in Biogasanlagen eingesetzt werden.⁴⁰

Biogas

In einer Biogasanlage entsteht beim Abbau organischer Substanz durch Bakterien Biogas. Es handelt sich hierbei um ein Stoffwechselprodukt von Methanbakterien. Hauptbestandteile des Biogases sind Methan (CH₄) mit ca. 55 bis 70 %, Kohlendioxid (CO₂) mit ca. 29 bis 43 % und ein geringer Anteil von Schwefelwasserstoff (H₂S).⁴¹ Abbildung 5 stellt diesen Prozess vereinfacht graphisch dar.

³⁸ Vgl. Maurer, K., Gras als Brennstoff ?, 2003.

³⁹ Vgl. Reichmann, J., Biogasanlage Hahn, in press, 2004

⁴⁰ Vgl. Kaltschmitt, M./ Hartmann, H. Biomasse als erneuerbarer Energieträger, 2002, 123 - 130

⁴¹ Ebenda, S. 123 - 130

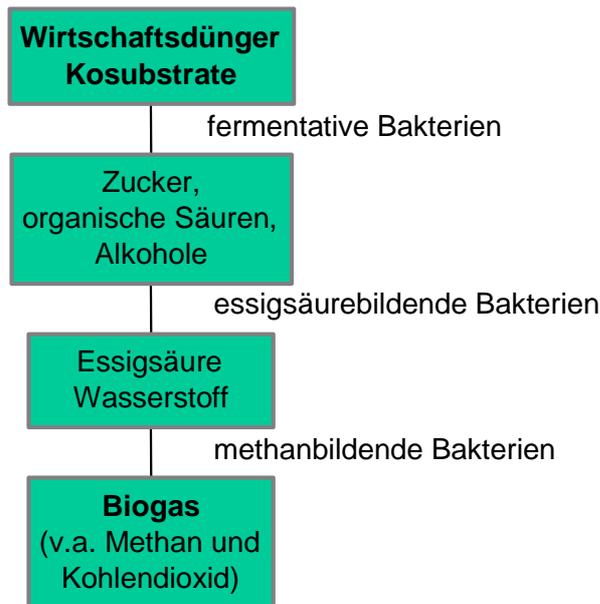


Abbildung 5: Vereinfachte Darstellung des Abbaus organischer Substanz bei der Biogasgewinnung

Quelle: FNR (2000)⁴²

Landwirtschaftliche Biogasanlagen für den Einsatz von Mähgut aus der Landschaftspflege bestehen für die flüssigen Komponenten aus Vorgrube, Faulbehälter und Gärrückstandslager (Güllelager). Bei Biogasanlagen mit Kofermentation können je nach Art der Substrate Annahmehunker, Zerkleinerung, Siebung, Störstoffabtrennung und Hygienisierung zusätzlich erforderlich sein.

Fermenter

Der Fermenter, auch Gärbehälter genannt, ist der wichtigste Teil der Anlage. Hier wird das Biogas durch den anaeroben Abbau des Substrats produziert.

In der Regel ist dem Fermenter ein Behälter vorgeschaltet, der es ermöglicht, auch bei unregelmäßigem Exkrementanfall ein kontinuierliches Beschicken der Anlage zu gewährleisten. In diesem Behälter können organische Ko-Substrate z. B. durch Hygienisierung⁴³ und Zerkleinerung aufbereitet werden.

⁴² Vgl. Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Juli 2000, S. 6

⁴³ Vor der Vergärung muss die Biomasse auf 70 °C erwärmt werden, um evtl. enthaltene Keime unschädlich zu machen.

Temperaturbereich

Die Geschwindigkeit des anaeroben Abbaus wird durch die Gärtemperatur beeinflusst. Es werden drei Temperaturbereiche unterschieden, in denen die entsprechenden Bakterienstämme gedeihen.

- psychrophiler Bereich (unter 25 °C)
- mesophiler Bereich (30 °C bis 45 °C)
- thermophiler Bereich (über 50 °C)

Bei hohen Temperaturen werden die höchsten Abbauraten erzielt und somit die Verweildauer der Substrate im Fermenter reduziert. Allerdings führen hohe Temperaturen zur einer Verschlechterung der Energiebilanz, da der Anteil an benötigter Energie zur Erwärmung des Gärbehälters steigt. Zusätzlich entsteht ein höherer Regel- und Steuerungsaufwand. Da niedrige Temperaturen eine lange Verweildauer des Gärsubstrats im Fermenter erfordern, arbeiten die meisten Biogasanlagen im mesophilen Bereich. Die eingesetzten Methanbakterien in allen Temperaturbereichen arbeiten in einem feuchten Milieu (>50 %).⁴⁴

Gasreinigung und Gasspeicher

Für das entstehende Gas und dessen Verwertung müssen Gasspeicher, Gasreiniger und ein Blockheizkraftwerk (BHKW) vorhanden sein.

Biogas kann zur Wärmegewinnung in Gaskesseln oder zur kombinierten Strom- und Wärmegewinnung in BHKW's genutzt werden. Ebenso ist der Einsatz in Gasturbinen möglich. Der Einsatz von Biogas als Treibstoff für Kraftfahrzeuge ist realisierbar, jedoch gegenwärtig noch mit recht hohem finanziellen und verfahrenstechnischem Aufwand verbunden.⁴⁵

Nachfolgende Abbildung 6 zeigt ein vereinfachtes Schema einer Biogasanlage mit Kofermentation und anschließender Nutzung des Biogases in einem BHKW.

⁴⁴ Vgl. Studie zur Weiterentwicklung der energetischen Verwertung von Biomasse in Rheinland-Pfalz, Abschlussbericht, IfaS, 218-219

⁴⁵ Vgl. Innovative Verfahren zur Wärme- und Stromerzeugung aus Biomasse, 2002, S. 218

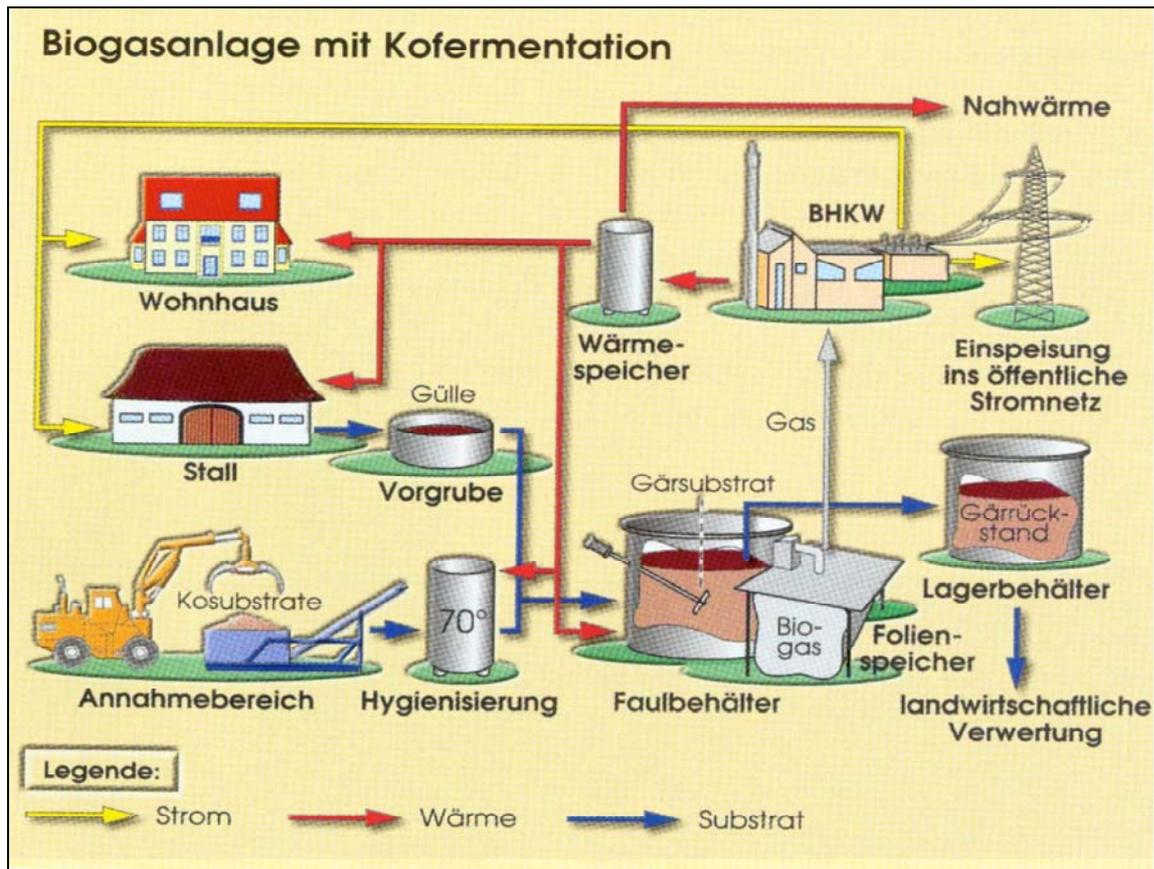


Abbildung 6: Biogasanlage mit Kofermentation

Quelle: Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Juli 2000, S. 9

Verfahrenstechniken

Für die Gewinnung von Biogas gibt es vielfältige Techniken und Bauarten sowie unterschiedliche Verfahren. Generell wird nach der Art der Beschickung in kontinuierlich und diskontinuierliche Verfahren unterschieden. Zu den diskontinuierlichen Verfahren zählen das Batch-, Wechselbehälter- und Speicherverfahren. Als kontinuierliches Verfahren ist das Durchflussverfahren zu nennen.⁴⁶

3.3.3 Holzhackschnitzelanlage

Die Bereitstellung von Holz als Brennholz kann in Form von Restholz aus Waldholz, Industrieholz und Altholz oder aus Kurzumtriebshölzern erfolgen. Um das Holz in Feuerungsanlagen einzusetzen, muss es dafür bereitgestellt werden. Der Rohstoff

⁴⁶ Nähere Informationen hierzu im Abschlussbericht, Biomassepotenzialstudie Rheinland-Pfalz, abrufbar unter www.biomasse-rlp.de

Holz wird dazu entweder als Stückgutbrennstoff (z. B. Stückholz, Holzscheite) oder als Schüttgutbrennstoff (z. B. HHS, Holzpellets) maschinell oder von Hand verarbeitet.⁴⁷ HHS werden je nach Vorkommen und Anfall in folgende Bereiche gegliedert:

- HHS aus dem Wald: z. B. Forstbetrieb
- HHS aus Kurzumtriebsplantagen: z. B. Landwirt
- HHS aus Industrierestholz und Gebrauchtholz (Altholz): z. B. Sägewerker und Spänehändler
- HHS aus Landschaftspflegeholz: z. B. Grünschnittsammelplätze

HHS können ab einer Nennleistung von ungefähr 150-200 kW eingesetzt werden. Bei kleineren Nennleistungen sind Holzpellets die passende Brennstoffwahl. Für die Festlegung der Brennstoffeigenschaft von HHS wird auf die ÖNORM M 7133 zurückgegriffen: Danach hängt die Qualität der HHS von folgenden Faktoren ab:

- Größe der HHS (G 30, G 50, G 100),
- Schüttdichte in kg/m^3 (S 160, S 200, S 250),
- Wasser- und Aschegehalt.

Heizwert

Der Heizwert H_u (unterer Heizwert) ist der „Quotient aus der durch vollständige Verbrennung freiwerdenden Wärmemenge und der Masse des festen Brennstoffes, wenn das bei der Verbrennung gebildete Wasser dampfförmig vorliegt und wenn die Temperatur des Brennstoffes vor der Verbrennung die Temperatur der entstandenen Produkte nach der Verbrennung den jeweils festgelegten gleichen Wert haben.“⁴⁸

Brennwert

Der Brennwert H_0 (oberer Heizwert) dagegen ist der „Quotient aus der durch vollständige Verbrennung freiwerdenden Wärmemenge und der Masse des festen Brennstoffes, wenn das bei der Verbrennung gebildete Wasser flüssig vorliegt und wenn die Temperatur des Brennstoffes vor der Verbrennung und die Temperatur der

⁴⁷ Vgl. Kaltschmitt, M./Hartmann, H. (Hrsg.), Energie aus Biomasse, 2000, S. 259-263

⁴⁸ Edler, A., Meissner, E., Reetz, B., Schaup, P., Trocknung von Biomasse mit hohem Grünanteil ohne Fremdenergie, 1998, S. 6

entstandenen Produkte nach der Verbrennung den jeweils festgelegten gleichen Wert haben.⁴⁹

Dies bedeutet, dass der Brennwert Wasserdampf enthält, dessen Kondensationswärme nicht nutzbar gemacht werden kann. Der Heizwert dagegen enthält nur die nutzbare Verbrennungswärme.

Der Heizwert der HHS hängt wiederum von der Holzart und vom Wassergehalt bzw. der Feuchte ab.

- Je höher der Wassergehalt, desto niedriger der Heizwert.
- Je höher der Wassergehalt in einer Tonne Holz, desto niedriger ist der Heizwert pro Tonne.

Der Wassergehalt (w) lässt sich aus folgender Formel berechnen:

Formel 1: Wassergehalt

$$\text{Wassergehalt}(w) = \frac{\text{Nassgewicht}(m_u) - \text{Darrgewicht}(m_0)}{\text{Nassgewicht}(m_u)}$$

Das Nassgewicht ist dabei das Gewicht des frischen Holzes, das Darrgewicht ist definiert als das Gewicht des vollständig trockenen Holzes, das heißt, das Holz hat 0 % Feuchte. Darrtrockenes Holz wird auch als atro (absolut trocken) bezeichnet. Holz mit einer Feuchte von unter 20 % wird lutro (lufttrocken) genannt.⁵⁰

Die Holzfeuchtigkeit berechnet sich hingegen über folgende Formel:

Formel 2: Holzfeuchtigkeit

$$\text{Holzfeuchtigkeit}(u) = \frac{\text{Naßgewicht}(m_u) - \text{Darrgewicht}(m_0)}{\text{Darrgewicht}(m_0)}$$

Man versteht also unter Holzfeuchtigkeit das Verhältnis des im Holz enthaltenen Wassergewichtes zum Gewicht des absolut trockenen Holzes.⁵¹

Die Größe sollte je nach Anlagentyp mindestens G 50 sein, G 100 jedoch nicht übersteigen: Größere Hackschnitzel trocknen besser als kleine Hackschnitzel, zu

⁴⁹ Ebenda S. 6

⁵⁰ Vgl. Niemz, P., 1993, S. 66

⁵¹ Vgl. Lohmann, U., 1998, S. 111

große Hackschnitzel können zu Problemen bei der Holzzufuhr vom Bunker in die Brennstoffkammer führen.

Der Tabelle 2 können die Umrechnungen der Maßeinheiten für Holz entnommen werden.⁵²

Umrechnungsfaktoren für Festmeter (Fm), Raummeter (Rm) und Schüttraummeter (Srm)				
Massivholz		Schichtholz		Hackgut
1,0 Fm	=	1,43 Rm	=	2,43 Srm
0,7 Fm	=	1,00 Rm	=	1,70 Srm
0,41 Fm	=	0,59 Rm	=	1,00 Srm

Tabelle 2: Umrechnungsfaktoren für Festmeter, Raummeter und Schüttraummeter

Feuerungsanlage

Die wesentlichen Komponenten einer Feuerungsanlage zur Verbrennung biogener Festbrennstoffe sind die Brennstofflagerung, die Brennstoffaufbereitung und die Feuerung. Je nach Anlagenkonzept und der benötigten Nutzenergieform kann die Kombination dieser Komponenten variieren bzw. einzelne Komponenten können entfallen oder werden zusätzlich benötigt. Hauptbestandteil einer Anlage ist die Feuerung. Diese kann für biogene Festbrennstoffe z. B. nach der Feuerungswärmeleistung, den eingesetzten Brennstoffen, dem Beschickungssystem und dem Anwendungsbereich oder der Verbrennungsführung unterschieden werden. Eine eindeutige Abgrenzung ist dabei nicht immer möglich. Nach der Art der Beschickung werden Feuerungsanlagen in manuell und automatisch betriebenen Anlagen unterschieden. Des Weiteren werden diese Feuerungsanlagen in Groß- und Kleinfeuerungsanlagen unterschieden.

Holz hackschnitzelanlagen können wie folgt unterteilt werden:

Unterschubfeuerung

Bei der Unterschubfeuerung werden die HHS mit einem Schneckenförderer von unten in die Feuermulde (Retorte) eingeschoben.

⁵² Eigene Darstellung in Anlehnung an Hartmann, H. (Hrsg.) Handbuch Bioenergie-Kleinanlagen, 2003, S. 58

Rostfeuerung

Der Brennstoff wird bei Rostfeuerungsanlagen mit einem Förderaggregat auf den in der Feuermulde befindlichen Rost geschoben und durch Bewegung der Rostelemente weiter befördert.

Einschubfeuerung

Bei dieser Bauart werden die HHS von der Seite in den Feuerraum (der mit oder ohne Rost ausgestattet sein kann) eingebracht.⁵³

Wirbelschichtfeuerung

Bei der Wirbelschichtfeuerung wird ein mit Düsen versetzter Anstromboden von unten mit Luft durchströmt. Auf diesen wird der Brennstoff aufgegeben. Das sich daraufhin bildende Wirbelbett besteht aus einer Brennstoff-Inertmaterial-Luft-Suspension, in der die Verbrennung stattfindet. Der Brennstoff wird, je nach Konsistenz, über Lanzen, Wurfbeschicker, Schubböden oder Schnecken in oder auf die Wirbelschicht gebracht.⁵⁴

Handelt es sich bei diesen Feuerungsanlagen um automatisch beschickte Systeme, dann werden die HHS mit einer Stokerschnecke oder einer hydraulischen Schubvorrichtung automatisch in den Feuerraum befördert. Es stellt sich hier ein gleich bleibender Feuerbetrieb mit konstanter Leistung ein. Bei der automatischen Zuführung der schüttfähigen Brennstoffe wird die Brennstoffmenge an den wechselnden Wärmebedarf automatisch angepasst.

Die Rückbrandsicherung verhindert, dass das Feuer aus dem Brennraum in das Hackschnitzzellager zurück brennt. Eine bedarfsgerechte Brennstoffzugabe und eine automatisch geregelte Luftzuführung ermöglichen einen gleich bleibenden hohen Wirkungsgrad der Feuerstätte bei geringeren Emissionen.⁵⁵

⁵³ Vgl. Hartmann, H., (Hrsg.) Handbuch Bioenergie-Kleinanlagen, 2003, S. 87 – 89.

⁵⁴ Vgl. Studie zur Weiterentwicklung der energetischen Verwertung von Biomasse in Rheinland-Pfalz, Abschlussbericht, IfaS, S. 198

⁵⁵ Vgl. C.A.R.M.E.N., Energetische Nutzung von Biomasse, Juli 2002

4 Stoffstrommanagement und -aufbereitung ausgewählter Biomassen

Zunächst wird der Begriff Stoffstrommanagement definiert und im Anschluss die Stoffstromaufbereitung für halmgutartige und holzartige Biomasse sowie für das Waldholz beschrieben.

„Stoffstrommanagement ist das zielorientierte, verantwortliche, ganzheitliche und effiziente Beeinflussen von Stoffsystemen.“⁵⁶

Sterr definiert das Stoffstrommanagement als ein „zielorientierter, organisierter Umgang mit Stoffen entlang der Wertschöpfungskette, unter Einschluss der Interessen der daran direkt und indirekt beteiligten Akteuren.“⁵⁷

Werden einzelne Stoffströme betrachtet, unterscheiden sich die Anforderungen sowohl hinsichtlich der Aufbereitung und Bereitstellung durch die Stoffeigenschaften als auch im Zusammenhang mit möglichen Anlagen. Je nach gewünschter Qualität und Konfektion müssen für die entsprechenden Technologien unterschiedliche Aufbereitungsschritte erfolgen. Durch die Bereitstellung wird die Verfügbarkeit der Biomasse an der Konversionsanlage zum richtigen Zeitpunkt sichergestellt. Ziel der Aufbereitung ist es, die Biomassemerkmale an die Anforderungen der jeweiligen Konversionsverfahren anzupassen. In den meisten Fällen kommt es dabei zu einer Veränderung der physischen bzw. mechanischen Eigenschaften.⁵⁸

Getrennt von der Aufbereitung werden die Prozesse der Lagerung und Trocknung sowie des Transportes betrachtet. Hierbei handelt es sich um eigenständige von der Ernte und Aufbereitung unabhängige Verfahrensschritte, mit dem Ziel, die zwischen Biomasseanfall und –verwertung liegende zeitliche und räumliche Distanz zu überbrücken. Ein effizient gestalteter Transportvorgang, der die Distanz der geernteten und aufbereiteten Biomasse zu der Konversionsanlage verlustfrei überbrückt, sollte aus ökologischen und ökonomischen Gründen angestrebt werden. Oftmals entsteht zwischen dem Zeitpunkt des Anfalls konfektionierter Biomasse

⁵⁶ Enquete Kommission, 1994, S. 549 f.

⁵⁷ Sterr, Th., 1998

⁵⁸ Vgl. Kaltschmitt, M./Hartmann, H., 2001, S. 177

(Sommer) und der Biomassenutzung (Wärmebedarf im Winter) eine Lücke.⁵⁹ Die richtige Lagerung der Biomasse ist somit unverzichtbar, um eine sichere Brennstoffversorgung zu gewährleisten.⁶⁰

4.1 Halmgutartige Biomasse

Halmgutartige Biomasse kann als trockener oder feuchter Brennstoff bereitgestellt werden. Es wird danach zwischen Trocken- und Feuchtgut-Bereitstellungs- bzw. Versorgungsketten unterschieden. Um Mähgut energetisch zu nutzen, wird dieses als Silage, zu Ballen oder Pellets weiterverarbeitet.

Die erforderliche Aufbereitung von Heu für die Feststoffverbrennung kann in drei Arten erfolgen:

1. Erzeugung von Heupellets
2. Erzeugung von Heubriketts
3. Erzeugung von Heu-Ballen

Werden diese Vorgehen für das Ernteverfahren betrachtet, so sind diese unterschiedlich einsetzbar. Das Häckseln wird für halmgutartige Biomassen in der Landwirtschaft eingesetzt und ist weit verbreitet. Hierbei erfolgt jedoch keine Materialverdichtung. Dadurch ist diese Erntelinie aufgrund der großen Volumina lediglich bei geringen Brennstoffmengen und kurzen Transportentfernungen sinnvoll. Die Erzeugung von Pellets oder Briketts ist wirtschaftlich sinnvoll, wenn dieses direkt auf dem Feld mit fahrenden Anlagen erfolgen kann. Werden Ballen gepresst, so kann die höchste Pressdichte in Form von kubischen Großballen erzielt werden. Diese haben jedoch zu Rundballen ein deutlich höheres Eigengewicht, welches Böden teilweise stark belastet bzw. bei empfindlichen Böden ein Befahren ausgeschlossen sein kann.⁶¹

⁵⁹ Holzartige Biomasse wird z. B. im Winter eingeschlagen. Die Trocknung dauert jedoch bis in den Sommer hinein. Somit kann das Holz erst im darauffolgenden Winter genutzt werden.

⁶⁰ Vgl. Kaltschmitt, M./Hartmann, H., 2001, S. 197, 204

⁶¹ Vgl. Elsässer, M., Alternativen der Nutzung von Grünland im Europa Reservat Federseeried, 1997, S. 27-29

Das Pressen von Rundballen nach dem Verfahren der Naturlandstiftung Saar und ÖFM gGmbH

Handelt es sich bei der Flächenpflege der halmgutartigen Biomassen um Rundballen, werden diese Stückgüter als Rundballenkette betrachtet, bei der das Halmgut zu großen Rundballen verdichtet und mit dem dafür vorgesehenen Fuhrpark zum Lager bzw. zum Standort der Konversionsanlage transportiert.⁶²

Die Fläche wird mit einem Mähwerk oder Mulcher gemäht. Danach wird das Mähgut mit einem Schwader auf Bahnen abgelegt. Das Mähgut wird anschließend mit einer Ballenpresse aufgenommen und als Ballen auf der Fläche abgelegt. Die Ballen werden mit dem Frontladerschlepper oder Radlader eingesammelt und damit zum Verladeplatz gebracht. Eine andere Möglichkeit besteht darin, die Fläche mit einem Spezialgerät zu mähen und abzuräumen (z. B. Landschaftspflegeraupe). Hier wird das Mähgut anschließend lose mit dem Mähfahrzeug zum Verladeplatz transportiert.

Betrachtet man den Einsatz der halmgutartigen Biomasse als Ko-Substrat in Biogasanlagen, liegt die einzusetzende Grünmasse bspw. als Silage vor. Bei diesem Material erfolgt der Transport mit den dafür vorgesehenen Fahrzeugen (z. B. LKW oder Traktorgespann). Die weitere Aufbereitung erfolgt meist erst an der Biogasanlage direkt, da dort die benötigten Spezifikationen für den optimalen Ablauf der anaeroben Fermentation sichergestellt werden kann.

4.2 Holzartige Biomasse

4.2.1 Holzernte von HHS aus dem Wald

Während der Holzernte wird der Baum gefällt und entastet. Danach muss der Stamm an die Waldstraße gerückt werden. Holz unter einem Durchmesser von 6 bis 8 cm wird im Wald gelassen, um dem Waldboden nicht zu viele Nährstoffe zu entziehen. Holz geringeren Durchmessers besteht aus Reisig und Blattwerk. Hier befinden sich die meisten Nährstoffe.⁶³

Bei der Holzernte ist vor allem die Wirtschaftlichkeit von großer Bedeutung. Hier hat der Mechanisierungsgrad der Holzernte einen entscheidenden Einfluss.⁶⁴

⁶² Vgl. Kaltschmitt, M./Hartmann, H., 2001, S. 136-137

⁶³ Vgl. Nebe, W., Zur Auswirkung von Biomassennutzungen in Fichten- und Kiefernbeständen auf den Nährelementkreislauf, Beiträge für die Forstwirtschaft, 1979

⁶⁴ Vgl. Erler, J., Forsttechnik, 2000

Vollmechanisierte Arbeiten sind am günstigsten. Hier wird das Fällen und das Entasten durch einen Harvester ausgeführt. Als besonderes Beispiel gilt der Hackschnitzelharvester. Er hat, wie alle Harvester, ein Aggregat am Auslegearm, das einen Baum fällen und entasten kann (vgl. Abbildung 7).



Abbildung 7: Hackschnitzelharvester im Einsatz

Quelle: JACOBI (o. J.)

Zusätzlich besitzt dieser Typ von Harvester einen Hacker, so dass es möglich ist, direkt nach dem Einschlag das Holz zu hacken und die Hackschnitzel in einen Container einzublase (vgl. Abbildung 8). Da hier das Ernten, Hacken und Vorrücken an die Waldstraße durch eine Maschine erledigt wird, ist dieses Verfahren das günstigste. Das Problem hierbei ist jedoch die Einsatzfähigkeit der Maschine: Sie kann nur bis zu einer Hangneigung von 10 % eingesetzt werden.



Abbildung 8: Hackschnitzelharvester beim Umschütten seines Hackgutes

Quelle: JACOBI (o. J.)

Wird ein normaler Harvester eingesetzt, erledigt das Vorrücken der Stämme zur Waldstraße (Vorliefern) z. B. ein so genannter Forwarder, der die Stämme aufgreift und auf eine Rungenbank lädt. Damit können Steigungen bis zu 25 % bewältigt werden. Andere Verfahren sind flexibler aber teurer, da sie noch arbeitsintensiver sind.⁶⁵ Das Hacken des Holzes wird dann von einem Holzhacker übernommen.

Auf dem Markt werden verschiedene Holzhackertechnologien angeboten. Sie unterscheiden sich zum einen im Antrieb. So gibt es Hackerlösungen, die durch den landwirtschaftlichen Schlepper angetrieben werden. Es sind jedoch auch sehr leistungsstarke Hacker mit Eigenantrieb auf dem Markt (Tabelle 3). Bei einer Anschaffung ist vor allem darauf zu achten, dass der Einzug und die Hackervorrichtung es erlauben, Stämme mit einem Durchmesser bis zu 40 cm einzuziehen, da ansonsten beispielsweise Holz, in Form minderwertiger verfallener Stämme, nicht mehr gehackt werden kann.

⁶⁵ Vgl. Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, 2000, S. 10

	Modell	Einzugsöffnung/ Stammdurchmesser (in mm)	Leistung (PS)	Benötigte Zugmaschinen
Mobile Hacker in der Waldfläche	Bruks 804 CT (ERJOFANT)	820 x 620 LH 400 NH 500	430	selbstfahrend
Mobile Hacker an der Waldstraße Fremdantrieb	•Junkkari HJ 500 Contractor	450 x 420 LH/NH 420	110-200 (Leistungsannahme)	Schlepper
	•Eschlböck Biber 5 KL	240 x 240 LH/NH 240	45 (Leistungsannahme)	Schlepper
	•Foresteri C4560 LF	450 x 600 k. A.	120-200 (Leistungsannahme)	Schlepper
Mobiler Anhängenhacker Eigenantrieb	•MUS-MAX Wood Terminator 8	760 x 400 LH/NH 400	200-300	Schlepper
	•Junkkari HJ 200 Mob	190 x 190 LH/NH 190	60	PKW/ Schlepper
	•Green Mech ECM150 MT30D	800 x 780 LH/NH 150	30	PKW/ Schlepper

Tabelle 3: Verschiedene aktuelle Hackertechnologien, ausgestellt bei der Interforst 2002 in München

Quelle: Eigene Bearbeitung

Zum anderen unterscheiden sich die Hacker in der Hackeinrichtung: Es gibt Trommelhacker, Scheibenhacker und Schneckenhacker. Die Scheibenhacker setzen sich zunehmend durch, da sie qualitativ höherwertige Hackschnitzel produzieren. Derzeit drängen jedoch auch Schneckenhacker auf den Markt, welche mit weniger Antriebskraft auskommen.

Das Hacken wird entweder dezentral im Bestand durchgeführt oder zentral an einem Holzhof oder einem großen Polter.

Wenn ein Holzhof vorhanden ist, an dem das Holz zentral gelagert und gehackt werden kann, so ist dieses System dem einer dezentralen Hackung vorzuziehen. Je größer das zu hackende Holzvolumina ist, desto kostengünstiger ist der Logistikschrift des Hackens zu verwirklichen.

4.2.2 Bereitstellung von HHS aus holzartiger Biomasse

Holz aus Sträuchern und Hecken sowie aus Feldgehölzen, kann durch verschiedene Erntetechnologien kostengünstig geerntet und gehackt werden. So werden zur Pflege von Knicks in Schleswig-Holstein Gehölze mit einer auf einem Mobilbagger

montierten hydraulischen Knickschere vom Stock getrennt und seitlich am Feldrand abgelegt. Sie können dann z. B. mit einem bereitstehenden Hacker gehackt und auf einen Container geblasen werden. Dieser wird regelmäßig entleert und das Pflegematerial auf einen Holzhof verbracht.⁶⁶

Andere Möglichkeiten bieten neuere Technologien, wie z. B. so genannte "Fäller Sammler". Hier wird das Gehölz mit Hilfe eines Sägeblattes, welches ähnlich einem Harvesterkopf über einen Hydraulikarm betrieben wird, vom Stock getrennt und anschließend auf eine Rungenbank abgelegt und gebündelt. Das Hacken erfolgt später zentral.⁶⁷

Pflege von Hecken und Sträucher nach Pflegemaßnahmen durch die Naturlandstiftung Saar und ÖFM gGmbH

Zur Gewinnung des Holzes werden zum Großteil motormanuelle Verfahren eingesetzt (z. B. Ast- und Heckenscheren). Anschließend können manuell oder kranbeschickte Hacker für die Produktion der HHS verwendet werden.⁶⁸ Des Weiteren fällt bei der Naturlandstiftung Saar und ÖFM gGmbH Grünschnitt bzw. holzartige Biomasse in Form von HHS bei der Pflege von Hecken bzw. Sträuchern und Feldgehölzen an. Die Heckenstrukturen werden mit einer Anbauheckenschere (an Schlepper oder Bagger) zurück geschnitten. Der Heckenschnitt wird danach mit einem Frontladerschlepper oder Radlader geräumt und an einen geeigneten Hackplatz transportiert. Der Hacker wird anschließend zum Hacken des Heckenschnittes mit einem Bagger oder Ladekran bestückt. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, die Heckenstruktur mit einer „Schnitt-Griffy“ auf Stock zu setzen und das Astmaterial auf Bahnen abzulegen. Dieses wird mit einem Frontladerschlepper oder Radlader geräumt und an einen geeigneten Hackplatz transportiert. Der Hacker wird anschließend, zum Hacken des Heckenschnittes, mit einem Bagger oder Ladekran bestückt. Des Weiteren kann die Gehölzfläche von Hand mit der Motorsäge oder einem Freischneider entbuscht werden. Das Material wird entweder mit dem Frontladerschlepper oder von Hand an einen geeigneten Platz geräumt. Danach wird der Hacker mit einem Bagger oder Ladekran mit dem Material zum Hacken bestückt.

⁶⁶ Vgl. Mette, R., Biomassepotenziale und Kreislaufwirtschaft, S. 34-40, 2003

⁶⁷ Gabriel, O., Erntetechnik für Energieholz auf der METKO 2004, Forst und Technik, S. 4-9

⁶⁸ Vgl. Kaltschmitt, Martin, Energie aus Biomasse, S. 2001, 133-134

4.2.3 Lagerung und Trocknung von HHS

Die Trocknung von Holz bereitet oft Schwierigkeiten. Je trockener das Holz ist, desto größer ist der Heizwert.⁶⁹ Eine Hackschnitzelheizung sollte immer Holz mit dem gleichen Feuchtegehalt verbrennen, um eine gleichmäßige und optimale Verbrennung zu erreichen. Es gibt die Möglichkeit, das Holz direkt nach der Fällung an der Waldstraße in Poltern zu trocknen. Eigentlich stellt dies die kostengünstigste Alternative dar. Die Hackschnitzel können je nach Gebrauch von den Poltern weg gehackt und direkt in die Heizungen abtransportiert werden. Probleme machen jedoch die verschiedenen Trocknungsgeschwindigkeiten von z. B. Fichten- und Eichenholz, sowie die Befahrbarkeit der Waldwege im Winter. Wichtig ist die fachgerechte Lagerung in Trockenpoltern. Wird die Fichte, ohne sie zu entasten, im Wald zur Trocknung liegengelassen, so kann es zum Borkenkäferbefall kommen.

Eine andere Möglichkeiten ist die Trocknung der Hackschnitzel in einem Zwischenlager in Form eines Hackschnitzelhaufens. Nach etwa zwei bis drei Monaten sind die HHS ausreichend getrocknet und können zum Verkauf angeboten werden.⁷⁰

Eine Fremdtrocknung, z. B. durch Solarkollektoren, durch Lüftungssysteme oder sogar durch Trocknungsanlagen mit externer Wärmezuführung, ist dagegen eher unwirtschaftlich, da dies den Einsatz von teurer Technik voraussetzt.⁷¹

⁶⁹ Vgl. Wittkopf, S., 1999

⁷⁰ Vgl. Zimmermann, E./Wern, B., Machbarkeitsstudie und Wirtschaftlichkeitsbetrachtung verschiedener Trocknungsvarianten für HHS, 2004

⁷¹ Ebenda

5 Biomassepotenziale der Naturlandstiftung Saar und der ÖFM gGmbH

Dieses Kapitel betrachtet die Biomassepotenziale der Naturlandstiftung Saar und der ÖFM gGmbH. Zunächst werden die Potenziale der Flächen dargestellt, die im Besitz der Naturlandstiftung Saar sind. Für die ÖFM gGmbH werden die Potenziale ermittelt, die durch Flächenpflege im Rahmen der Ökokonto- und Ersatzmaßnahmen entstehen. Des Weiteren erfolgt die Auflistung der Biomassepotenziale, die bei Pflegemaßnahmen in den Jahren 2001-2003 durch den Kooperationsvertrag mit dem Landesamt für Umweltschutz Saarland anfallen. Im ersten Schritt werden jeweils die halmgutartigen, danach die holzartigen Biomassepotenziale aus der Feldgehölzpflege und zum Abschluss die Waldholzpotenziale ermittelt.

5.1 Pflegeflächen der Naturlandstiftung Saar

Betrachtet man die Flächen der Naturlandstiftung Saar, so handelt es sich hierbei um 71 Schutzgebiete in fünf Landkreisen und dem Stadtverband Saarbrücken mit einer Gesamtfläche von 506,08 ha.⁷² Zusätzlich werden die Flächen des Saar-Blies-Gau/Auf der Lohe mit einer Größe von 356,08 Hektar betrachtet.

5.1.1 Halmgutartige Biomassepotenziale

Auf insgesamt 494,11 ha fällt Biomasse in Form von Grasschnitt an. Diese Hektarzahl setzt sich aus 211,00 ha Trockenrasen, 252,05 ha Wiesen und 31,06 ha Hochstaudenfluren/Nasswiesen zusammen.

Halmgutartige Biomasse kann entweder in Biogasanlagen oder Feuerungsanlagen energetisch verwertet werden. Für beide Verwertungsarten handelt es sich um die gleichen Flächen. Im ersten Schritt wird der Einsatz des Mähgutes aus der Landschaftspflege als Ko-Substrat in Biogasanlagen betrachtet. Hierfür werden die Trockenmasseerträge und daraus folgend die Biogaserträge dargestellt. Im zweiten Schritt wird der Einsatz von Heu in Form von Rundballen in Feuerungsanlagen betrachtet.

⁷² Auflistung der Schutzgebiete, Stand: 31.12.2003, erhalten am 22. Juli 2004 von Herrn Eberhard Veith.

Einsatz von Mähgut als Ko-Substrat in Biogasanlagen

Der Trockenmasseaufwuchs in Tonnen pro Jahr auf den Flächen der Naturlandstiftung Saar für den jeweiligen Wiesentyp ist der Tabelle 4 zu entnehmen.

Wiesentyp	Trockenmasse (min) [t/a]	Trockenmasse (max) [t/a]
Trockenrasen	633	939
Wiesen	756	1.122
Hochstaudenfluren/Nasswiesen	93	138
Summe	1.482	2.199

Tabelle 4: Aufwuchsmassen in Tonnen pro Jahr in Abhängigkeit vom Wiesentyp

Daraus ergeben sich insgesamt 1.482 t_{\min} bzw. 2.199 t_{\max} Trockenmasse pro Jahr. Beim Einsatz dieser Trockenmasseerträge als Ko-Substrat in Biogasanlagen können für die einzelnen Wiesentypen nachfolgende Methanerträge abgeleitet werden:

Wiesentyp	Methanertrag (min) [m ³ /a]	Methanertrag (max) [m ³ /a]
Trockenrasen	139.262	206.572
Wiesen	166.351	246.753
Hochstaudenfluren/Nasswiesen	20.500	30.409
Summe	326.113	483.734

Tabelle 5: Methanerträge in m³ pro Jahr in Abhängigkeit vom Wiesentyp

Werden diese Biogaserträge aus Tabelle 5 zusammengefasst, können mit diesem Mähgut aus der Flächenpflege der Naturlandstiftung Saar ca. 326.000 m^3_{\min} bzw. 484.000 m^3_{\max} Biogas jährlich erzeugt werden. Diese produzierten Biogasmengen entsprechen 1.956.000 kWh/a_{min} bzw. 2.902.000 kWh/a_{max} an Gesamtenergie, mit denen je nach Verwendungszweck Strom bzw. Wärme erzeugt werden können.

Damit können rund 196.000 l_{\min} bzw. rund 290.000 l_{\max} Heizöl substituiert oder ca. 600.000 kWh elektrische Energie erzeugt werden. Maximal 145 Haushalte können damit mit Wärme versorgt werden. Bei einem derzeitigen Heizölpreis von ca. 0,46 €/l netto⁷³ entspricht die Substitution von Heizöl einem Wert von ca. 90.160 €_{min} bzw. ca. 133.400 €_{max}.

⁷³ Vgl. http://www.thiel-heizoel.de/html/heizoel_aktuell.htm, Stand: 19.10.2004

Einsatz von Mähgut in Form von Rundballen in Feuerungsanlagen

Nachfolgend wird die Berechnung für die Nutzung des Mähguts als Heu-Rundballen angestellt.

Jahr	Anzahl der Rundballen	
	min	max
Trockenrasen	844	1.266
Wiesen	2.520	2.773
Hochstaudenfluren/ Nasswiesen	342	466
Summe	3.706	4.504

Tabelle 6: Anzahl der Rundballen pro Jahr und Wiesentyp

Aus Tabelle 6 wird ersichtlich, dass insgesamt ca. 3.700_{min} bzw. ca. 4.500_{max} Rundballen pro Jahr maschinell gepresst werden. Bei einer energetischen Nutzung dieser Rundballen besteht ein jährliches Potenzial von rund 4.874.000 kWh/a_{min} bzw. rund 5.754.000 kWh/a_{max}, welches nach den definierten Voraussetzungen in Kapitel 0 mittelfristig verfügbar wäre. Dies entspricht einem Heizöläquivalent von 487.000 I_{min} bzw. 575.000 I_{max} pro Jahr, was bei einem derzeitigen Heizölpreis von 0,46 €/l netto⁷⁴ einen Wert von ca. 224.020 €_{min} bzw. 264.500 €_{max} ausmacht.

Darstellung der Potenziale auf Landkreisebene mit Stadtverband Saarbrücken

Abbildung 9 zeigt, dass im Saarpfalz-Kreis mit rund 267.000 m³_{min} bzw. rund 396.000 m³_{max} die größten Biogaspotenziale vorhanden sind. Hingegen stehen im Landkreis Neunkirchen mit ca. 1.600 m³_{min} bzw. ca. 2.400 m³_{max} die geringsten Mengen für den Einsatz von Grasschnitt aus der Landschaftspflege als Ko-Substrat in Biogasanlagen zur Verfügung.

⁷⁴ Vgl. Ebenda, Stand: 19.10.2004

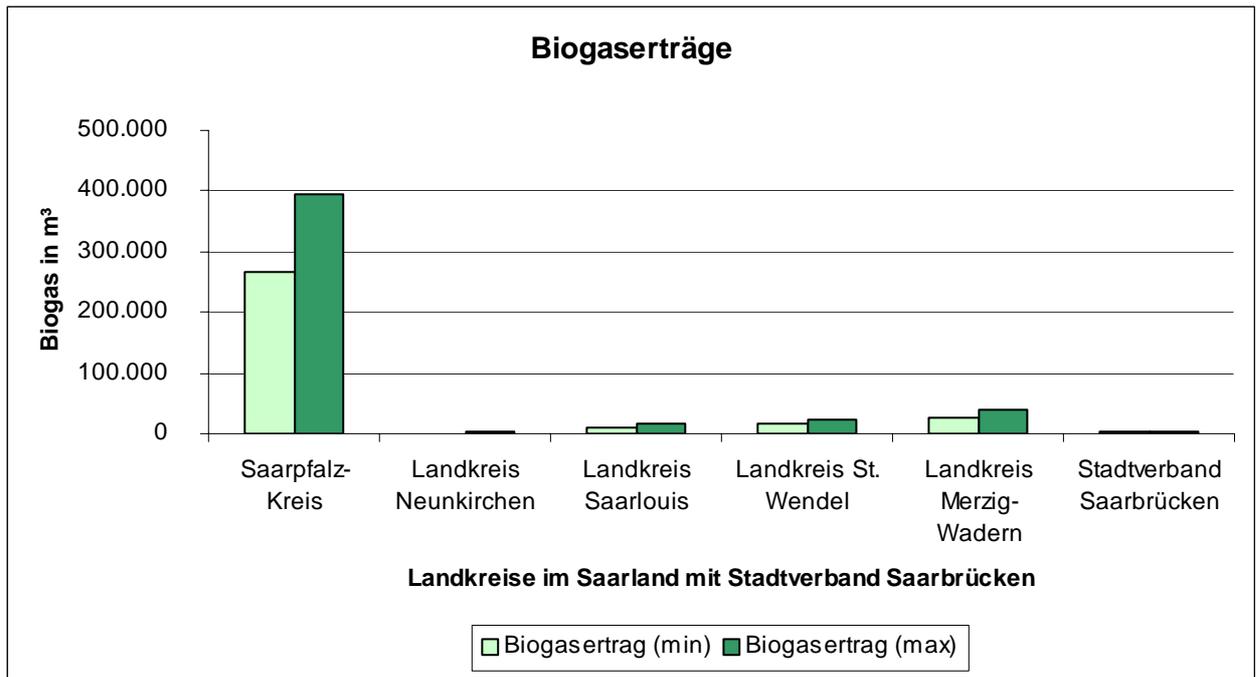


Abbildung 9: Methanerträge pro Landkreis mit Stadtverband Saarbrücken

Die Heizöläquivalente pro Landkreis mit Stadtverband Saarbrücken, die sich aus der energetischen Verwertung der Rundballen ergeben, sind aus Abbildung 10 ersichtlich.

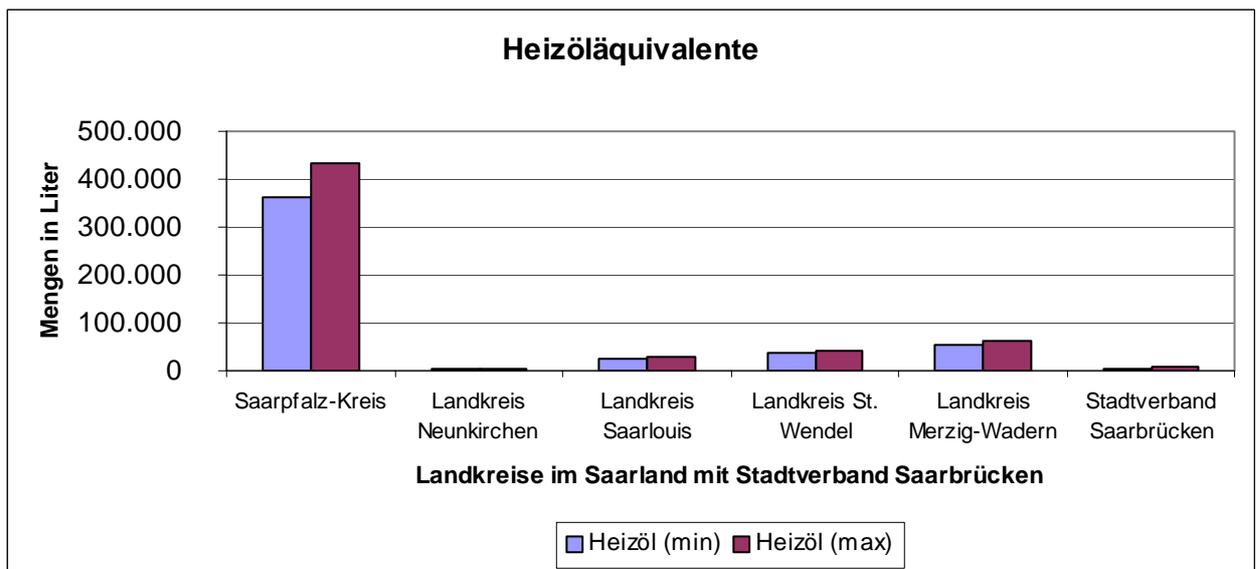


Abbildung 10: Substitution von Heizöl durch energetische Nutzung von Heu-Rundballen

Durch die energetische Nutzung von Landschaftspflegeheu könnte im Saarpfalz Kreis die größte Menge Heizöl mit ca. 362.000 I_{\min} bzw. 435.000 I_{\max} substituiert werden. Im Landkreis Neunkirchen sind die geringsten Potenziale mit 3.600 I_{\min} bzw. 4.000 I_{\max} vorhanden.

5.1.2 Holzartige Biomassepotenziale

Bei der Naturlandstiftung Saar fallen holzartige Biomassepotenziale bei Entbuschungsmaßnahmen von Hecken und Feldgehölzen an. Betrachtet wird ein Zeitraum von 10 Jahren (vgl. Kapitel 2.3). Die energetische Nutzung wird über die nächsten zehn Jahre so verteilt, dass in jedem Jahr eine gleiche Menge von Holz anfällt. Aus diesem Grund wird das mittelfristig verfügbare Potenzial ermittelt und nachfolgend dargestellt.

	Schüttraummeter (Srm)	MWh	Heizöläquivalent in Liter
Betrachtungszeitraum 10 Jahre	16.376	9.255	925.483
Mittelfristig verfügbare Potenziale	1.638	925	92.548

Tabelle 7: Holzartige Biomassepotenziale, Naturlandstiftung Saar

Tabelle 7 zeigt, dass jährlich ca. 1.600 Srm holzartige Biomassepotenziale verfügbar sind. Werden diese Mengen energetisch genutzt, könnten rund 92.000 Liter Heizöl substituiert werden. Bei einem Heizölpreis von 0,46 €/l netto entspricht diese Menge einem Wert von ca. 42.780 €.

5.1.3 Waldholzpotenziale

	Schüttraummeter (Srm)	MWh	Heizöläquivalent in Liter
Mittelfristig verfügbare Potenziale	5.100	4.640	464.050

Tabelle 8: Waldholzpotenziale, Naturlandstiftung Saar

Werden die Waldholzpotenziale, die sich aus der Flächenpflege ergeben, energetisch in dafür vorgesehenen Energieanlagen eingesetzt, können mit der Menge von ca. 5.100 Srm (vgl: Tabelle 8) ca. 232 Haushalte mit regenerativ erzeugter Wärme versorgt werden. Die Waldholzpotenziale entsprechen ca. 464.000 l Heizöl mit einem Wert von rund 213.440 €.

5.2 Pflegeflächen der ÖFM gGmbH

Es werden zunächst die Potenziale der halmgutartigen Biomassen aus der Flächenpflege im Rahmen der Ökokonto- und Ersatzmaßnahmen betrachtet.

Insgesamt werden 167,21 Hektar im Rahmen der Ökokonto- und Ersatzmaßnahmen als Grünlandflächen von der ÖFM gGmbH gepflegt. Hierfür werden die Grünlandflächen ebenfalls in Wiesen, Trockenrasen und Feuchtwiesen bzw. Hochstaudenfluren eingeteilt. Des Weiteren werden Flächen, die für die Gehölzanzpflanzung ausgemäht werden müssen, betrachtet. Bei diesen Aufwuchsmassen handelt es sich jedoch nur um eine einmalige Mahd, die daraus entstehenden Potenziale können somit nicht langfristig genutzt werden. In der nachfolgenden Tabelle sind zunächst die Hektarzahlen pro Wiesentyp aufgelistet.

Wiesentyp	Hektar
Trockenrasen	3,73
Wiesen	106,70
Hochstaudenfluren/Nasswiesen	18,00
Gehölzflächen ausmähen	38,77
Summe	167,21

Tabelle 9: Größe der Pflegeflächen der ÖFM gGmbH in Hektar

5.2.1 Halmgutartige Biomassepotenziale

Einsatz des Mähgutes als Ko-Substrat in Biogasanlagen

Wiesentyp	Trockenmasseerträge (min)	Trockenmasseerträge (max)
Trockenrasen	11	17
Wiesen	322	479
Hochstaudenfluren/Nasswiesen	54	80
Gehölzflächen ausmähen	116	173
Summe	504	748

Tabelle 10: Trockenmasseerträge aus den Pflegeflächen der Ökokonto- und Ersatzmaßnahmen

Tabelle 10 zeigt ein Potenzial von insgesamt 504 t_{\min} bzw. 748 t_{\max} an Trockenmasseerträgen aus der Landschaftspflege im Rahmen der Ökokonto- und Ersatzmaßnahmen. Mit diesem Aufkommen lassen sich ca. 111.000 m^3_{\min} bzw. 164.000 m^3_{\max} Biogas erzeugen. Diese Biogasmengen entsprechen ca.

664.000 kWh_{min} bzw. 984.000 kWh_{max} Gesamtenergie, womit 66.400 l_{min} bzw. 98.400 l_{max} Heizöl substituiert werden könnten. Bei einem Heizölpreis von 0,46 €/l netto, entsprechen die Biogasmengen einem Wert von 30.544 €_{min} bzw. 45.264 €_{max}.

Wird das Biogas verstromt, können ausgehend von einem Wirkungsgrad von 32 % des Verbrennungsmotors eines Blockheizkraftwerkes, mit den oben genannten Kilowattstunden ca. 212.000 kWh_{min} bzw. 315.000 kWh_{max} elektrische Energie pro Jahr erzeugt werden.

Einsatz des Mähgutes in Form von Rundballen in Feuerungsanlagen

Wird das Mähgut für die Verfeuerung zu Rundballen gepresst, entstehen bei den Pflegemaßnahmen durch die ÖFM gGmbH insgesamt 5.025 Rundballen_{max} bzw. 8.470 Rundballen_{min} (vgl. Tabelle 11), wenn die Biomassen alternativ zu Biogasanlagen genutzt werden sollen.

Wiesentyp	Rundballen (min)	Rundballen (max)
Trockenrasen	45	100
Wiesen	3.223	5.271
Hochstaudenfluren/Nasswiesen	594	1.201
Gehölzflächen ausmähen	1.163	1.898
Summe	5.025	8.470

Tabelle 11: Anzahl der Rundballen pro Wiesentyp

Werden die Rundballen in dafür vorgesehene Feuerungsanlagen für die energetische Verwertung eingesetzt, besteht ein mittelfristig verfügbares Potenzial von rund 2.325.000 kWh_{min} bzw. 2.619.000 kWh_{max}.

Insgesamt werden durch das Verbrennen der Heu-Rundballen ca. 233.000 l_{min} bzw. 262.000 l_{max} an Heizöl substituiert. Das entspricht einem Wert von 107.180 €_{min} bzw. 120.520 €_{max}.

Abbildung 11 zeigt die Heizöläquivalente durch den Einsatz von Rundballen in Feuerungsanlagen auf Landkreisebene mit dem Stadtverband Saarbrücken.

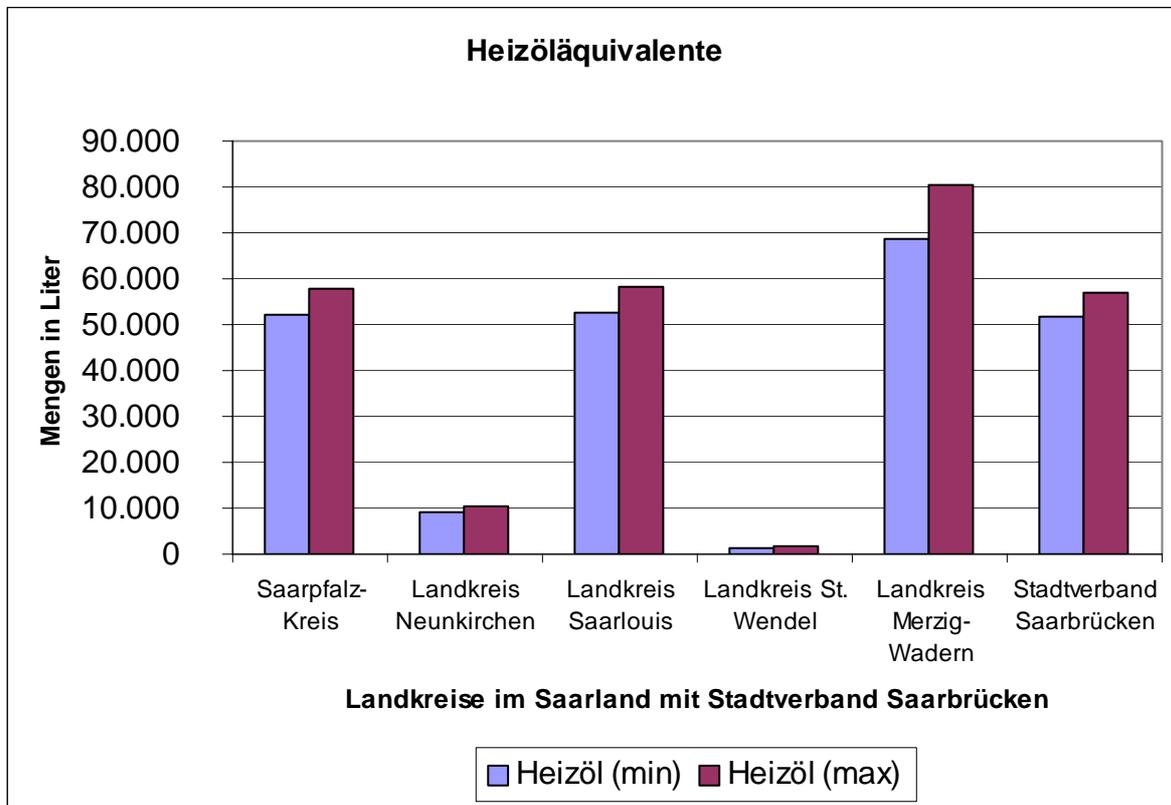


Abbildung 11: Heizöläquivalente durch den Einsatz von Rundballen in Energieanlagen

Die größten Potenziale mit 69.000 I_{\min} bzw. 80.000 I_{\max} liegen demnach im Landkreis Merzig-Wadern, die geringsten Potenziale mit 1.500 I_{\min} bzw. 1.600 I_{\max} sind im Landkreis St. Wendel zu finden.

5.2.2 Holzartige Biomassepotenziale

Tabelle 12 stellt die holzartigen Biomassepotenziale aus den Pflegemaßnahmen durch die ÖFM gGmbH dar. Betrachtet wird die Pflege von Sträuchern, Hecken und Heistern sowie von Feldgehölzen. Die Ermittlung der Potenziale erfolgt analog Kapitel 5.1.2.

	Schüttraummeter (Srm)	MWh	Heizöläquivalent in Liter
Betrachtungszeitraum 10 Jahre	10.091	5.461	546.139
Mittelfristig verfügbare Potenziale	1.009	546	54.614

Tabelle 12: Holzartige Biomassepotenziale, ÖFM gGmbH

Demnach sind an holzartiger Biomasse jährlich 1.009 Srm verfügbar. Damit können bei einer energetischen Nutzung dieser Potenziale ca. 54.600 l Heizöl substituiert werden, was einem Wert von 25.116 € entspricht.

5.2.3 Waldholzpotenziale

Betrachtet man die Waldholzpotenziale der ÖFM gGmbH sind ca. 1.860 Srm mittelfristig verfügbar. Beim Einsatz dieser Mengen in dafür vorgesehene Konversionsanlagen können damit ca. 1.644 MWh erzeugt werden. Das entspricht ca. 164.000 l Heizöl und einem Wert von rund 75.440 € (vgl. Tabelle 13).

	Schüttraummeter (Srm)	MWh	Heizöläquivalent in Liter
Mittelfristig verfügbare Potenziale	1.860	1.644	164.368

Tabelle 13: Waldholzpotenziale, ÖFM gGmbH

5.3 Ergebnisse aus den Pflegemaßnahmen der Jahre 2001-2003

Dieses Kapitel betrachtet die Pflegemaßnahmen in saarländischen Naturschutzgebieten, die von der ÖFM gGmbH auf Grundlage eines Kooperationsvertrages mit dem Landesamt für Umweltschutz durchgeführt wurden. Es werden die Ergebnisse der halmgutartigen und holzartigen Biomassen sowie die Waldholzpotenziale in tabellarischer und grafischer Form dargestellt. Für diese Pflegearbeiten der Jahre 2001-2003 waren Landwirte, der Saar Forst, verschiedene Unternehmen und Vereine des Umwelt- und Naturschutzes mit den notwendigen Pflegearbeiten betraut. Im Jahr 2001 wurden in 34 Gebieten, im Jahr 2002 in 46 und in 2003 in 36 Gebieten verschiedene Maßnahmen durchgeführt.

Werden die gesamten Teilflächen betrachtet, wurden in 2001 116,48 ha, in 2002 170,28 ha und im Jahr 2003 146,56 ha gepflegt.⁷⁵

5.3.1 Halmgutartige Biomassepotenziale

Es werden analog zu den Flächen der Naturlandstiftung Saar und der ÖFM gGmbH sowohl die Möglichkeiten des Einsatzes von Mähgut als Ko-Substrat in einer Biogasanlage als auch die energetische Verwertung in einem Heizkraftwerk untersucht. Für beide Varianten wird von derselben Flächengröße ausgegangen. Es werden folgende Pflegemaßnahmen beim Einsatz des Mähgutes als Ko-Substrat in Biogasanlagen unterschieden.

Einsatz des Mähgutes als Ko-Substrat in Biogasanlagen

- Mähen, schwaden, pressen, abtransportieren und entsorgen
- Mähen mit Abräumen

Aus Tabelle 14 können die Größen der gepflegten Flächen entnommen werden. Diese bilden die Grundlage für weitere Berechnungen.

Wiesentyp in ha	2001	[ha]	2002	[ha]	2003	[ha]
Trockenrasen		22,85		20,50		20,10
Wiesen		9,04		17,33		44,77
Hochstaudenfluren/Nasswiesen		34,10		64,39		27,50
Mahd mit abräumen		24,20		22,70		11,97
Summe		90,19		124,92		104,34

Tabelle 14: Flächengröße pro Wiesentyp in Hektar, Pflegemaßnahmen 2001-2003

Tabelle 14 zeigt, dass im Jahr 2001 22,85 ha Trockenrasen, 9,04 ha Wiesen und 34,10 ha Hochstaudenfluren/Nasswiesen gepflegt wurden. Auf 24,20 ha wurden Flächen gemäht und die Erträge abgeräumt. Die Pflegeflächen des Jahres 2002, auf denen nutzbare Trockenmasseerträge entstanden, beliefen sich auf 20,50 ha Trockenrasen, 17,33 ha Wiesen und 64,39 ha Hochstaudenfluren/Nasswiesen sowie 22,70 ha Grünfläche, auf denen gemäht und abgeräumt wurde. Im Jahr 2003 entstanden Erträge bei der Pflege von 20,10 ha Trockenrasen, 44,77 ha Wiese und 27,50 ha Hochstaudenfluren/Nasswiesen sowie 11,97 ha, auf denen keine Rundballen gepresst werden, jedoch eine Mahd mit Abräumen erfolgt.

⁷⁵ Abschlussbericht „Kooperationsvertrag NSG-Pflege (2001-2003)“, Mai 2004

Tabelle 15 stellt die Summen der jährlichen Trockenmasseerträge der Jahre 2001-2003 dar.

Jahr	Trockenmasseerträge in t (min)	Trockenmasseerträge in t (max)
2001	270	401
2002	375	556
2003	313	464

Tabelle 15: Summe der Trockenmasseerträge der Jahre 2001-2003

Daraus ist ersichtlich, dass im Jahr 2002 mit ca. 375 t_{\min} bzw. ca. 556 t_{\max} Trockenmasseerträge die meisten Pflegemaßnahmen in Form von Grasschnitten durchgeführt worden sind.

Die gesamten Biogaserträge, die sich aus diesen Trockenmasseerträgen der Jahre 2001-2003 ergeben hätten, können der Abbildung 12 entnommen werden.

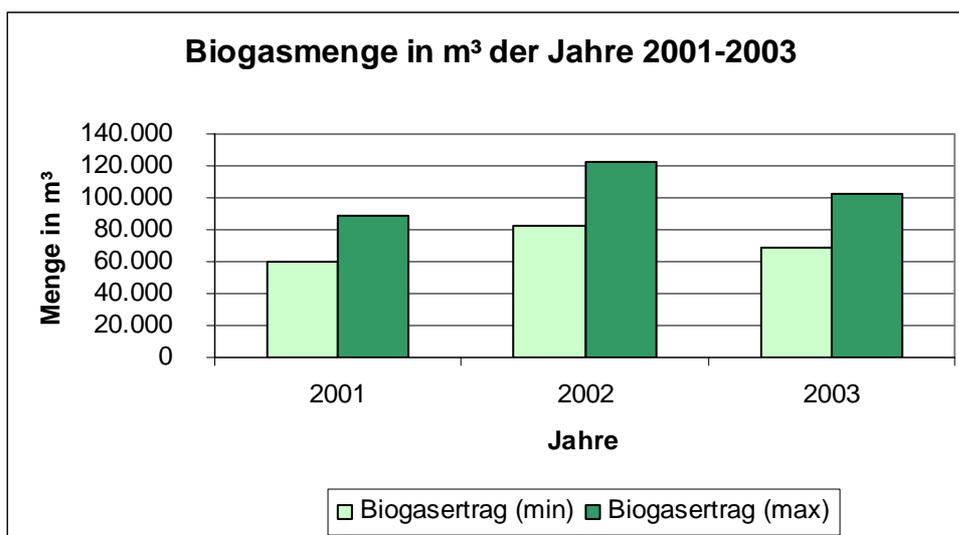


Abbildung 12: Summe der Biogasmengen in m³ der Jahre 2001 - 2003

Die theoretisch verfügbare Biogasmenge beträgt, wie aus der Abbildung 12 entnommen werden kann, im Jahr 2001 ca. 59.500 m^3_{\min} bzw. 88.300 m^3_{\max} , im Jahr 2002 ca. 82.400 m^3_{\min} bzw. 122.300 m^3_{\max} und im Jahr 2003 ca. 68.900 m^3_{\min} bzw. 102.100 m^3_{\max} .

Diese Biogasmenge der Jahre 2001-2003 entsprechen insgesamt ca. 1.265.000 kWh_{\min} bzw. 1.876.000 kWh_{\max} Gesamtenergie. Damit ließen sich für alle drei Jahre 126.501 l_{\min} Heizöl bzw. 187.643 l_{\max} Heizöl substituieren. Bei einem

Heizölpreis von 0,46 €/l netto entsprechen die Mengen einem Wert von insgesamt 57.983 €_{min} bzw. 86.316 €_{max}.

Jahr	Kilowattstunden		Heizöl	
	min	max	min	max
2001	357.152	529.776	35.715	52.978
2002	494.683	733.780	49.468	73.378
2003	413.177	612.878	41.318	61.288
Summe	1.265.012	1.876.435	126.501	187.643

Tabelle 16: Erzeugte kWh und Heizölsubstitution durch Pflegemaßnahmen der Jahre 2001-2003

Aus Abbildung 13 sind die Summen der theoretischen Biogaserträge pro Landkreis mit Stadtverband Saarbrücken der Jahre 2001-2003 dargestellt.

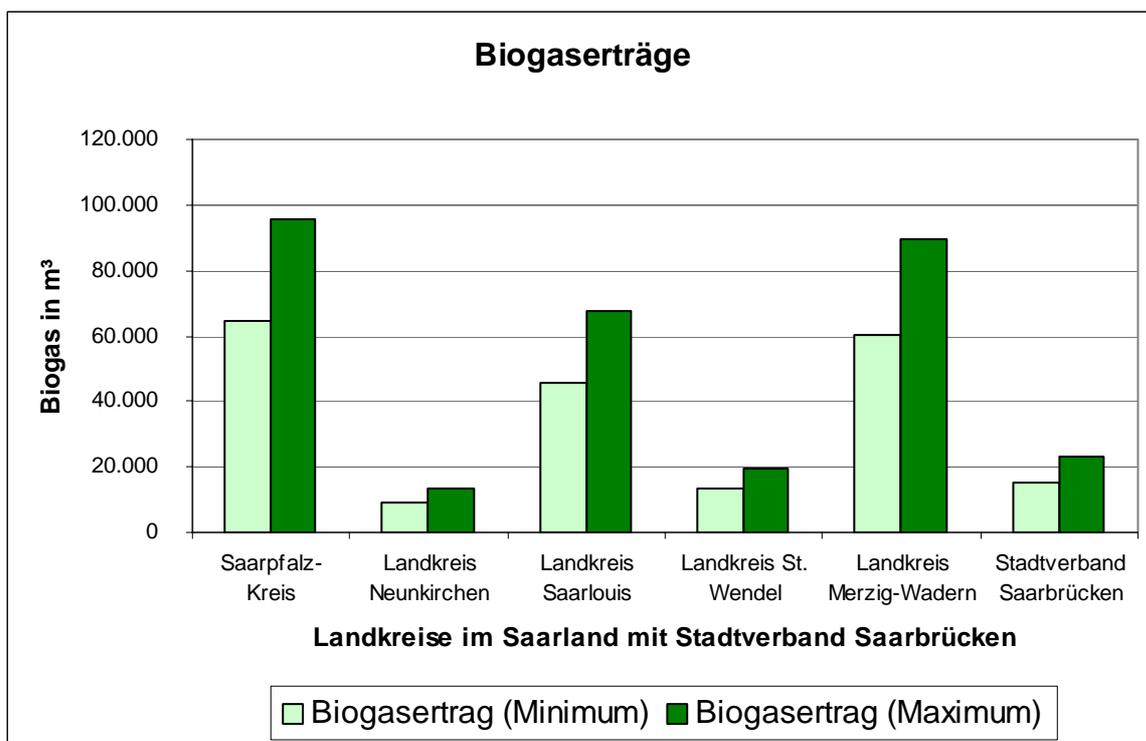


Abbildung 13: Biogaspotenziale 2001-2003 verteilt auf die Landkreise im Saarland mit Stadtverband Saarbrücken

Daraus ist ersichtlich, dass im Saarpfalz - Kreis mit insgesamt ca. 64.600 m³_{min} bzw. 95.800 m³_{max} das größte Potenzial liegt und im Landkreis Neunkirchen mit 9.200 m³_{min} bzw. 13.700 m³_{max} die geringsten Potenziale vorhanden sind.

Einsatz von Mähgut in Form von Rundballen in Feuerungsanlagen

Betrachtet man die energetische Nutzung des Mähgutes durch Einsatz der Rundballen in Feuerungsanlagen, wird über den Energiegehalt, der in einem Rundballen enthalten ist, die produzierbare Gesamtenergie berechnet. Die Anzahl der Rundballen pro Wiesentyp und Jahr ist in tabellarischer Form dargestellt.

Jahr	2001		2002		2003	
Wiesentyp	min	max	min	max	min	max
Trockenrasen	91	137	82	123	80	121
Wiese	90	99	173	191	448	492
Hochstaudenfluren/ Nasswiesen	375	512	708	966	303	413
Summe	557	748	964	1.279	831	1.026

Tabelle 17: Anzahl der Rundballen bei Pflegemaßnahmen 2001-2003

Insgesamt wurden im Jahr 2001 557 Rundballen_{min} bzw. 748 Rundballen_{max} gepresst, 2002 waren es insgesamt 964 Rundballen_{min} bzw. 1.279 Rundballen_{max} und im Jahr 2003 entstehen bei den Pflegemaßnahmen 831 Rundballen_{min} bzw. 1.026 Rundballen_{max}.

Die produzierbare Gesamtenergie in Kilowattstunden bei der Verbrennung verdeutlicht Abbildung 14: Daraus wird ersichtlich, dass im Jahr 2003 bei der Verbrennung von Heu in Form von Rundballen 1.033.000 kWh_{min} bzw. 1.246.000 kWh_{max} entstanden wären. Im Jahr 2001 257.000 kWh_{min} bzw. 385.000 kWh_{max} und im Jahr 2002 1.025.000 kWh_{min} bzw. 1.342.000 kWh_{max}.

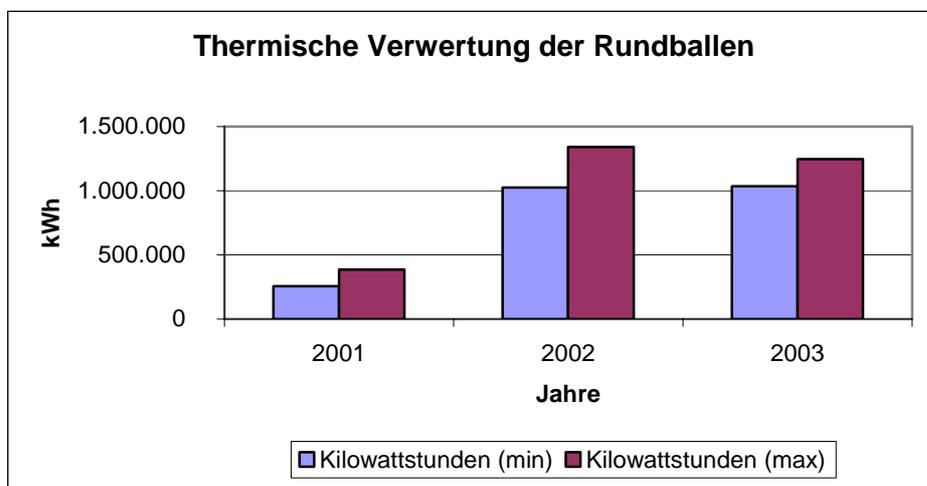


Abbildung 14: Thermische Verwertung der Rundballen

Aus Tabelle 18 kann die Substitution von Heizöl entnommen werden. In den Jahren 2001-2003 hätten insgesamt ca. 231.000 I_{\min} bzw. 297.000 I_{\max} Heizöl substituiert werden können. Bei einem Heizölpreis von 0,46 €/l entsprechen die Heizölmengen einem Wert von ca. 102.260 € $_{\min}$ bzw. 136.620 € $_{\max}$.

Jahre	Heizölsubstitution in Liter	
	min	max
2001	25.714	38.570
2002	102.559	134.200
2003	103.364	124.602
Summe	231.637	297.372

Tabelle 18: Heizölsubstitution durch Einsatz der Rundballen in Feuerungsanlagen

Die Umlegung der entstehenden Kilowattstunden auf die einzelnen Landkreise mit Stadtverband Saarbrücken kann der nachfolgenden Abbildung 15 entnommen werden.

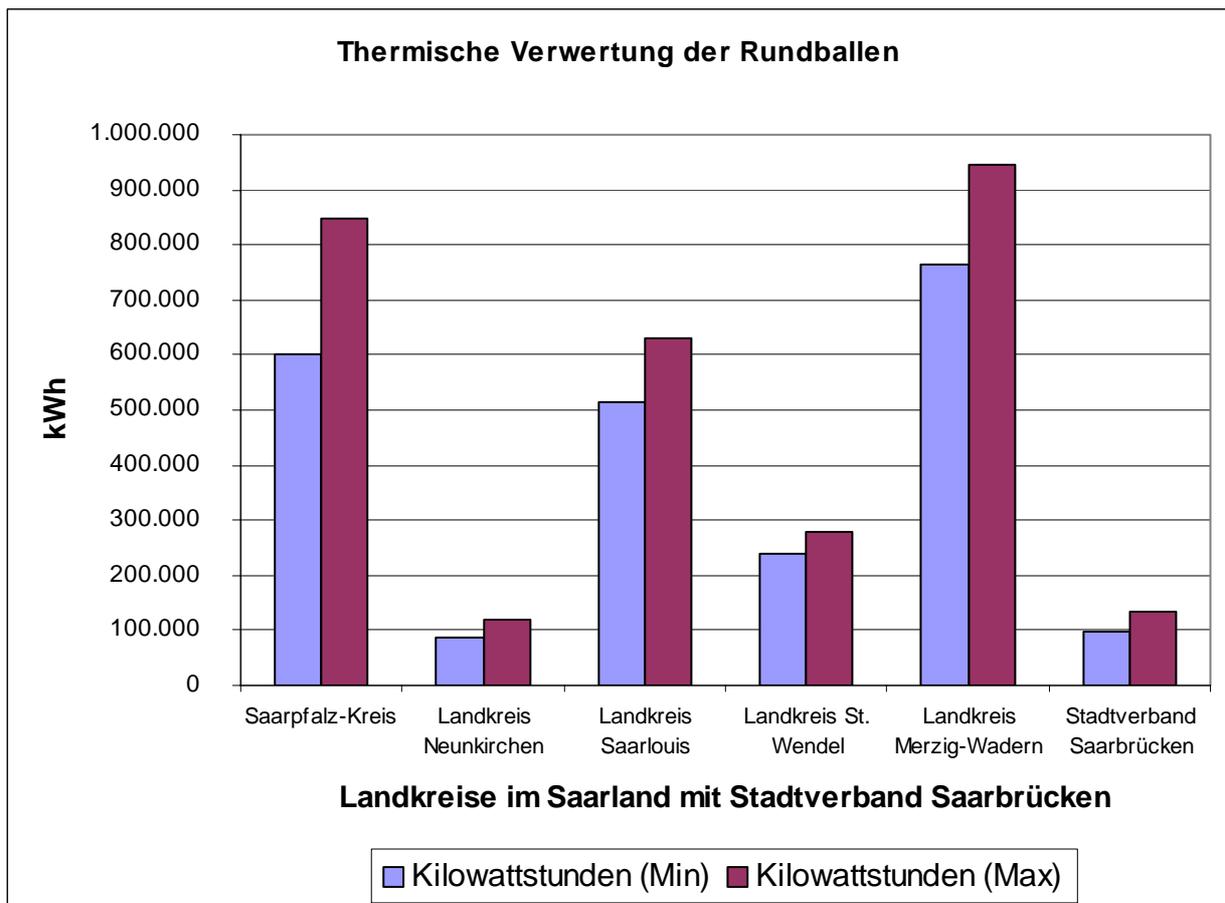


Abbildung 15: Erhaltene Kilowattstunden bei Rundballenverbrennung

Im Landkreis Merzig-Wadern wäre durch den energetischen Einsatz von Heu-Rundballen in Feuerungsanlagen, die produzierte Gesamtenergie mit 763.000 kWh_{min} bzw. 943.000 kWh_{max} am größten. Hingegen im Landkreis Neunkirchen mit 87.000 kWh_{min} bzw. 120.000 kWh_{max} am geringsten.

5.3.2 Holzartige Biomassepotenziale

Holzartige Biomassepotenziale entstehen bei Entbuschungsmaßnahmen von Sträuchern und Heistern sowie von Feldgehölzen. Es werden die Pflegemaßnahmen der Jahre 2001-2003 betrachtet. Diese sind in Tabelle 19 aufgeführt.

Jahre	Schüttraummeter (Srm)	Kilowattstunden (kWh)	Heizöläquivalent in Liter (l)
2001	3.922	2.216.100	221.610
2002	782	441.755	44.178
2003	56	33.413	3.341

Tabelle 19: Holzartige Biomassepotenziale durch Pflegemaßnahmen 2001-2003

Bei einem jährlichen Heizölverbrauch von 2.000 Liter hätten bei dem Einsatz des holzartigen Grünschnitts in dafür vorgesehene Energieanlagen im Jahr 2001 111, im Jahr 2002 22 und im Jahr 2003 2 Haushalte mit Hackschnitzel aus holzartigem Grünschnitt beheizt werden können.

5.3.3 Waldholzpotenziale

In der Tabelle 20 sind die Waldholzpotenziale von Pflegemaßnahmen der Jahre 2001-2003 dargestellt.

Jahre	Schüttraummeter (Srm)	Kilowattstunden (kWh)	Heizöläquivalent in Liter (l)
2001	3.195	2.767.355	276.455
2002	3.684	2.406.832	313.973
2003	1.504	1.262.050	126.190

Tabelle 20: Waldholzpotenziale aus den Pflegemaßnahmen der Jahre 2001-2003

Bei einem jährliche Heizölverbrauch von 2000 Liter, könnten Waldhackschnitzel im Jahr 2001 138 Haushalte, im Jahr 2002 157 Haushalte und im Jahr 2003 63 Haushalte mit Wärme versorgen. Wird von einem Heizölpreis von 0,46 €/l netto ausgegangen entsprechen die Heizölmengen im Jahr 2001, einem Wert von ca. 127.169 € im Jahr 2002 von 144.427 € und im Jahr 2003 58.047 €.

Die Betrachtung auf Landkreisebene mit Stadtverband Saarbrücken wird für den holzartigen Grünschnitt mit den Waldholzpotenziale zusammen dargestellt (Vgl. Abbildung 16).

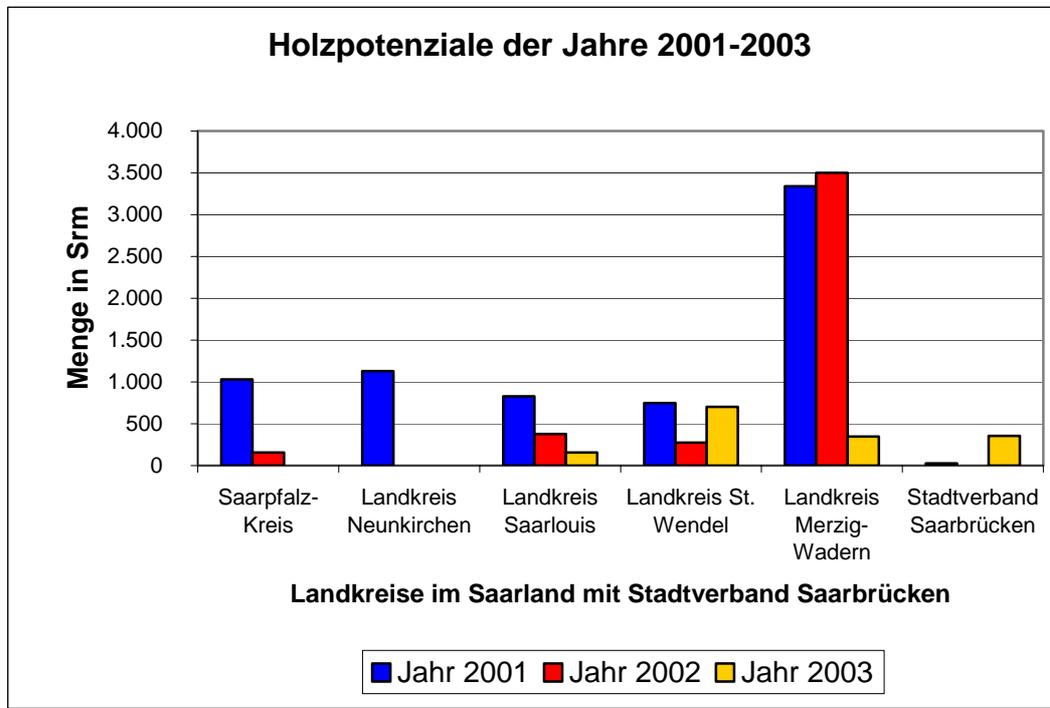


Abbildung 16: Holzpotenziale aus den Pflegemaßnahmen der Jahre 2001-2003

Abbildung 16 zeigt, dass im Jahr 2003 geringe Potenziale an holzartigem Grünschnitt und Waldholz in jedem Landkreis energetisch zur Verfügung standen. Betrachtet man den Landkreis Merzig-Wadern, entfallen auf diesen in den Jahren 2001 und 2002 die größte Anzahl an Schüttraummeter mit 3.339 bzw. 3.500.

5.4 Zusammenfassung der Ergebnisse

Halmgutartige Biomasse wird derzeit vor allem von Landwirten genutzt. Hier ist zu entscheiden, ob diese Strukturen nicht auch weiterhin genutzt werden sollten, da die Landwirtschaft durch die Pacht der Flächen für den Eigenbedarf gestärkt werden. Erst wenn die Landwirte diese Flächen nicht mehr benötigen, ist die Nutzung in Biogasanlagen aus diesem Hintergrund sinnvoll. Die Technik für die Verbrennung von Heu-Rundballen aus der Landschaftspflege ist in Deutschland noch nicht ausgereift (Vgl. Kapitel 3.3.1). Aus diesem Grund werden die Ergebnisse für den Einsatz von Mähgut als Ko-Substrat in Biogasanlagen näher beleuchtet.

Für diese Darstellung bleiben die holzartigen Biomassen aus den Pflegemaßnahmen der Jahre 2001 - 2003 unberücksichtigt. Die anfallenden Mengen unterliegen Schwankungen von 50 - 4.000 Srm. Das gleiche gilt für die Waldholzpotenziale die im Jahr 2001 bei 3.100 Srm, 2002 bei 3.600 Srm und im Jahr 2003 bei 1.500 Srm lagen.

Einsatz von Mähgut als Ko-Substrat in Biogasanlagen

Für den Einsatz von Landschaftspflegegrüngut als Ko-Substrat in Biogasanlagen werden die Methanerträge aus der Flächenpflege der Naturland Stiftung und ÖFM gGmbH betrachtet.

Insgesamt fallen mit Ausnahme der Pflegemaßnahmen der Jahre 2001-2003 jährlich rund 437.000 m³_{min} bzw. 648.000 m³_{max} Biogas an.

Aus Abbildung 17 wird ersichtlich, dass davon im Saarpfalz - Kreis mit rund 355.000 m³_{min} bzw. mit rund 527.000 m³_{max} die größten grasartigen Biomassepotenziale vorhanden sind. Hingegen sind im Landkreis Neunkirchen mit rund 15.000 m³_{min} bzw. 22.000 m³_{max} die geringsten Potenziale vorhanden. Für den Saarpfalz - Kreis entspricht dies ein Heizöläquivalent von ca. 213.000 I_{min} bzw. 316.000 I_{max}, was bei einem derzeitigen Heizölpreis von ca. 0,46 €/l netto⁷⁶ einen Wert von ca. 97.980 €_{min} bzw. 145.360 €_{max} ausmacht. Für den Landkreis Neunkirchen bedeutet das Heizöläquivalente von ca. 9.000 I_{min} bzw. ca. 13.000 I_{max}. Diese entsprechen einem Wert von 4.140 €_{min} bzw. 5.980 €_{max}.

⁷⁶ Vgl. Ebenda, Stand: 19.10.2004

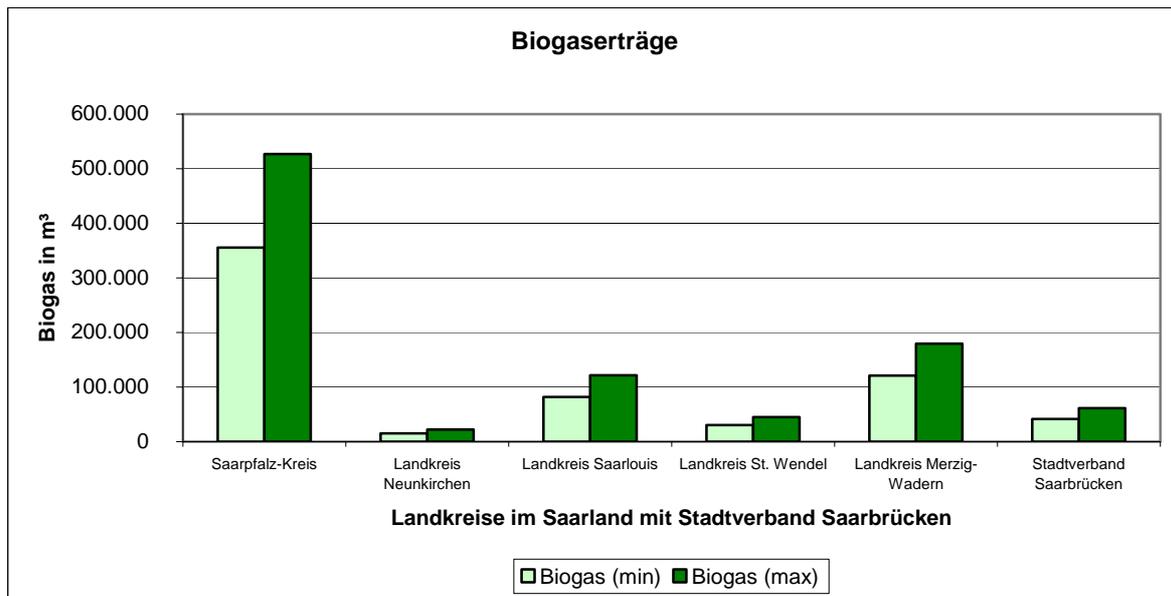


Abbildung 17: Summe der Biogaserträge auf Landkreisebene mit Stadtverband Saarbrücken

Holzartige Biomassepotenziale

Die holzartigen Biomassepotenziale aus der Feldgehölzpflege werden für die Naturlandstiftung Saar und die ÖFM gGmbH gemeinsam betrachtet. Diese Vorgehensweise gilt auch für die Darstellung der Waldholzpotenziale.

Tabelle 21 zeigt, dass in etwa 2.600 Srm mittelfristig verfügbar sind.

Holzartige Biomasse	Schüttraummeter	MWh	Heizöläquivalente
Mittelfristig verfügbar	2.647	1.471	147.162

Tabelle 21: Holzartige Grünschnittpotenziale der Naturlandstiftung Saar und ÖFM gGmbH

Im Landkreis Merzig - Wadern sind mit rund 1.160 Srm die größten Potenziale vorhanden, welche auch mittelfristig zur Verfügung stehen. Erfolgt mit diesen Mengen eine energetische Verwertung, können ca. 66.000 l Heizöl substituiert werden. Bei einem Heizölpreis von 0,46 €/l netto entspricht dies einem Geldwert von ca. 30.360 € (Vgl. Abbildung 18).

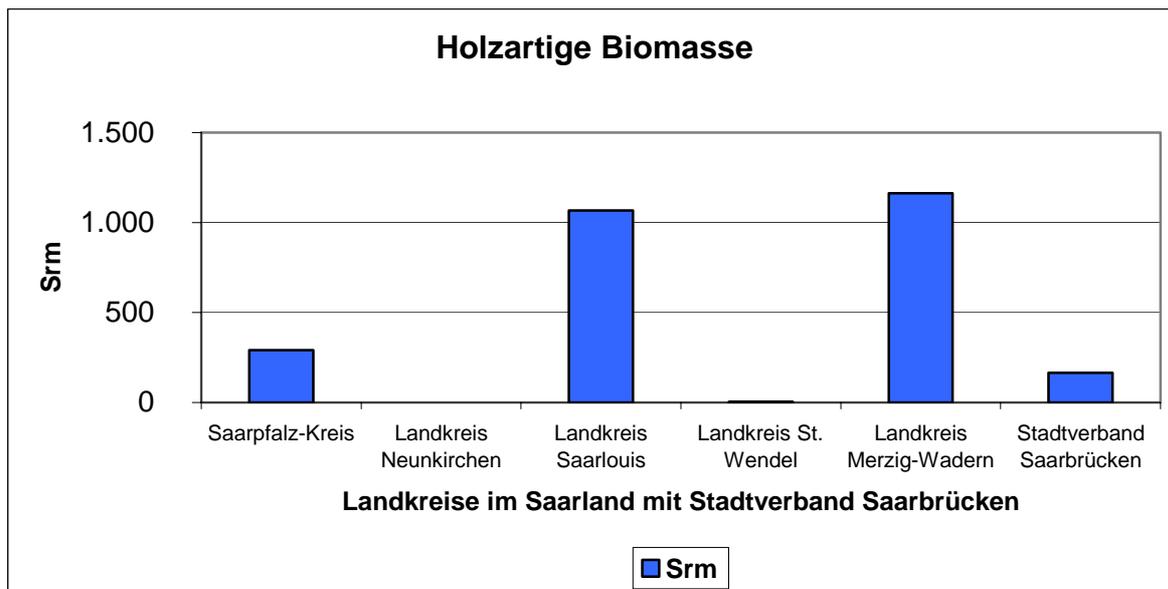


Abbildung 18: Holzartige Biomassepotenziale verteilt auf die Landkreise mit Stadtverband Saarbrücken

Waldholzpotenziale

Betrachtet man die Waldholzpotenziale der Naturlandstiftung Saar und ÖFM gGmbH, stehen mittelfristig 6.960 Srm zur Verfügung (Vgl. Tabelle 22).

	Schüttraummeter	MWh	Heizöläquivalente
Mittelfristig verfügbar	6.960	6.284	628.408

Tabelle 22: Waldholzpotenziale der Naturlandstiftung Saar und ÖFM gGmbH

Abbildung 19 zeigt, dass davon im Landkreis Neunkirchen jährlich die größten Mengen mit ca. 3.000 Srm zur Verfügung stehen. Hingegen sind im Stadtverband Saarbrücken mit 78 Srm die geringsten Waldholzpotenziale vorhanden. Mit den 3.000 Srm des Landkreises Neunkirchen können ca. 664.000 kWh erzeugt werden. Das entspricht einem Heizöläquivalent von rund 273.000 l mit einem Wert von 125.580 €

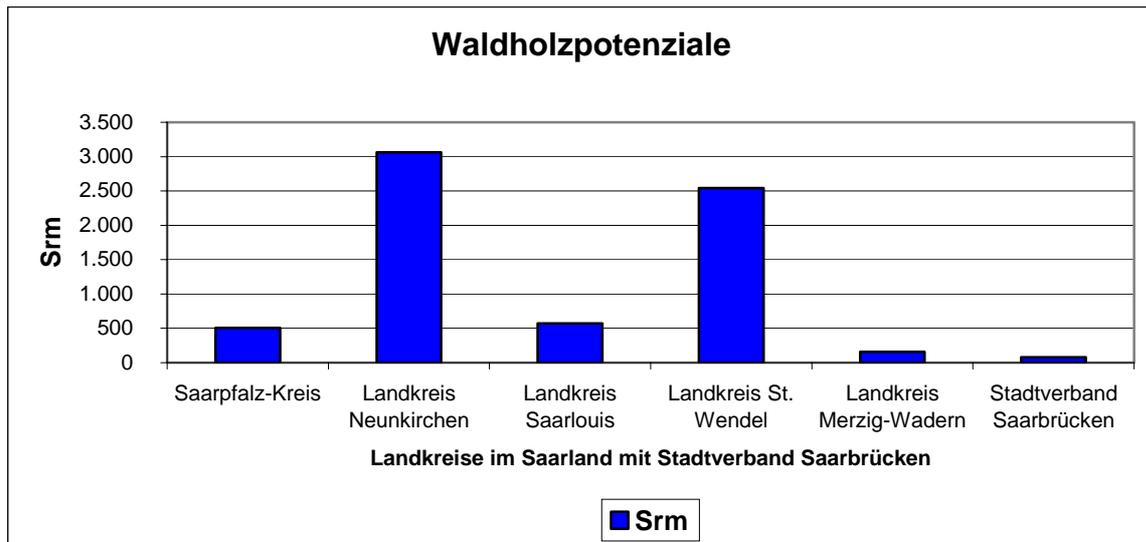


Abbildung 19: Waldholzpotenziale verteilt auf die Landkreise mit Stadtverband Saarbrücken

Nachfolgende Tabelle 23 stellt die ermittelten Holz-Potenziale zusammenfassend dar.

Holzartige Biomasse	Schüttraummeter	MWh	Heizöläquivalente
Holzartige Biomasse, Mittelfristig verfügbar	2.647	1.471	147.162
Waldholz Mittelfristig verfügbar	6.960	6.284	628.408

Tabelle 23: Zusammenfassende Darstellung der Holzpotenziale

Die Holzpotenziale können eine kontinuierlichen Wärmeversorgung von etwa vier Heizwerken mit einer Nennleistung von jeweils 1000 kW abdecken. Hierzu muss jedoch die in Kapitel sieben skizzierte Nutzungsplanung durchgeführt werden.

Diese Potenziale basieren größtenteils auf Einschätzungen von Flächengrößen und Volumenmaße durch Mitarbeiter des Auftragsgeber sowie schriftlich fixierten Daten aus den einzelnen Pflegemaßnahmen. Sie sind nicht als Vollaufnahmen zu verstehen und somit nur eine Anschätzung der Potenziale, die teilweise durch Aufnahmen vor Ort unterlegt wurden. Die Zahlen geben also einen wichtigen Hinweis auf die tatsächlichen Verhältnisse vor Ort.

Bei allen Nutzungsplänen gilt, dass auch die Abnahmesseite geklärt werden muss. In Rheinland-Pfalz gibt es derzeit einige Heizanlagen auf Basis von gras und –holzartiger Biomassebasis. Diese Anlagen könnte der Auftraggeber zunächst

beliefern. Wichtig ist jedoch, dass auch im Saarland entsprechende Anlagen gebaut werden.

6 Ermittlung des Produktpreises

Für die Ermittlung des Produktpreises wird ebenfalls in grasartige und holzartige Biomasse bzw. Holz aus dem Wald getrennt. Die Kostenermittlung erfolgt über Angebote und Literaturkennwerte. Eine ausführliche Preisermittlung ist aufgrund der Datenlage nicht ausreichend möglich.

Es werden nachfolgend für die einzelnen Pflegemaßnahmen, Kostenansätze in tabellarischer und grafischer Form dargestellt. Diese können jedoch aufgrund der Größe, der Oberflächenstruktur und je nach Einsatz der Maschinen-Befahrbarkeit der einzelnen Flächen variieren, wodurch keine einheitlichen Kostenstrukturen abgeleitet werden können. Handelt es sich jedoch um Pflegemaßnahmen mit ähnlicher Struktur kann diese zum Teil auf andere übertragen werden.

6.1 Halmgutartige Biomasse

Ausgehend von einer Flächengröße von ca. fünf Hektar kostet das Pressen von einem Rundballen ca. 15,45 €/Rundballen.⁷⁷ In einem Rundballen sind 611,60 kWh enthalten, das entspricht ca. 61,16 l Heizöl. Bei der Umrechnung der Bereitstellungskosten in Kilowattstunden ergibt sich ein Brennstoffpreis von 2,53 Eurocent/kWh. Werden diese 61,16 Liter Heizöl durch einen Rundballen substituiert entsteht ein Wert von 28,53 €. In diesem Betrag sind keine Verluste, Bergungskosten, Trocknungskosten, Aufbereitungskosten, Kosten für den Bau von Energieanlagen etc. mit eingerechnet.

Vergleicht man andere Werte, die für das Mähen, Schwaden und Pressen von Rundballen angesetzt werden, so werden für die gleiche Fläche 60 Rundballen gepresst mit Gesamtkosten in Höhe von 1.273,68 €⁷⁸. Das entspricht 21,23 €/Rundballen für die oben genannten fünf Hektar bzw. einem Brennstoffpreis von 3,47 Eurocent/kWh. Der Wert bei Substitution des Heizöls durch die energetische Nutzung der Rundballen beträgt wie oben bereits dargestellt für einen Rundballen 28,53 € (Vgl. Tabelle 24).

⁷⁷ Vgl. Angebot MBR Hunsrück-Nahe agrar service GmbH per Fax vom 30.09.04

⁷⁸ Vgl. Angebot von Kinnisch, Manfred Angebot per Fax am 06.09.2004

Mähen 5 ha mit mehreren Teilflächen	40,00 €	200,00 €
Schwaden 3 h	42,00 €	126,00 €
Pressen von Rundballen 1,50 Durchmesser, ca. 50 Rundballen	6,00 €	300,00 €
An- und Abfahrten zu und zwischen den Flächen, Annahme 1 h pauschal	40,00 €	40,00
Zwischensumme		666,00 €
16 % MwSt.		106,56 €
Summe		772,56 €

Tabelle 24: Kostenansatz für das Mähen von Teilflächen⁷⁹

6.2 Holzartige Biomasse

1. Mulchen

Die Kosten für das Mulchen mit einer Flächengröße von 2 Hektar beläuft sich auf ca. 187,50 €. Hier verbleibt das Mulchmaterial auf der Fläche, wodurch die energetische Nutzung nicht in Betracht gezogen werden kann.⁸⁰

2. Strauchschnitt

Bei der Pflege von Hecken und Sträuchern werden ausgehend von einem Musterangebot 700-800 Sträucher zurückgeschnitten, abtransportiert und verwertet. Für den Schnitt pro Strauch werden ca. 6 Min angesetzt. Es wird eine Gesamtarbeitszeit von 75 Stunden zu Grunde gelegt. Bei einem Stundensatz von 20 € entstehen Kosten in Höhe von 1.500 €. Für den Abtransport werden zwei Anhänger à 20 Kubikmeter benötigt, die 3 Stunden im Einsatz sind. Angesetzt werden 48 €/h, was Gesamtkosten in Höhe von 144,00 € entspricht. Wird das Schnittgut auf einer Kompostieranlage verwertet, so entstehen für die Abgabe des Grünschnitts Kosten in Höhe von 4,10 €/Srm. Bei 40 Srm belaufen sich die Entsorgungskosten auf 164 €. Die Gesamtkosten für den Strauchschnitt mit Abtransport und Entsorgungskosten belaufen inkl. MwSt. auf ca. 2.084,16 €. Wird das Schnittgut energetisch verwertet, entfallen die Kosten für das Kompostieren.⁸¹

⁷⁹ Vgl. Angebot MBR Hunsrück-Nahe agrar service GmbH per Fax vom 30.09.04

⁸⁰ Ebenda

⁸¹ Ebenda

Es kann zusätzlich aufgrund des Heizwertes von 3 kWh/kg⁸² davon ausgegangen werden, dass die Andienung von Grünschnitt an ein Heizwerk zwischen 5,00 € und 10,00 € pro Srm an Erlösen bringt. In dem oben beschriebenen Beispiel kann also mindestens ein Erlös von 200 € erzielt werden. Durch die veränderte Verwertung besteht in diesem Beispiel die Möglichkeit, 364 € oder aber rund 20 % der Pflegekosten zu sparen.

6.3 HHS aus dem Wald

Werden die HHS aus einem bestehenden Waldbestand entnommen, so fallen für den Eigentümer des Holzes Kosten für die Holzernte, das Vorrücken und das Transportieren an. Zusätzlich werden Kosten für das Hacken und Trocknen fällig. Die Kosten der Ernte und des Vorlieferns an die Waldstraße sind abhängig von dem Durchmesser des Holzes, der Hangneigung der Fläche, der Befahrbarkeit und der Bodenflora.

	Aufarbeiten durch einen Hackschnitzelharvester ⁸³ [Euro/Srm]	Aufarbeiten mit Harvester und Forwarder [Euro/Srm]
Holzpreis stehend im Wald	0,80	0,80
Holzernte	6,90 – 13,70	8,00 - 10,00
Hacken	/	3,50 – 4,50
Transportkosten	1,50 – 4,50	1,50 – 4,50
Gesamtkosten	9,20 – 18,50	13,80 – 19,00

Tabelle 25: Holzerntekosten bei verschiedenen Holzernteverfahren⁸⁴

Tabelle 25 zeigt zwei Beispiele für die Kalkulation der Bereitstellungskosten. Die Berechnungen sind auf der Basis von Schüttraummeter angefertigt worden. Bei der Umrechnung der Bereitstellungskosten in Kilowattstunden ergibt sich ein Brennstoffpreis von 1,1 bis 1,9 Eurocent/kWh. Dieser steht einem derzeitigen Heizölpreis von 4,6 Eurocent/kWh gegenüber. Bei dieser Gegenüberstellung muss, wie schon erwähnt, beachtet werden, dass der Invest und die Betriebskosten einer Hackschnitzelheizung höher sind als bei einer Ölheizung.

⁸² Vgl. Nauerz, Rainer, 2004, S. 83 - 94

⁸³ Vgl. Lobf, 2002

⁸⁴ Eigene Bearbeitung, 2004

Die genaue Kalkulation des Holzhackschnitzelpreises muss sorgfältig erfolgen. Der Preis wird z. B. bei stärkerem Holz geringer ausfallen (siehe Abbildung 20), bei steigender Transportentfernung jedoch höher (Vgl. Tabelle 26). Die Bereitstellungskosten von HHS aus dem Wald liegen auf einem etwas geringeren Niveau als die Erlöse aus dem Energieholzverkauf. Beim Verkauf von Waldholz müsste also für den Waldbesitzer - je nach Standort und unterschiedlicher Voraussetzung - ein geringer Gewinn oder zumindest ein voller Kostendeckungsbeitrag zu erzielen sein.

Transportentfernung	Anteil der Transportkosten [%] an den Gesamthackschnitzelkosten
10 km	25%
20 km	37%
30 km	45%

Tabelle 26: Abhängigkeit des Holzhackschnitzelpreises von der Transportentfernung⁸⁵

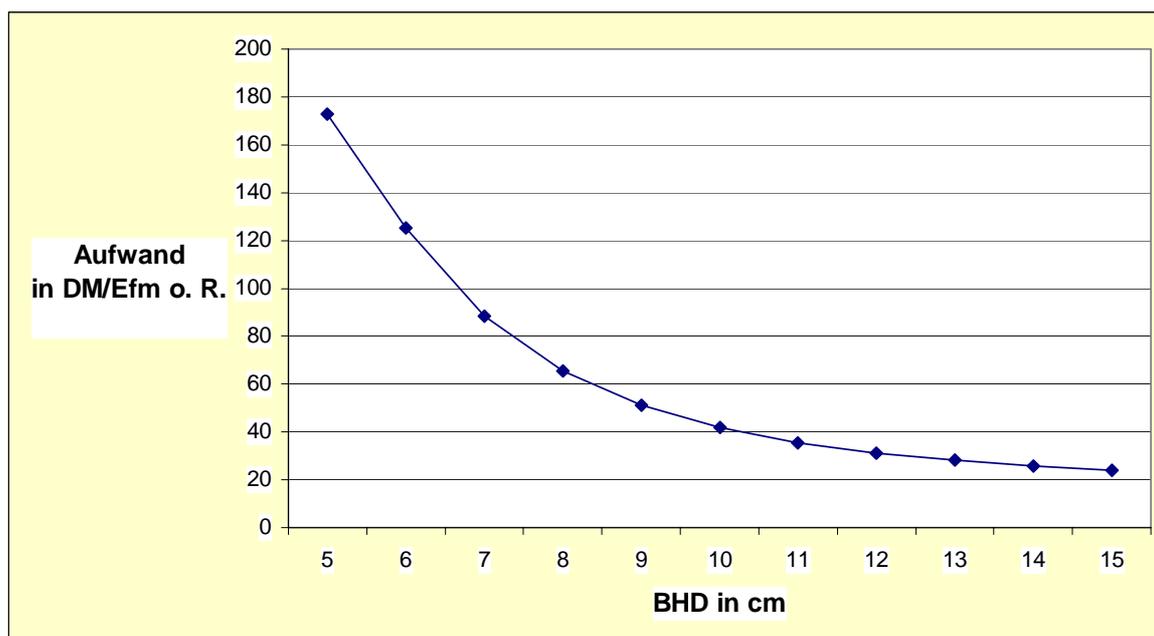


Abbildung 20: Abhängigkeit der Aufarbeitungskosten vom Durchmesser der Bäume⁸⁶

⁸⁵ Eigene Bearbeitung

⁸⁶ Eigene Bearbeitung nach Dieter, M./Englert, H., Abschätzung des Rohholzpotenzials für die energetische Nutzung in der BRD, 2001

6.4 Zusammenfassung und Ausblick

Die Ermittlung des Produktpreises für halmgutartige und holzartige Biomassen zeigt, dass durch die energetische Nutzung die Kosten für die einzelnen Pflegemaßnahmen nicht vollständig substituiert werden können. Handelt es sich beim Einsatz von halmgutartiger Biomasse als Ko-Substrat in Biogasanlagen um den ersten Schnitt, können für diesen Schnitt aufgrund des Materials keine Erlöse erbracht werden. Es fallen jedoch keine Entsorgungskosten an. Beim zweiten bzw. dritten Schnitt ist es möglich je nach Material maximal 3 - 5 €/t zu erhalten. Auch hier entfallen die Entsorgungskosten. Beim Einsatz von Heu-Rundballen, kann ein Brennstoffpreis von 2,53 Eurocent/kWh bis 3,47 Eurocent/kWh erzielt werden. In diesem Betrag sind keine Verluste, Bergungskosten, Trocknungskosten, Aufbereitungskosten, Kosten für den Bau von Energieanlagen etc. mit eingerechnet.

Die Technik für die Verbrennung von Heu-Rundballen aus der Landschaftspflege ist in Deutschland noch nicht ausgereift. Es sind erste Strohfeuerungsanlagen in Betrieb bzw. es wird der Einsatz von Stroh in Pilotanlagen untersucht, die einen störungsfreien Betrieb gewährleisten. Inwiefern sich diese Strohfeuerungsanlagen auch für die Heu-Rundballen eignen, bleibt abzuwarten. Aus diesem Grund sollte in energetischer Hinsicht der Einsatz von Mähgut als Ko-Substrat in Biogasanlagen Vorrang gegenüber dem Verbrennung von Heu in Form von Rundballen haben.

Der Einsatz von holzartigem Grünschnitt in der energetischen Nutzung spart insgesamt Kosten bis zu 20 % ein. Auch hier gilt, dass die entsprechenden Anlagen erst im Saarland etabliert werden müssen. Die Technik ist im Gegensatz zur Heuverbrennung ausgereift. In Rheinland-Pfalz gibt es bereits zwei Heizanlagen, welche Grünschnitt verbrennen. In absehbarer Zeit wird auch im Saarland eine solche Technologie eingesetzt werden.

Abbildung 21 greift das in Kapitel 6.2 aufgezeigte Beispiel auf. Daraus ist ersichtlich, dass durch die energetische Verwertung des holzartigen Grünschnitts im Vergleich zur Verwertung in Kompostieranlagen Kosten in Höhe von 364 € bzw. 20 % eingespart werden können.

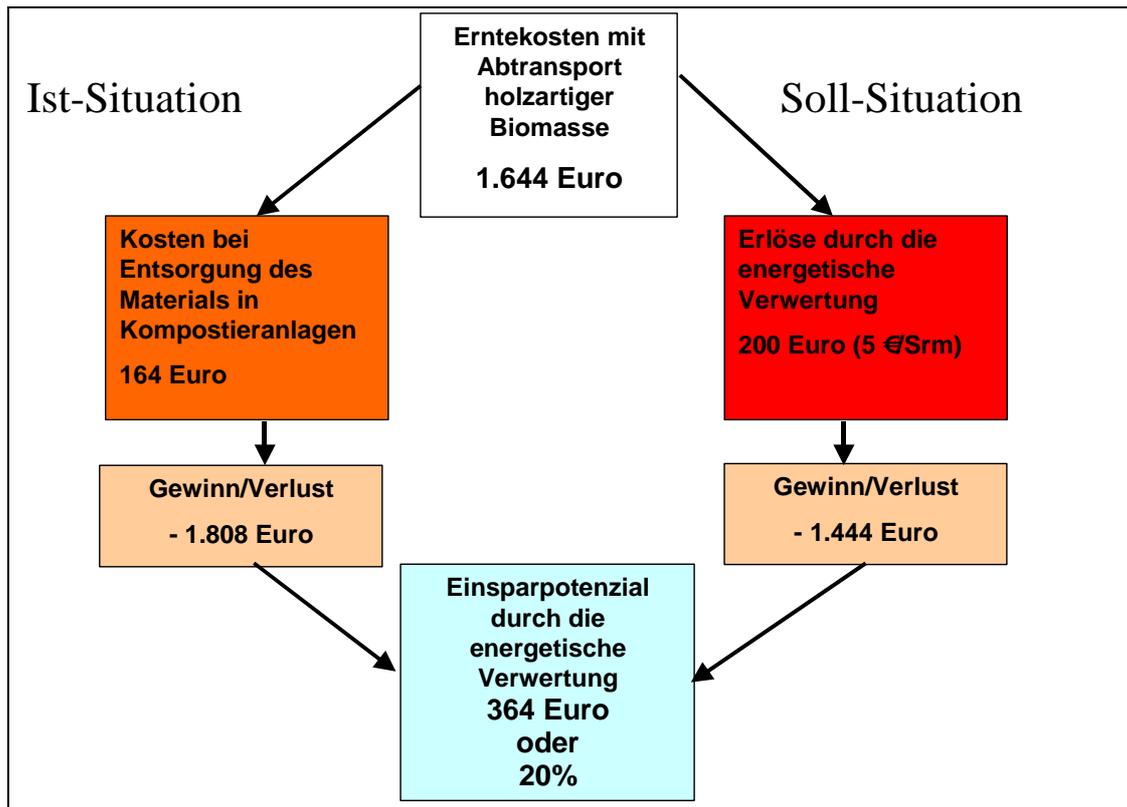


Abbildung 21: Beispielrechnung: Pflegematerial/Strauchschnitt 40 Srm

Das Waldholz könnte bei einer energetischen Nutzung kostendeckend genutzt werden. Die Technologie von Heizanlagen, die nur mit höherwertigem Waldholz betrieben werden, ist ausgereift und auch im Saarland schon eingesetzt. Andere Heiz(kraft)anlagen sind derzeit in Planung. Für eine verlässliche Logistik ist es jedoch unabdingbar, dass im Saarland ein Biomassehof bzw. ein Holzhof entsteht. Von diesem aus kann die Biomasse konfektioniert werden und an den Endverbraucher verkauft werden.

7 Ausblick: Vorschlag für die Pflege einer Teilfläche

Für die konkrete Planung einzelner Flächen ist es unabdingbar, genaue Daten von jeder Fläche aufzunehmen und zu evaluieren. Hierzu zählen:

- standortkundliche Daten
- vegetationskundliche Daten
- ertragskundliche Daten
- Daten zur Wegbarkeit und zu Logistikmöglichkeiten

Aus diesen Daten wird nach naturschutzfachlichen Aspekten ein Pflegeplan entwickelt im Sinne des Leitbildes der Naturlandstiftung Saar: „Der Erwerb ökologisch bedeutsamer Flächen sowie deren Erhaltung und Entwicklung zur Sicherung des Lebensraumes bedrohter Tiere und Pflanzen unserer Heimat“⁸⁷.

Die standortkundlichen Daten geben Aufschluss über die grundsätzlichen Ertragspotenziale und über die potenziell natürliche Vegetation (PNV), welche neben den Anforderungen an den Erhalt der Kulturlandschaft als Entwicklungsziel der Habitate dient. Die vegetationskundlichen und die ertragskundlichen Daten dienen zur Beschreibung der Ist - Situation. Die Betrachtung der Veränderung der Ist - Situation hin zu einer möglichen höherwertigen, z. B. naturnäheren Situation zeigt die Nutzungsmöglichkeit der Flächen in den nächsten zehn Jahren. Die Gesamtmasse an Biomasse, die dabei für diesen Zeitraum ermittelt werden, wird auf einen jährlichen Nutzungsanfall umgelegt.

Bei der Planung für das jeweilige nächste Jahr stellt dieser Nutzungsplan die Grundlage der Jahresentnahme an Biomasse dar. Es müssen alle Flächen auf Dringlichkeit von Nutzungen nach folgenden Kriterien untersucht werden:

- Gefährdung von öffentlichen Wegen
- Gefährdung von Hochleitungen
- Jährlicher errechneter Nutzungsanfall
- Organisation und Logistik

⁸⁷ Die Naturlandstiftung Saar, 2001, S. 21

Im Rahmen dieser Untersuchung konnten nicht alle Flächen des Auftraggebers in der beschriebenen Weise bearbeitet werden. Diese Aufgabe sollte (in Zusammenarbeit) von mit Nutzungsplanung erfahrenen Planungsbüros übernommen werden.

Folgende Ausarbeitung zeigt anhand einzelnen Flächen die Möglichkeiten der Nutzung auf. Die Analysen der Vegetation und des Standortes liegen vor. In zukünftigen Pflegeplänen sollten jedoch Ertragsparameter mitbetrachtet werden. Dann besteht die Möglichkeit, bei der Aufstellung von Pflegeplänen zeitnah Nutzungsmengen für einen Zehnjahreszeitraum zu definieren.

7.1 Blickweiler-Breitfurt im Saarpfalz – Kreis



Abbildung 22: Durch Windwurf gefährdete Pappeln in Blickweiler-Breitfurt

Diese Fläche hat ein Areal von 44,35 ha und ist im Besitz der Naturlandstiftung Saar. Die Vegetation besteht zu 30 % aus Auwaldresten und Weidengebüschen sowie zu 70 % aus extensiv genutzter Glatthaferwiese im Übergang zu Halbtrockenrasen.⁸⁸ Der im Folgenden betrachtete Teil der Fläche umfasst etwa 10 ha im Norden der Fläche, östlich von Blickfurt.

Im Nordosten der Fläche befindet sich entlang der Blies eine Waldfläche. Es handelt sich um einen Erlenbestand, welcher im Schlußwaldstadium ein Traubenkirschen-

⁸⁸ Auskunft über Naturlandstiftung Saar, Herrn Veith, Juni 2004

Erlen-Eschenwald (*Pruno-Fraxinetum*) ausbilden wird. Dieser wird zu den Erlen-Eschen-Auen-, -Quell- und -Niederungswäldern gezählt.⁸⁹ Diese Wälder gehören zu wertvollen Geobiozöten, die einen besonderen Schutzstatus verdienen.⁹⁰ Der Erlenbestand wurde am Rande der pallasadenartigen Fluß begleitenden Waldstruktur durch Anpflanzungen mit Eschen, Kirschen und anderen typischen Vertretern dieser Waldgesellschaft angereichert. Diese Flächen sind auch in Zukunft von einer Nutzung ausgeschlossen. Entlang der Blies führt jedoch die Straße L 106. In diesem Bereich ist unbedingt auf die Stabilität des Baumbestandes zu achten. Die Erlen sind in einem Alter, in dem sie Windwurf gefährdet sind. Da der Besitzer für Schäden, die von seinem Grund und Boden ausgehen, aufkommt, ist er verpflichtet, den Baumbestand nach anerkannten Methoden regelmäßig von Baumgutachtern kontrollieren zu lassen. IfaS kann bei Bedarf entsprechende Sachverständige nennen.

Weitere Bäume sind gruppenweise auf der Fläche verstreut, z. B. entlang der Sportanlagen. Hier handelt es sich v.a. um nicht autochthone Schwarzpappeln (*Populus nigra*), die ein Alter von ungefähr 40 bis 50 Jahren haben. Diese sind dringend zu entnehmen, da Pappeln in diesem Alter sehr Windwurf gefährdet sind. Mit der Fichte (*Picea abies*) ist eine weitere nicht standortgerechte Baumart vertreten, die ebenfalls aus Sicherheitsgründen und auch aus naturschutzfachlichen Gründen entnommen werden muss. Diese Massen fallen in 2005 an. Die Masse dieser Maßnahmen wird mit etwa 75 Srm geschätzt.

Unter den Hochspannungsleitungen ist die Fläche mit Weiden (*Salix spec.*) bestockt, welche aus Stockwuchs kommend buschartig wachsen. Diese Weiden müssen einmal im Jahrzehnt wieder auf Stock gesetzt werden. Die komplette Weidenfläche kann jedoch nicht geerntet werden, da die Flächen teilweise auf sehr frischen bis nassen Standorten stocken. Aus den zur Verfügung stehenden Flächen wird ein Potenzial von 15 Srm erwartet. Die nächste Pflege der Weiden sollte in vier bis fünf Jahren stattfinden.

Der Radweg wird durch eine Hecke begrenzt. Soll diese erhalten bleiben, so muss die Hecke in den nächsten Jahren sukzessive auf Stock gesetzt werden. Die Fläche der Heckenstruktur wird mit 0,5 ha angenommen. Dies entspricht bei einem

⁸⁹ Thomasius, H./Schmidt, P. A., Wald, Forstwirtschaft und Umwelt, 1996, S. 288 - 289

⁹⁰ Ebenda, S. 289

15 jährigen Nutzungszyklus einer Masse von etwa 60 Srm. Die Fläche kann innerhalb der nächsten fünf Jahre auf Stock gesetzt werden.

Zusammengefasst können von der Gesamtfläche im nächsten Jahr 75 Srm an HHS erwartet werden. Nach vier bis fünf Jahren sollten die Heckenstrukturen auf Stock gesetzt werden und die Weiden unter der Hochspannungsleitung entnommen werden. Dies entspricht ebenfalls einem Massenanstieg von 75 Srm.

Des Weiteren entsteht bei der Mahd der Wiese ein Ertragspotenzial. Die Größe der zu betrachtenden Wiesenfläche beträgt ca. 3 ha. Es wird eine einmalige Mahd vorgeschlagen. Für diese Flächengröße ist eine jährliche Biogasmenge von ca. $2.000 \text{ m}^3_{\text{min}}$ bzw. $3.000 \text{ m}^3_{\text{max}}$ zu erwarten. Das entspricht einer Gesamtenergie von ca. $12.000 \text{ kWh}_{\text{min}}$ bzw. $18.000 \text{ kWh}_{\text{max}}$ und einem Heizöläquivalent von $1.200 \text{ l}_{\text{min}}$ bzw. $1.800 \text{ l}_{\text{max}}$ pro Jahr.

Literaturverzeichnis

Bayrische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft: Teilmechanisierte

Bereitstellung, Lagerung und Logistik von Waldhackschnitzeln. LWF-Bericht, 2000, Nr.: 21

Bundesinitiative Bioenergie: Heimische Energiequellen in ländlichen Kommunen - am

Beispiel der Gemeinde Süsel/Ostholstein,

<http://www.bioenergie.de/downloads/Gutachten/Ssel-Broschre.pdf> , 11.3.2004

Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (Hrsg.): Biogas- eine

natürliche Energiequelle: Referat für Öffentlichkeitsarbeit, Postfach, 53107

Bonn, Juli 2000

Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und

Landwirtschaft/Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.: Innovative

Verfahren zur Wärme- und Stromerzeugung aus Biomasse: hrsg. von

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., Schriftenreihe „Nachwachsende

Rohstoffe“ Band 20, Münster, Landwirtschaftsverlag GmbH, 2002

C.A.R.M.E.N. Centrales Agrar-Rohstoff-Marketing- und Entwicklungsnetzwerk

(Hrsg.): Energetische Nutzung von Biomasse: Informationen für Bezirke,

Landkreise und Kommunen, Juli 2002; erhältlich bei C.A.R.M.E.N., Centrales

Agrar-Rohstoff-Marketing- und Entwicklungsnetzwerk, Schulgasse 18, D-

94315 Straubing, Telefon: 09421/960-300, eMail: contact@carmen-ev.de

Centrale Marketing Gesellschaft der Deutschen Agrarwirtschaft (CMA): Biomasse –

nachwachsende Energie aus Land- und Forstwirtschaft, 2. Auflage, 1997,

Bonn

Coch, Thomas: Waldrandpflege, Grundlagen und Konzepte: Neumann Verlag,

Radebeul, 1995

Dieter, M., Englert, H.: Abschätzung des Rohholzpotenzials für die energetische

Nutzung in der Bundesrepublik Deutschland. Arbeitsbericht, BFH und div.

Ordinariate der Universität Hamburg, Arbeitsbericht, unveröffentlicht, 2001

- Edler A./Meissner E./ Reetz B./ Schaup P.:* Trocknung von Biomasse mit hohem Grünanteil ohne Fremdenergie: Schriftenreihe der Energieforschungsgemeinschaft im Verband der E-Werke Österreichs, TU Graz, Institut für Wärmetechnik, 1998
- Elsässer Martin:* Alternative Verwendung von in der Landschaftspflege anfallendem Gründlandmähgut: verbrennen, vergären, kompostieren, mulchen oder extensive Weide? in *Natur und Landschaft* – 79. Jahrgang 2004 – Heft 9, S. 110 – 117
- Englert, H./Dieter, M.:* Abschätzung des Rohholzpotenzials für die energetische Nutzung in der BRD, in *Biomassepotenzialstudie Rheinland-Pfalz*, Tagungsdokumentation zur 2. Biomassetagung, P+H-Verlag, Berlin, 2003
- Enquete-Kommission (Hrsg.):* „Schutz des Menschen und der Umwelt“, „Die Industriegesellschaft gestalten: Perspektiven für einen nachhaltigen Umgang mit Stoff- und Materialströmen“, Bonn, 1994
- Erler, J.:* Forsttechnik, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 2000
- Gabriel, Oliver:* Erntetechnik für Energieholz auf der METKO 2004, *Forst und Technik*, S. 4-9, 10.2004
- Hampicke, U.:* Naturschutzökonomie, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 1991
- Hartmann, Hans:* Techniken und Verfahren: in Hartmann, H./Kaltschmitt, M. (Hrsg.), *Biomasse als erneuerbarer Energieträger: Eine technische, ökologische und ökonomische Analyse im Kontext der übrigen erneuerbaren Energien*, Schriftenreihe „Nachwachsende Rohstoffe“, Band 3, 2. Auflage – vollständige Neubearbeitung, Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster 2002
- Hartmann, Hans/Höldrich Alexander:* Bereitstellung von Festbrennstoffen, in Klaus Thuneke/Alexander Höldrich/Paul Rossmann/Hans Hartmann (Hrsg.): *Handbuch: Bioenergie-Kleinanlagen*, 1. Auflage, Gülzow: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., Abt. Öffentlichkeitsarbeit, 2003, S. 15 – 60
- Hartmann, Hans/Rossmann, Paul:* Feuerung und Anlagentechnik, in: Klaus Thuneke/Alexander Höldrich/Paul Rossmann/Hans Hartmann (Hrsg.): *Handbuch: Bioenergie-Kleinanlagen*, 1. Auflage, Gülzow: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., Abt. Öffentlichkeitsarbeit, 2003, S. 68 – 99

Heck, Peter/Wern, Bernhard, (Hrsg.): Dokumentation zur 3. Biomasse-Tagung am Umwelt-Campus Birkenfeld vom 27. + 28.11.2003, IfaS-Schriftenreihe zum angewandten Stoffstrommanagement, Band 2, Dr. Ralf Mette, Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde, Universität Kiel, Olshausenstr. 40, 24118 Kiel, rmette@plantnutrition.uni-kiel.de

IfaS: Studie zur Weiterentwicklung der energetischen Verwertung von Biomasse in Rheinland-Pfalz, Mai 2001 - April 2004: Abschlussbericht, Institut für angewandtes Stoffstrommanagement (Hrsg.) im Umwelt-Campus Birkenfeld Postfach 1380, 55761 Birkenfeld

IZES, Institut für Zukunfts- EnergieSysteme (Hrsg.): Studie zur Weiterentwicklung der energetischen Verwertung von Biomasse im Saarland, Altenkesseler Straße 17, 66115 Saarbrücken, Januar 2002

Jacobi (o. J.): Hackschnitzelharvester. <http://www.jacobi22.de/bild1.html>, 16.3.2004

Kaltschmitt, Martin: Einleitung und Zielsetzung, in: Martin Kaltschmitt/Hans Hartmann (Hrsg.): Energie aus Biomasse: Grundlagen, Techniken und Verfahren, Berlin, Heidelberg: Springer Verlag, 2001, S. 1 – 34

Kaltschmitt, Martin/Hartmann, Hans: Nebenprodukte, Rückstände und Abfälle, in: Martin Kaltschmitt/Hans Hartmann (Hrsg.): Energie aus Biomasse: Grundlagen, Techniken und Verfahren, Berlin, Heidelberg, Springer Verlag, 2001, S. 95 - 122

Kasper, Beate/Hahn, Jürgen: Thermische Verwertung von Biomasse aus der Landschaftspflege: in Technik und Verfahren zur Landschaftspflege und für die Verwertung der anfallenden Materialien, Kolloquium in Potsdam-Bornim am 20. und 21. Januar 1994, Institut für Agrartechnik Bornim e.V., Wissenschaftlicher Fachverlag Dr. Fleck, Niederkleen, Bornimer Agrartechnische Berichte, Heft 17, 1994, S. 224 - 232

Lehmann, H./Preetz, T.: Zukunftsenergien – Strategien einer neuen Energiepolitik: Birkhäuser, Berlin, 1995

- Leipnitz, Wolfgang:* Extensive Grünlandnutzung und Landschaftspflege im Havelländischen Luch: in Technik und Verfahren zur Landschaftspflege und für die Verwertung der anfallenden Materialien, Kolloquium in Potsdam-Bornim am 20. und 21. Januar 1994, Institut für Agrartechnik Bornim e.V., Wissenschaftlicher Fachverlag Dr. Fleck, Niederkleen, Bornimer Agrartechnische Berichte, Heft 17, 1994, S. 182 - 189
- Lohmann, Ulf:* Holz- Handbuch, 5. Auflage, Rosenheim, DRW Verlag, 1998
- Marutzky, Rainer/Seeger, Klaus:* Energie aus Holz und anderer Biomasse: Grundlagen-Technik-Emissionen-Wirtschaftlichkeit-Entsorgung-Recht, Braunschweig und Kassel: DRW-Verlag Weinbrenner GmbH & Co, 1999
- Maurer, Karl:* Gras als Brennstoff ?, Fortbildungsveranstaltung: Nutzung von „überschüssigem“ Grünland, Aulendorf, 11. Juli 2003, Fortbildungsunterlagen
- Mette, Ralf:* Biomassepotenziale und Kreislaufwirtschaft: in Biomassepotenzialstudie Rheinland-Pfalz, Tagungsdokumentation zur 3. Biomassetagung, P+H-Verlag, Berlin, 2004, S. 34 - 39
- Ministerium für Landwirtschaft, Weinbau und Forsten Rheinland-Pfalz:* Hilfstafeln für die Forsteinrichtung (zur FA72), Verlag Emil Sommer, Grünstadt, 1980
- Nauerz, Rainer:* Die energetische Verwertung von Grünschnitt am Beispiel Holzhackschnitzelheizung in der Realschule Eisenberg: in Biomassepotenzialstudie Rheinland-Pfalz, Tagungsdokumentation zur 3. Biomassetagung, P+H-Verlag, Berlin, S. 83 - 94
- Naturland ÖFM gGmbH:* Abschlussbericht: Kooperationsvertrag zur Umsetzung von Pflegemaßnahmen in saarländischen Naturschutzgebieten zwischen dem Landesamt für Umweltschutz und der Naturland ÖFM gGmbH, Pflegearbeiten in saarländischen Naturschutzgebieten in den Jahren 2001 bis 2003 (unveröffentlicht)
- Naturlandstiftung Saar (Hrsg.):* Die Naturlandstiftung Saar, 25 Jahre angewandter Naturschutz –eine Bilanz-, Eppelborn, 2001
- Nebe, Wolfgang:* Zur Auswirkung von Biomassenutzungen in Fichten- und Kiefernbeständen auf den Nährelementkreislauf. Beiträge für die Forstwirtschaft, Heft 4, Berlin, 1979

Niemz, Peter: Physik des Holzes und der Holzwerkstoffe, Dresden, DRW Verlag, 1993

Prochnow, Annette/ Donath, Ralf/ Riedel, Sven/ Starroske, Olaf: Massen und Inhaltsstoffe des Aufwuchses auf Naturschutzflächen: in Technik und Verfahren zur Landschaftspflege und für die Verwertung der anfallenden Materialien, Kolloquium in Potsdam-Bornim am 20. und 21. Januar 1994, Institut für Agrartechnik Bornim e.V., Wissenschaftlicher Fachverlag Dr. Fleck, Niederkleen, Bornimer Agrartechnische Berichte, Heft 17, 1994, S. 206 – 209

Reichmann, Jörg: Biogasanlage Hahn: regenerative Kraft-Wärme-Kopplung auf Basis Nachwachsender Rohstoffe und Wiederherstellung geschlossener Wasser- und Stoffkreisläufe, Dokumentation zur 4. Biomassetagung vom 11. und 12. November am Umwelt-Campus in Birkenfeld, 2004, in press

Stadtverband Saarbrücken: Amt für Bauen, Umwelt und Planung, Team Umweltschutz, Auskunft über Ministerium für Umwelt Oberste Naturschutzbehörde unter <http://www-umwelt.saarland.de>, Stand 5.7.2004

Sterr, Thomas: „Aufbau eines zwischenbetrieblichen Stoffverwertungsnetzwerkes im Heidelberger Industriegebiet Pfaffengrund“, Heidelberg, 1998

Thomasius, Harald; Schmidt Peter A.: Wald, Forstwirtschaft und Umwelt, Economica Verlag, Bonn, 1996

von Wilpert, Karl: Rechtliche und bödenökologische Aspekte des Einsatzes von Holzaschen in der Bodenmelioration: in Biomassepotenzialstudie Rheinland-Pfalz, Tagungsdokumentation zur 3. Biomassetagung, P+H-Verlag, Berlin, 2004, S. 42 – 58

Wetter, Christof: Integration einer Strohheizungsanlage in eine landwirtschaftliche Brennerei, Dokumentation zur 4. Biomassetagung vom 11. und 12. November am Umwelt-Campus in Birkenfeld, 2004, in press

Wittkopf, Stephan: Bereitstellung, Lagerung und Logistik von Holzbrennstoffen, in C.A.R.M.E.N., 1999

Wolf, Reinhard: (1989), Biotopkartierung Baden-Württemberg: Ergebnisse der landesweiten Erhebungen 1981-1989 von Vicente Aguayo, Thomas Breunig (Hrsg.), Norbert Höll (Hrsg.), Irene Severin, Reinhard Wolf -Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg

Zimmermann, Eva/Wern, Bernhard: Machbarkeitsstudie und Wirtschaftlichkeitsbetrachtung verschiedener Trocknungsvarianten für Holzhackschnitzel im Sägewerk Baus GmbH unter Berücksichtigung des Energiegehaltes der Hackschnitzel, IfaS, Birkenfeld, 2004