D I P L O M A R B E I T

Fachhochschule Weihenstephan

Fachbereich Landschaftsarchitektur

Das Potenzial der Bioenergien in Vilsbiburg / Lkrs. Landshut

als Beitrag zur nachhaltigen Energieversorgung mit Erneuerbaren Energien



Verfasser: Anita Kübelsbeck

Klosterweg 2 • 84137 Vilsbiburg

Betreuer: Prof. Dr. Ernst Schrimpff

FH Weihenstephan • 85350 Freising

Dezember 2004

Inhaltsverzeichnis

1. Vorwort und Dank 4
2. Einleitung 5
3. Zielsetzung der Untersuchungen 6
4. Grundlagen 6
4.1 Naturraum 6
4.1.1 Klima 6
4.1.2 Landschaftsräume 7
4.2 Bevölkerungs- und Erwerbsstruktur 8
4.2.1 Einwohnerzahl 8
4.2.2 Erwerbsstruktur 8
4.3 Derzeitige Landnutzung 8
4.4 Forstwirtschaft 9
4.5 Landwirtschaft 10
4.5.1 Betriebsgrößenstruktur 10
4.5.2 Landwirtschaftsflächen und Feldfruchtverteilung 10
4.5.3 Landbausysteme 11
4.5.3.1 Konventioneller bzw. integrierter Landbau 11
4.5.3.2 Ökologischer Landbau 12
4.5.3.3 Naturgemäßer Landbau 13
5. Derzeitiger Energiebedarf 14
5.1 Nahrungsenergie 14
5.2 Wärmeenergie 15
5.3 Elektrische Energie 15
5.4 Verkehrsenergie 16
5.5 Zusammenfassung 16
6. Ermittlung des derzeitigen Potenzials 17
6.1 Biofeststoffe 17
6.1.1 Holzartige Biomasse 17
6.1.1.1 Waldenergieholz 17
6.1.1.2 Holz aus Energiewäldern 22
6.1.1.3 Industrierestholz 23
6.1.1.4 Altholz 25

6.1.1.5 Flurholz 27
6.1.1.6 Schwemmholz 31
6.1.2 Halmgutartige Biomasse 32
6.1.2.1 Chinaschilf *(Miscanthus sinensis)* 32
6.1.3 Zusammenfassung der Ergebnisse 33
6.2 Biogas 34
6.2.1 Landwirtschaftliche Abfallstoffe 35
6.2.2 Landwirtschaftliche Rohstoffe 36
6.2.3 Außerlandwirtschaftliche kommunale Abfallstoffe 37
6.2.4 Zusammenfassung der Ergebnisse 41
6.3 Pflanzenöle 41
6.4 Bioethanol 43
7. Steigerungsmöglichkeiten des Bioenergiepotenzials 44
7.1 Modell eines zukünftig bioenergieorientierten Flächenmanagements 44
7.1.1 Potenziell verfügbare Flächen zur Energiepflanzenproduktion 45
7.1.2 Umwidmungen von Landwirtschaftsflächen 46
7.1.3 Verfügbare Flächen nach Kategorien 47
7.2 Szenario einer zukünftigen Energiepflanzenproduktion 48
7.2.1 Steigerungsmöglichkeiten des Bioenergiepotenzials 49
7.2.1.1 Biofeststoffe 49
7.2.1.2 Biogas 51
7.2.1.3 Pflanzenöle 52
7.2.1.4 Bioethanol 54
7.2.2 Zusammenfassung der erzielbaren Mehrerträge 55
8. Energetische Nutzungsmöglichkeiten 55
8.1 Biofeststoffe 55
8.2 Biogas 59
8.3 Pflanzenöle 62
8.4 Bioethanol 64
9. Potenzielle Deckungsbeiträge zum Energiebedarf 65
9.1 Derzeitig möglicher Deckungsbeitrag 65
9.2 Zukünftig möglicher Deckungsbeitrag 67

10. Handlungsempfehlungen 68
10.1 Allgemeine Empfehlungen 68
10.1.1 Projektunterstützung durch fachmännisches Know-how 68
10.1.2 Gründung von Interessengemeinschaften 68
10.1.3 Gründung von Investorengemeinschaften 68
10.1.4 Nachhaltige Produktion von Energiepflanzen 69
10.1.5 Nachhaltige Produktion von Bioenergieträgern 69
10.2 Empfehlungen an die Stadt Vilsbiburg 69
10.2.1 Informationsangebot verbessern 69
10.2.2 Vorbildfunktion der Gemeinde erfüllen 70
10.2.3 Handlungsmöglichkeiten erkennen 70
10.2.4 Privatwirtschaftliche Biomasseprojekte unterstützen 71
10.2.5 Anbieten von „Ökostrom“ aus Biomasse 71
11. Zusammenfassung 72
12. Quellenangaben 75
12.1 Ansprechpartner 75
12.2 Literaturangaben 76
12.3 Internetquellen 78
12.4 Verwendete Karten 78
13. Anhang 79
13.1 Abkürzungsverzeichnis 79
13.2 Begriffsbestimmungen 79
13.3 Grundlagen 80
13.3.1 Eigenschaften Holz 80
13.3.2 Berechnungen 80
13.3.2.1 Flächenanteile für Laubbaumarten der Privatwälder 80
13.3.2.2 Flächenbedarf zur Nahrungsmittelbereitstellung 82
13.3.2.3 Verringerung des Biogasertrags 84
13.3.3 Nachhaltige Erzeugung von Pflanzenöl und Bioethanol 85
13.3.3.1 Pflanzenölgewinnung: Dezentrales Konzept 85
13.3.3.2 Konzept einer nachhaltigen Bioethanolerzeugung 85

1. Vorwort und Dank

Angetrieben durch das tatkräftige Engagement des Arbeitskreises „Energie und Wasser“ der lokalen Agenda 21 entschloss sich die Gemeinde Vilsbiburg, die Potenziale Erneuerbarer Energien in ihrer Gemarkung ermitteln zu lassen. Damit schließt sich Vilsbiburg den Gemeinden Schalkham, Furth, Moosburg und Göttingen an, die ebenfalls die Potenziale Erneuerbarer Energien in ihrer Gemarkung durch Studien unter der Leitung von Prof. Dr. Ernst Schrimpff, FH-Weihenstephan ermitteln ließen.

Im Jahr 2003 wurden bereits die Potenziale der Wind- und Wasserkraft im Gemeindegebiet Vilsbiburg im Rahmen einer Diplomarbeit ermittelt. Anschließend begann die Untersuchung des Potenzials der direkten Sonnenenergienutzung (Photovoltaik) sowie, mit dieser Diplomarbeit, die Ermittlung des Potenzials der Bioenergien in den Bereichen Biofeststoffe, Biogas, Pflanzenöle und Bioethanol.

An dieser Stelle möchte ich zunächst der Stadt Vilsbiburg, insbesondere Herrn Bürgermeister Haider und Herrn Burger für die umfassende Unterstützung dieser Diplomarbeit danken. Ganz herzlich möchte ich mich bei allen weiteren Ansprechpartnern bedanken, die durch ihre Auskünfte maßgeblich zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben.

Besonderer Dank gilt dabei

Herrn Blümel, Forstdienststellenleiter Vilsbiburg für die Informationen zu forstwirtschaftlichen Fragestellungen,
Herrn Pramps, Mitarbeiter des Landwirtschaftsamts Landshut für die Auskunft zu landwirtschaftlichen Fragestellungen,
einigen weiteren Mitarbeitern verschiedener Ämter für ihre Bereitstellung von Unterlagen und Informationen,
zahlreichen größtenteils ortsansässigen Betrieben für ihre freundliche Auskunftsbereitschaft,
Herrn Professor Dr. Schrimpff, FH-Weihenstephan für die Betreuung dieser Arbeit.

2. Einleitung

Die heutige Energieversorgung wird in erster Linie von den fossilen Energieträgern Öl, Kohle und Erdgas sowie von nuklear erzeugter Energie getragen. Daraus resultierende Probleme und Risiken sind hinlänglich bekannt. Die Energieerzeugung aus fossilen Energieträgern erhöht die Konzentration des Treibhausgases Kohlendioxyd in der Atmosphäre und trägt in hohem Ausmaß zu einer Klimaänderung mit unabsehbaren Folgen bei. Außerdem stützt sie sich auf endliche Ressourcen, die nur noch begrenzt zur Verfügung stehen. Die Nutzung von Kernenergie in Form von Kernspaltung sowie Kernfusion bringt neben den enormen Gefahren für Mensch und Natur nicht abschätzbare Kosten mit sich, beispielsweise durch das nicht gelöste Problem der Endlagerung von radioaktiven Abfällen oder möglichen Folgekosten bei Zwischenfällen. Diese Tatsachen und andere mehr machen deutlich, dass aus dem heutigen Stand der Kenntnisse nur die Erneuerbaren Energien eine zukunftsfähige nachhaltige Energieversorgung bieten können.

Die Möglichkeiten der Nutzung Erneuerbarer Energien sind vielfältig. Verschiedene Technologien ermöglichen eine direkte (z.B. Photovoltaik) oder indirekte (z.B. Wasser- und Windkraft, sowie Bioenergien) Nutzung der Sonnenenergie.
Große Erwartungen werden in die energetische Nutzung von Biomasse gelegt. In Europa und Deutschland ist Biomasse der bisher meist genutzte regenerative Energieträger. Nach Wunsch der Europäischen Union soll Biomasse – aufgrund der großen unerschlossenen Potenziale und der relativen Marktnähe im Vergleich zu vielen anderen Optionen der Nutzung regenerativer Energien – in Zukunft einen noch größeren Beitrag im Energiesystem leisten und damit merklich am Aufbau einer zukünftig umwelt- und klimaverträglichen und somit nachhaltigeren Energieversorgung mitwirken (KALTSCHMITT & HARTMANN, 2001:Vorwort).

Woher kommt das große Interesse am Ausbau der Bioenergien? Ein wesentlicher Vorteil der Biomasse ist, dass sie überall und in großen Mengen zur Verfügung steht, daher also auch in allen Regionen nutzbar ist. Weitere Vorteile liegen in der langfristig sicheren Verfügbarkeit dieser heimischen Energiequellen, in perspektivreichen Einkommens- und Beschäftigungseffekten für den ländlichen Raum und in der Klima- und Umweltfreundlichkeit durch die $C0_2$ – Neutralität der Bioenergienutzung. Im Gegensatz zu den anderen Erneuerbaren Energien ist „Bioenergie“ ein Multitalent, denn sie kann

sowohl im Strom-, Wärme- und Treibstoffsektor eingesetzt werden (GEISEN, 2002/2003:12).

Mit der Novellierung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (in Kraft getreten am **1. August 2004**) und den damit veränderten Bestimmungen über die Vergütung von Strom aus Biomasse (bis zu **17,6 Cent/kWh**) wurden die Rahmenbedingungen zur energetischen Nutzung von Biomasse deutlich verbessert.

3. Zielsetzung der Untersuchungen

Das vorrangige Ziel dieser Diplomarbeit ist es, die Reichweite des Bioenergiepotenzials in der Gemeinde Vilsbiburg und mögliche Deckungsbeiträge zum gesamten Energiebedarf zu ermitteln, sowie Handlungsmöglichkeiten für eine zukünftige nachhaltige Entwicklung im Energiebereich aufzuzeigen.

Hierzu werden die derzeitigen Rahmenbedingungen untersucht und der jährliche Energiebedarf Vilsbiburgs ermittelt. In einem weiteren Schritt werden die derzeit möglichen Energieerträge aus den Bereichen Biofeststoffe, Biogas, Pflanzenöle und Bioethanol durch entsprechende Erhebungen ermittelt. Für die verschiedenen Bioenergiesektoren wird untersucht, durch welche Maßnahmen und in welchem Umfang eine zukünftige Steigerung des jeweiligen Potenzials unter nachhaltigen Bedingungen erreicht werden kann. In einer Gegenüberstellung des derzeitigen Energiebedarfs und den ermittelten Potenzialen werden mögliche Deckungsbeiträge durch Bioenergien in Vilsbiburg ersichtlich. Zum Abschluss werden Handlungsempfehlungen ausgesprochen.

4. Grundlagen

4.1 Naturraum

4.1.1 Klima

Nach Auswertung der Daten der Jahre 1993 bis 2002 durch Herrn Döbler, der eine private Wetterstation in Vilsbiburg betreibt, ergibt sich ein mittlerer jährlicher Niederschlag von **914 mm** und eine mittlere Jahrestemperatur von **11,1 °C** (OSTERMEIER, 2003:8).

4.1.2 Landschaftsräume

Die Stadt Vilsbiburg liegt etwa 70 km nordöstlich von München und gehört zum Landkreis Landshut, Regierungsbezirk Niederbayern. Die Höhenlage über Normalnull liegt zwischen **430 m** bei Solling und **512 m** bei Rumpfing, die Durchschnittshöhe liegt bei ca. **467 m** (OSTERMEIER, 2003:9).

Aus geologischer Sicht gehört das Untersuchungsgebiet dem Naturraum Isar-Inn-Hügelland an. Dem Isar-Inn-Hügelland entspringen zahlreiche kleinere Fließgewässer, die in nördlicher bis nordwestlicher bzw. südlicher und südöstlicher Richtung zur Isar, Kleinen und Großen Vils sowie zur Bina hin fließen. Zwischen den sich fiederförmig verzweigenden asymmetrischen Tälern mit steilen westlich bis nordwestlich ausgerichteten Hängen und flachen östlich bis südöstlich ausgerichteten Hängen erstrecken sich firstartig langgestreckte Hügel und Höhenrücken, die sich durchschnittlich etwa 50 m über die Talsohlen erheben. Das Gebiet der Stadt Vilsbiburg liegt vollständig im Vils-Hügelland sowie im Vilstal. Das Vils-Hügelland ist durch die tertiären Ablagerungsmassen der Alpen aufgebaut. Dabei handelt es sich um Kiese, Sande, Tone und Mergel der Oberen Süßwassermolasse. Vor allem die flacheren, nach Osten und Südosten geneigten Hänge sind zusätzlich mit Schichten aus Lößlehm überdeckt. Aus dem Löß und den Lößlehmen der Deckschichten bildeten sich Para-Braunerden, die aufgrund ihrer hohen Sorptionsfähigkeit für Nährstoffe und ihrer großen nutzbaren Wasserkapazität beste Ackerstandorte aufweisen. Diese besonders im Oberboden relativ schluffreichen Böden sind bei Ackernutzung in Hanglagen jedoch stark erosionsanfällig. Das durch Wassererosion abgetragene Bodenmaterial lagerte sich in den Tallagen ab und bildete dort bei hochstehendem Grundwasser Gleyböden. Dicht gelagerter toniger Untergrund führt in Verebnungen und Senken mit Wasserzuzug häufig zu Staunässeböden (Pseudogleye). Außerhalb der Tallagen und Löß- bzw. Lößlehm-Deckschichten sind Braunerden, z.T. Rendzinen die meist verbreiteten Bodentypen.

Das Vilstal ist neben dem Isartal das zweite Flusstal, das den Landkreis Landshut als eine herausragende Struktur in West-Ost-Richtung durchzieht. Die Vilstalaue besteht aus alluvialen Schwemmlöß- und Sandablagerungen über pleistozänen Schottern. Die nährstoffreichen braunen Aueböden sind gut nutzbare Grünlandstandorte (LÄNGST, 1996:8-11).

4.2 Bevölkerungs- und Erwerbsstruktur

4.2.1 Einwohnerzahl

Tabelle 1: Einwohnerentwicklung

Bevölkerung am	Anzahl gesamt
Mai 27, 1970 [1]	9.263
Mai 25, 1987 [1]	9.908
Dez. 31, 2000 [1]	11.147
Jan. 01, 2004 [2]	**11.875**

[1] BAY. LANDESAMT FÜR STATISTIK UND DATENVERARBEITUNG, 2002a:167
[2] INTERNET (1)

Die Stadt Vilsbiburg und das zugehörige Gemeindegebiet hat **11.875 Einwohner**, davon sind 5.820 männlich und 6.055 weiblich (Stand 01. Januar 2004, nach INTERNET (1)). Vergleicht man die aktuelle Einwohnerzahl mit den Vorjahren, so wird ein kontinuierlicher Anstieg der Bevölkerung erkennbar.

Anmerkung: Internetquellen werden im Text als INTERNET (Ziffer) angegeben. Die vollständigen Quellenangaben sind in Kapitel 12.3 (S. 78) angegeben.
Abweichungen von Summen in Rechnungen und Tabellen im gesamten Text ergeben sich durch Rundungen.

4.2.2 Erwerbsstruktur

Tabelle 2: Erwerbstätigkeit nach BAY. LANDESAMT FÜR STATISTIK UND DATENVERARBEITUNG, 2002a:170

Kategorie	Anzahl Beschäftigte	Anteil [%]
Land- und Forstwirtschaft, Fischerei	10	0,2
Produzierendes Gewerbe	2.772	46,4
Handel, Gastgewerbe und Verkehr	941	15,8
Sonstige Dienstleistungen	2.249	37,7
Beschäftigte gesamt	**5.972**	**100,0**
Beschäftigte am Wohnort	3.927	65,8
Pendlersaldo	2.045	34,2

Zum 30. Juni 2000 waren insgesamt **5.972 sozialversicherungspflichtig Beschäftigte** im Wirtschaftsbereich Vilsbiburg erwerbstätig. Davon waren etwa zwei Drittel der Beschäftigten ortsansässig, während etwa ein Drittel durch auswärtige Pendler gestellt wurde. Das produzierende Gewerbe (46,4%) und der Dienstleistungssektor (37,7%) bieten mit Abstand die meisten Beschäftigungsplätze, gefolgt von Handel, Gewerbe und Verkehr (15,8%). Der Beschäftigungsanteil in Land- und Forstwirtschaft, sowie Fischerei ist mit 0,2% verschwindend gering.

4.3 Derzeitige Landnutzung

Die Flächenerhebung bezieht sich auf den 31. Dezember 2000. Zur Veranschaulichung der Entwicklung sind auch die verschiedenen Nutzungsarten und Flächenanteile der Jahre 1980 und 1996 in Tabelle 3 dargestellt.

Tabelle 3: Landnutzung am 31. Dezember 1980, 1996 und 2000 nach BAY. LANDESAMT FÜR STATISTIK UND DATENVERARBEITUNG, 2002:7

Nutzungsart	***1980***	***1996***	**2000**	
	Flächenanteil [%]	***Flächenanteil [%]***	**Fläche [ha]**	**Flächenanteil [%]**
Landwirtschaftsfläche	*77,0*	*74,5*	5.031	73,1
Waldfläche	*14,9*	*15,1*	1.031	15,0
Gebäude- und Freifläche	*3,5*	*5,1*	421	6,1
Verkehrsfläche	*3,4*	*3,9*	288	4,2
Wasserfläche	*0,7*	*0,7*	53	0,8
Betriebsfläche	*0,2*	*0,4*	38	0,6
Flächen anderer Nutzung	*0,2*	*0,2*	12	0,2
Erholungsfläche	*0,1*	*0,1*	11	0,2
Gebietsfläche gesamt	***100,0***	***100,0***	**6.885**	**100,0**

Seit 1980 kann ein tendenzieller Rückgang der Landwirtschaftsflächen verzeichnet werden, während Gebäude- und Freiflächen, Verkehrsflächen und Betriebsflächen kontinuierlich gewachsen sind (BAY. LANDESAMT FÜR STATISTIK UND DATENVERARBEITUNG, 2002:7).

4.4 Forstwirtschaft

Die Wälder befinden sich meist auf Flächen, die für Acker- und Grünlandnutzung zu steil, zu feucht bzw. zu nass sind oder eine stark bewegte Geländeoberfläche aufweisen. Sie setzen sich überwiegend aus Fichtenwäldern und Altersklassenwäldern zusammen. Auch bei Mischwäldern und Mischwaldanteilen überwiegt der Nadelholzanteil. Laubwälder und Laubwaldanteile beschränken sich auf Feuchtwälder und Feldgehölze. Bei Neuaufforstungen überwiegt meist die Fichte, Beimischungen von Laubgehölzen nehmen jedoch zu. Aufgrund des hohen Anteils der Fichte sowie homogener Altersklassenzusammensetzung sind diese Wälder von einer naturnahen Artenzusammensetzung weit entfernt und daher anfällig gegen Krankheiten, Windwurf und Schneebruch (LÄNGST, 1996:41f). Laut Herrn Blümel, Leiter der zuständigen Forstdienststelle in Vilsbiburg, nehmen die Waldflächen im Gemeindegebiet Vilsbiburg derzeit nur noch **13%**, also **895 ha** der Gesamtfläche ein. Davon sind lediglich **7,1 ha** (<1%) Wald im Besitz der **Stadt**, die verbleibenden Flächen von **887,9 ha** (>99%) sind **Privatwälder**. Der geringe Waldanteil Vilsbiburgs verdeutlicht sich im Vergleich zu folgenden Zahlen:

Waldanteil im Gemeindegebiet Vilsbiburg,

in Bezug zur Gesamtfläche (6.885 ha)	**13 %**	(BLÜMEL, 2004)
• deutlich unter dem Landesdurchschnitt	**34 %**	
• deutlich unter dem Durchschnitt der Region 13	**22 %**	
• deutlich unter dem Landkreisdurchschnitt	**21 %**	(LÄNGST, 1996:41)

4.5 Landwirtschaft

4.5.1 Betriebsgrößenstruktur

Tabelle 4: Betriebsgrößenstruktur in der Landwirtschaft nach BAY. LANDESAMT FÜR STATISTIK UND DATEN-VERARBEITUNG, 2002:8

Merkmal LF in ha [1]	1971		1979	1991	1999	2001	
	Anzahl	*[%]*	Anzahl landwirtschaftl. Betriebe			Anzahl	*[%]*
2 bis unter 5	64	*18*	45	29	18	16	*9*
5 bis unter 10	85	*24*	59	45	22	16	*9*
10 bis unter 20	111	*31*	96	63	53	49	*28*
20 bis unter 30	64	*18*	52	49	41	38	*22*
30 oder mehr	33	*9*	49	56	56	56	*32*
2 oder mehr gesamt	**357**	***100***	**301**	**242**	**190**	**175**	**100**

[1] LF = landwirtschaftlich genutzte Fläche

In Tabelle 4 ist die Entwicklung der Betriebsgrößenstruktur von 1971 bis 2001 dargestellt. Allgemein ist ein kontinuierlicher Rückgang der landwirtschaftlichen Betriebe zu erkennen. So hat sich die Anzahl der Betriebe insgesamt seit 1971 bis 2001 etwa halbiert. Betrachtet man die Verteilung der Flächengrößen 2001, so zeigt sich eine abnehmende Tendenz der Betriebe von 2 bis unter 30 ha gegenüber den Vorjahren, was auf einen **Rückgang der kleineren und mittleren Betriebe** hinweist. **Betriebe mit 30 ha oder mehr** können als einzige Kategorie seit 1971 einen **Zuwachs** verzeichnen. Derzeit gibt es im Gemeindegebiet Vilsbiburg noch **168** landwirtschaftliche Betriebe, davon sind 92 als Haupterwerbsbetriebe deklariert (Stand 2003, nach PRAMPS, 2004).

4.5.2 Landwirtschaftsflächen und Feldfruchtverteilung

Die Landwirtschaftsflächen nehmen in Vilsbiburg etwa **5.146,4 ha** (Stand 2003, nach PRAMPS, 2004), also knapp **75 %** der Gesamtfläche des Gemeindegebiets (6.885 ha) ein. Im Gemeindegebiet Vilsbiburg befinden sich zum überwiegenden Teil landwirtschaftliche Nutzflächen mit günstigen Ertragsbedingungen, laut Agrarleitplan liegt der Anteil von Flächen mit günstigen Ertragsbedingungen bei über 80 %, Flächen mit durchschnittlichen Bedingungen belaufen sich auf rund 15 % und Flächen mit ungünstigen Ertragsbedingungen werden auf unter 5 % eingeschätzt (LÄNGST, 1996:37). In Karte 1

sind die Flächen nach ihren natürlichen Standortbedingungen dargestellt. In Tabelle 5 ist die Feldfruchtverteilung des Jahres 2003 vereinfacht dargestellt.

Tabelle 5: Zusammenfassung LF nach Kategorien nach PRAMPS, 2004

Frucht-/Pflanzenart	Anbaufläche [ha]	Anbaufläche [%]
Getreide (einschließlich Mais)	2.970,7	57,7
Ölsaaten	303,2	5,9
Konjunkturelle Flächenstilllegung	294,2	5,7
Ackerfutter als Hauptfutterfläche	290,0	5,6
Eiweißpflanzen (Hülsenfrüchte)	28,5	0,6
Hackfrüchte	25,9	0,5
Ackerflächen gesamt	**3.912,5**	**76,0**
Dauergrünland gesamt	**1.208,9**	**23,5**
Sonstige Flächen	20,1	0,4
Dauerkulturen	3,9	0,1
Gemüse und sonstige Handelsgewächse	1,0	0,0
Sonstige Flächen gesamt	**25,0**	**0,5**
Landwirtschaftsflächen gesamt	**5.146,4**	**100,0**

Der Getreideanbau nimmt mehr als die Hälfte der gesamten Flächen ein, an zweiter Stelle steht die Dauergrünlandnutzung mit knapp einem Viertel. Der Ackerfutterbau, die Ölsaaten und Stilllegungsflächen beanspruchen jeweils rund 6 % der gesamten Landwirtschaftsflächen. Der Anbau von Eiweißpflanzen, Hackfrüchten sowie sonstigen Flächen und Kulturen (z.B. Gemüsebau, Baumschulen, Brachflächen) spielt mit jeweils weniger als 1% der Flächen eine untergeordnete Rolle.

4.5.3 Landbausysteme

Von **168** Betrieben wirtschaften **159** nach Kriterien des **konventionellen Landbaus** und **9** nach Kriterien des **ökologischen Landbaus**. Neben diesen weit verbreiteten und bekannten Landbausystemen gibt es innovative Entwicklungen, die auf mehr Ökologie und Ökonomie abzielen. Ertragssteigerung, Energie- und Kosteneinsparung sowie der Boden- und Umweltschutz stehen im Vordergrund. Hier ist der **„Naturgemäße Landbau“** zu nennen. Nach einer kurzen Erläuterung der Kennzeichen und Probleme des konventionellen und ökologischen Landbaus sollen Grundgedanken einer „naturgemäßen“ Landbewirtschaftung vorgestellt werden.

4.5.3.1 Konventioneller bzw. integrierter Landbau

Unter konventionellem bzw. integriertem Landbau ist eine Form intensiver Landbewirtschaftung zu verstehen, deren Ziel es ist, möglichst hohe Erträge je Flächeneinheit zu erreichen. Kennzeichen dieser Wirtschaftsweise sind:

- ein hoher Grad an Mechanisierung
- der Bedarf an chemischen Pflanzenschutzmitteln
- der hohe Einsatz sowohl chemisch-synthetischer als auch organischer Dünger
- die Verwendung von Hochleistungssorten
- die Spezialisierung der Betriebe
- hohe jährliche Produktionskosten
- Reinfrucht- oder Daueranbau
- Verengung der Fruchtfolge (SOGERER, 2004:27-31)

Durch diese Form der Landbewirtschaftung werden zahlreiche Umweltprobleme wie ein Rückgang von Tier- und Pflanzenarten, eine Belastung von Biotopen, negative Auswirkungen auf das Landschaftsbild (monotone Landschaft), Bodenverdichtung und Erosion, Stoffeinträge in Böden und Gewässer sowie Emissionen verursacht (SOGERER, 2004:31-35).

4.5.3.2 Ökologischer Landbau

Der ökologische Landbau ist eine Form der Landbewirtschaftung, die einen weitgehend betriebseigenen Stoffkreislauf anstrebt und auf chemische Düngung sowie Pflanzenschutzmittel verzichtet. Die Produktion orientiert sich an den Zielen des Naturschutzes und erkennt die Notwendigkeit an, den Einsatz nicht Erneuerbarer Energien und Rohstoffe zu minimieren. Erhalt und Förderung der Bodenfruchtbarkeit sind hierbei besonders wichtig. Die Pflege des Bodenlebens durch Bodenbearbeitung, vielseitige Fruchtfolgen und meist dem Einsatz organischer Dünger spielt eine zentrale Rolle. In der Regel findet auch hier ein Reinfruchtanbau statt, es werden jedoch abwechslungsreiche Fruchtfolgen angestrebt (SOGERER, 2004:36).

Der ökologische Landbau kann eine größere Artenvielfalt verzeichnen, Probleme der Bodenverdichtung und Erosion können jedoch ebenso auftreten wie bei konventioneller bzw. integrierter Wirtschaftsweise. Die Gefahr der Stoffeinträge in Böden und Gewässer ist im Vergleich als wesentlich geringer einzustufen, ebenso das Freiwerden von Emissionen (SOGERER, 2004:40-42). Es ist jedoch anzumerken, dass die Erträge von ökologisch bewirtschafteten Flächen etwa um ein Drittel niedriger ausfallen als bei konventioneller Bewirtschaftung (SOGERER, 2004:48).

4.5.3.3 Naturgemäßer Landbau

Ziel der Landwirtschaft muss in Zukunft ein verstärktes Handeln nach ökologischen Grundsätzen sein. Nach SOGERER (2004:51f) müssen an ein naturgemäßes Agrarökosystem folgende Forderungen gestellt werden:

- Verzicht auf Bodenbearbeitung – Schonung des Bodengefüges
- Verzicht auf Pflanzenschutzmaßnahmen
- Verzicht auf Düngung – Schließung der Stoffkreisläufe
- Verzicht auf fossile Treibstoffe

Grundlage eines naturgemäßen Landbaus ist der Mischfruchtanbau, d.h. mindestens zwei verschiedene Saaten werden zeitgleich auf einer Fläche angebaut. Damit können gesunde Pflanzenbestände mit reicheren, stabileren Erträgen erzielt werden. Ackerwildkräuter und Schädlinge werden unter Kontrolle gehalten und die intensive Durchwurzelung trägt zum Bodenschutz bei. Allein durch Mischfruchtanbau können die Forderungen nach einem Verzicht auf Pflanzenschutzmaßnahmen, Bodenbearbeitung sowie Schonung des Bodengefüges erreicht werden (SOGERER, 2004:70). Es sind Mischungen aus Pflanzen mit unterschiedlichsten Ansprüchen anzustreben, z.B. Kombinationen aus Tief- und Flachwurzlern, Blatt- und Halmfrüchten, stickstoffmehrende und –zehrende oder nicht überwinternde und überwinternde Arten. Anbaupausen von sich selbst unverträglichen Arten dürften nach dem momentanen Kenntnisstand kaum nötig sein (SOGERER, 2004:63). Weitere Maßnahmen um den Mischfruchtanbau „naturgemäß“ zu gestalten sind Direktsaat, Vorerntesaat und Flächenkompostierung (s. Kap. 13.2). Somit wird ein ganzjähriger Bewuchs, eine optimale Ausnutzung der Wachstumsfaktoren, ein bestmöglicher Bodenschutz und eine Rückbringung von Nährstoffen auf die Felder ermöglicht. Um Bodenverdichtung zu verhindern, ist jeglicher Maschineneinsatz zu überdenken und statt fossiler Treibstoffe werden regenerativ erzeugte Treibstoffe, z.B. Pflanzenöl eingesetzt. Der naturgemäße Landbau ist in mehrfacher Hinsicht vorteilhaft. Neben einer Produktionssteigerung und vermindertem Produktionsaufwand (geringerer Arbeits- und Energieeinsatz) wird ein geringstmöglicher Eingriff in den Naturhaushalt verursacht bei gleichzeitig zu erwartender CO_2 – Minderung.

Die einzelnen Maßnahmen werden zunehmend sowohl von ökologisch als auch konventionell wirtschaftenden Landwirten erfolgreich angewendet (SOGERER, 2004:70f). Landwirte wie Sepp Holzer, Sepp Braun und Masanobu Fukuoka gelten als erfolgreiche Vorreiter eines „Naturnahen Landbaus“.

5. Derzeitiger Energiebedarf

Die Bedeutung des nachfolgend zu ermittelnden Bioenergiepotenzials lässt sich erst in Hinblick auf den Energiebedarf in Vilsbiburg veranschaulichen. Daher ist eine Ermittlung des jährlichen Energiebedarfs in den Sektoren Nahrung, Wärme, elektrische Energie und Verkehr erforderlich.

5.1 Nahrungsenergie

Zur Ermittlung des Nahrungsenergiebedarfs in Vilsbiburg wurde zum einen die aktuelle Alterstruktur der Bevölkerung (Stand Januar 2004), zum anderen altersbezogene Richtwerte zur Energiezufuhr herangezogen. Die angenommenen Richtwerte beziehen sich auf „normalgewichtige“ Personen mit einer wünschenswerten körperlichen Aktivität (INTERNET (2)).

Tabelle 6: Altersstruktur und täglicher Energiebedarf der Bevölkerung

Alter in Jahren	Anzahl [1]			Durchschnittlicher Energiebedarf [MJ/Tag] [2]		Energiebedarf [MJ/Tag]		
	männlich	weiblich	gesamt	männlich	weiblich	männlich	weiblich	gesamt
Unter 1	54	57	111	3,0	2,9	162,0	165,3	327,3
1 bis unter 4	181	184	365	4,7	4,4	850,7	809,6	1.660,3
4 bis unter 7	185	186	371	6,4	5,8	1.184,0	1.078,8	2.262,8
7 bis unter 10	207	191	398	7,9	7,1	1.635,3	1.356,1	2.991,4
10 bis unter 13	242	215	457	9,4	8,5	2.274,8	1.827,5	4.102,3
13 bis unter 15	176	138	314	11,2	9,4	1.971,2	1.297,2	3.268,4
15 bis unter 19	299	263	562	13,0	10,5	3.887,0	2.761,5	6.648,5
19 bis unter 25	397	414	811	12,5	10,0	4.962,5	4.140,0	9.102,5
25 bis unter 51	2.396	2.290	4.686	12,0	9,5	28.752,0	21.755,0	50.507,0
51 bis unter 65	939	920	1.859	10,5	8,5	9.859,5	7.820,0	17.679,5
65 und älter	744	1.197	1.941	9,5	7,5	7.068,0	8.977,5	16.045,5
Gesamt	5.820	6.055	**11.875**	-	-	62.607,0	51.988,5	**114.595,5**

[1] INTERNET (1)
[2] INTERNET (2)

Aus dem in Tabelle 6 ermittelten täglichen Nahrungsenergiegesamtbedarf von 114.595,5 MJ lässt sich ein durchschnittlicher Nahrungsenergiebedarf von 9,65 MJ je Einwohner und Tag ableiten, dies entspricht einem Jahresbedarf von etwa 3.522,3 MJ **(= 979,2 kWh [1])** je Einwohner. Insgesamt beträgt der Bedarf an Nahrungsenergie der Bevölkerung pro Tag 114.595,5 MJ **(= 31.857,5 kWh [1])** und somit pro Jahr etwa 41.827.358 MJ **(= 11.628 MWh [1])**.

Diskussion:
Zur Kontrolle der Plausibilität des ermittelten Nahrungsenergiebedarfs in Vilsbiburg werden Ergebnisse vorheriger Erhebungen vergleichend gegenübergestellt. Die Gegenüberstellung der Erhebungen zeigt, dass die jeweils ermittelten Werte relativ nahe beieinander liegen und unterstreicht somit die Plausibilität des für Vilsbiburg ermittelten Nahrungsenergiebedarfs.

Vilsbiburg	(Lkrs. Landshut)	979 kWh/(EW*a)
Furth	(Lkrs. Landshut)	960 kWh/(EW*a) [2]
Schalkham	(Lkrs. Landshut)	855 kWh/(EW*a) [2]
Scheyern	(Lkrs. Pfaffenhofen)	1.017 kWh/(EW*a) [2]

[1] Herleitung: 1 MJ = 0,278 kWh, s. Tab. 52, S. 80
[2] SCHRIMPFF, 2002:5

5.2 Wärmeenergie

Die Ermittlung des Wärmeenergiebedarfs gestaltet sich als schwierig, da weder ein Wärme-Kataster, noch genauere Angaben zur Altersstruktur des Gebäudebestands in Vilsbiburg vorhanden sind (WEIXLGARTNER, 2004). Zum anderen verbietet die Größe der Stadt eine detaillierte Bedarfserhebung im Rahmen dieser Untersuchung.
Zur Ermittlung des Wärmebedarfs in Vilsbiburg wird das Ergebnis einer Erhebung in Furth von **11.300 kWh je Einwohner und Jahr** (SCHRIMPFF, 1998) zugrunde gelegt, da die Einwohnerdichte und Struktur der Gemeinden vergleichbar sind (SCHRIMPFF, 2004). Zur Kontrolle der Plausibilität des Ergebnisses wird ein mittlerer Wärmebedarf von **275 kWh/(m²*a)** aus der Wärmebedarfsermittlung Moosburg (SCHRIMPFF, 2002:7) für die Wohnflächen der Haushalte Vilsbiburgs angenommen. Der mittlere Wärmebedarf wurde abgeleitet aus den für Moosburg aufgrund der Gebäudestruktur angenommenen Werten von 250 kWh/(m²*a) für die Ermittlung des Wärmebedarfs in der Neustadt sowie der Westerberg-Siedlung und 300 kWh/(m²*a) in der Altstadt.

Gesamtwärmebedarf Vilsbiburgs errechnet nach Einwohnern:

11.300 kWh/(EW * a) * 11.875 EW = **134.188 MWh/a**

Diskussion:

Gesamtwärmebedarf Vilsbiburgs nach mittleren Wärmebedarf bezogen auf die Wohnfläche:
275 kWh/(m²*a) * 4.770 Wohnungen * (∅ Wohnfläche) 102,3 m² = **134.192 MWh/a**

Die Gegenüberstellung der beiden Berechnungsmethoden und deren Ergebnisse zeigt, dass die Abweichungen sehr gering sind (< 1 %). Hier ist jedoch anzumerken, dass bei der Berechnung des Wärmebedarfs der Haushalte die ortsansässigen Betriebe unberücksichtigt bleiben.

5.3 Elektrische Energie

Der jährliche Bedarf an elektrischer Energie in Vilsbiburg wurde bereits in der Diplomarbeit „Das Potenzial der Wasser- und Windkraft in Vilsbiburg“ untersucht. Es konnte ein Gesamtstromverbrauch von 49.521.959 kWh **(49.522 MWh)** für das Jahr 2001 ermittelt werden (OSTERMEIER, 2003:12).

5.4 Verkehrsenergie

Da eine genaue Erhebung des Verkehrsenergiebedarfs im Rahmen dieser Arbeit nicht möglich ist, wird hier ebenso wie in der Verkehrenergiebedarfserhebung Moosburg auf einen Mittelwert zurückgegriffen.
Dieser ergibt sich aus den Ergebnissen von **12.279 kWh/(EW*a)** (Seminar Schalkham) und **8.318 kWh/(EW*a)** (Diplomarbeit Scheyern) nach SCHRIMPFF, 2002:8.

Mittelwert: (12.279 kWh/(EW*a) + 8.318 kWh/(EW*a)) : 2 = **10.299 kWh/(EW*a)**

Gesamtverkehrsenergie Vilsbiburgs errechnet nach Mittelwert:

10.299 kWh/(EW*a) * 11.875 EW = **122.301 MWh/a**

Diskussion:
Um die Plausibilität des eingesetzten Mittelwerts zu veranschaulichen, wird im folgenden die jeweils mögliche Kilometerleistung für PKW mit Ottomotor sowie PKW mit Dieselmotor ermittelt.

Mögliche Kilometerleistung Pkw mit Ottomotor bei einem Durchschnittsverbrauch von 8,12 l/100 km (nach WEBER, 2001:24):
10.299 kWh : 8,6 kWh/l = 1.197,6 l (Benzin)
1.197,6 l * 100 km : 8,12 l = **14.748,8 km**

Mögliche Kilometerleistung Pkw mit Dieselmotor bei einem Durchschnittsverbrauch von 6,80 l/100 km (nach WEBER, 2001:25):
10.299 kWh : 9,8 kWh/l = 1.050,9 l (Diesel)
1.050,9 l * 100 km : 6,80 l = **15.454,4 km**

Im Vergleich dazu betrug die durchschnittliche jährliche Kilometerleistung eines Pkws in Deutschland im Jahr 1996 **12.610 km** (WEBER, 2001:25). Dieser Wert beinhaltet jedoch noch nicht den Verbrauch durch andere Fahrzeugtypen. Somit erscheint der eingesetzte Mittelwert von **10.299 kWh/(EW*a)** als brauchbar.

5.5 Zusammenfassung

Tabelle 7: Übersicht jährlicher Energiebedarf

	Energiebedarf [MWh/a]	Anteil [%]
Wärmeenergie [1]	134.188	42,2
Verkehrsenergie [2]	122.301	38,5
Elektrische Energie [1]	49.522	15,6
Nahrungsenergie [3]	11.628	3,7
Gesamt	**317.639**	**100,0**

[1] s. S. 15
[3] s. S. 16
[3] s. S. 14

In Tabelle 7 ist eine Übersicht des jährlichen Energiebedarfs der Sektoren Nahrung, Wärme, Strom und Verkehr dargestellt. Der Bedarf an **Wärmeenergie** nimmt etwa **42,2 %** des Gesamtbedarfs ein, gefolgt vom Sektor **Verkehr** mit **38,5 %**. Der Bedarf an **Elektrischer Energie** liegt mit 49.522 MWh/a **(= 15,6 %)** deutlich unter den beiden erstgenannten Sektoren. Der lebensnotwendige Bedarf an **Nahrungsenergie** nimmt mit 11.628 MWh/a nur **3,7 %** des **Gesamtenergiebedarfs von 317.639 MWh/a ein.**

6. Ermittlung des derzeitigen Potenzials

6.1 Biofeststoffe

Biogene Festbrennstoffe stellen eine vielversprechende Möglichkeit zur Deckung der Energienachfrage dar. Hierzu zählt grundsätzlich sämtliche verholzte und nicht verholzte feste Biomasse, wobei je nach Biomassefraktion nur ein gewisser Anteil der Biofeststoffe energetisch nutzbar ist. Zu unterscheiden sind weiterhin holzartige und halmgutartige Biomasse.

6.1.1 Holzartige Biomasse

Holzartige Biomasse fällt in sehr vielen Bereichen der Volkswirtschaft im Verlauf des gesamten „Lebensweges“ der stofflichen Nutzung des Werkstoffes Holz als Rückstand und/oder Nebenprodukt bzw. als Abfall an. Dieses Biomasseaufkommen ist für einen Einsatz als Energieträger in vielen Fällen gut geeignet (KALTSCHMITT & HARTMANN, 2001:95). Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass oftmals eine stoffliche Verwertung der holzartigen Biomasse aus ökonomischen und/oder ökologischen Gründen sinnvoller ist. In Tabelle 8 wird das „Energieholz“ (s. Kap. 13.2, S. 79) entsprechend seiner Herkunft in verschiedene Kategorien eingeteilt.

Tabelle 8: Einteilung von Energieholz nach der Herkunft nach WAGNER & WITTKOPF, 2000:4

Arten des Energieholzes					
Waldenergie-holz	Holz aus Energiewäldern	Industrierest-holz	Altholz	Flurholz	Schwemmholz

6.1.1.1 Waldenergieholz

Waldenergieholz setzt sich aus den zwei folgenden Teilen zusammen: Hölzer, die im Rahmen der konventionellen Ernte von Nutzholz mit aufgearbeitet werden (Brennholz und Schwachholz), und Resthölzer, die bei der traditionellen Nutzholzaufarbeitung im Bestand verbleiben (Waldrestholz) (WAGNER & WITTKOPF, 2000:13).

Aus erntetechnischen und vor allem ökologischen Gründen kann jedoch nur ein Teil des Waldrestholzes energetisch genutzt werden. Die Komponenten Kronenderbholz, angefaulte oder stark fehlerhafte Stammabschnitte und Derbholz aus Jungbestandspflege und Jungdurchforstung sowie die Rinde des Derbholzes können bedenkenlos verwendet werden, während Reisig, Nadeln, Blätter, Blüten, Fruchtstände und Stockholz im Forstbestand verbleiben sollten, um eine nachhaltige Waldbewirtschaftung zu

gewährleisten und den Boden vor Nährstoffentzug, Devastierung und mechanischen Schäden durch Erntemaschinen zu schützen (WAGNER & WITTKOPF, 2000:18f).

Zur Berechnung des Energieholzanteils der Wälder sind Angaben zur Baumartenzusammensetzung und zum jährlichen Zuwachs der verschiedenen Baumarten nötig. Außerdem muss eine Einschätzung des jährlichen Einschlags und des Energieholzanteils, bezogen auf die jeweilige Baumart, getroffen werden.
Während Herr Blümel (Forstdienststelle Vilsbiburg) für den Stadtwald relativ genaue Daten über die Baumartenzusammensetzung aus einem Forstbetriebsgutachten von 1999 zur Verfügung stellen konnte, mussten zu den restlichen benötigten Daten sowohl von Stadtwald als auch von den Privatwäldern Annahmen und Schätzwerte herangezogen werden.

Tabelle 9: Baumartenzusammensetzung der Waldflächen nach BLÜMEL, 2003

	Stadtwald		**Privatwald**	
Baumarten	**Anteil [%]**	**Fläche [ha]**	**Anteil [%]**	**Fläche [ha]**
Fichte	31	2,2	80	710,3
Kiefer	13	0,9	5	44,4
Lärche	1	0,1	5	44,4
Summe Nadelgehölze	**45**	**3,2**	**90**	**799,1**
Buche	4	0,3	keine Angaben vorhanden	
Eiche	14	1,0		
Hainbuche	13	0,9		
Birke	13	0,9		
Linde	6	0,4		
Erle	4	0,3		
Esche	1	0,1		
Summe Laubgehölze	**55**	**3,9**	**10**	**88,8**
Gesamtsumme	**100**	**7,1**	**100**	**887,9**

Ermittlung der Waldenergieholzerträge aus Stadtwald und Privatwäldern

Erläuterung zu den Berechnungen: Um den gesamten Zuwachs der einzelnen Baumarten zu ermitteln, wird der jährliche Zuwachs pro Hektar mit der Flächengröße der einzelnen Baumart multipliziert. Der jährliche Einschlag lässt sich aus dem Gesamtzuwachs errechnen. Im Stadtwald werden nach BLÜMEL (2003) jährlich **65%**, in den Privatwäldern **70%** des Zuwachses eingeschlagen. Um die jährlich anfallende Waldenergieholzmenge, bezogen auf Baumarten, zu ermitteln, wird der jährliche Einschlag mit dem jeweiligen Waldenergieholzanteil multipliziert.

Tabelle 10: Jährlicher Einschlag in Stadtwald und Privatwäldern

Baumart	Fläche [ha]	Zuwachs [Fm/(ha*a)] [3]	Zuwachs gesamt [Fm/a]	Einschlag [Fm/a]
Stadtwald				
Fichte	2,2 [1]	10,0	22,0	14,3
Kiefer	0,9 [1]	8,0	7,2	4,7
Lärche	0,1 [1]	8,0	0,8	0,5
Summe Nadelgehölze	**3,2** [1]	**-**	**30,0**	**19,5**
Buche	0,3 [1]	6,5	2,0	1,3
Eiche	1,0 [1]	5,5	5,5	3,6
Hainbuche	0,9 [1]	4,0	3,6	2,3
Birke	0,9 [1]	4,0	3,6	2,3
Linde	0,4 [1]	4,0	1,6	1,0
Erle	0,3 [1]	6,5	2,0	1,3
Esche	0,1 [1]	5,0	0,5	0,3
Summe Laubgehölze	**3,9** [1]	**-**	**18,7**	**12,2**
Gesamtsumme	**7,1** [1]	-	**48,7**	**31,7**
Privatwälder				
Fichte	710,3 [1]	10,0	7.103,0	4.972,1
Kiefer	44,4 [1]	8,0	355,2	248,6
Lärche	44,4 [1]	8,0	355,2	248,6
Summe Nadelgehölze	**799,1** [1]	**-**	**7.813,4**	**5.469,3**
Buche	*6,5* [2]	6,5	42,3	29,6
Eiche	*22,6* [2]	5,5	124,3	87,0
Hainbuche	*21,0* [2]	4,0	83,8	58,7
Birke	*21,0* [2]	4,0	83,8	58,7
Linde	*9,7* [2]	4,0	38,7	27,1
Erle	*6,5* [2]	6,5	42,1	29,5
Esche	*1,6* [2]	5,0	8,0	5,6
Summe Laubgehölze	**88,8** [1]	**-**	**423,0**	**296,2**
Gesamtsumme	**887,9** [1]	**-**	**8.236,4**	**5.765,5**

[1] s. Tab. 9, S. 18
[2] angenommene Laubbaumartenverteilung, s. Tab. 58, S. 81
[3] BLÜMEL, 2003

Der jährliche Einschlag im Stadtwald beträgt insgesamt etwa **31,7 Fm**, in Privatwäldern kann von einem jährlichen Einschlag von **5.765,5 Fm** ausgegangen werden.

Tabelle 11: Jährlicher Waldenergieholzertrag aus Stadtwald und Privatwäldern

Baumart	Einschlag [Fm/a] [1]	Waldenergieholzanteil am Einschlag [%] [2]	Waldenergieholzmenge [Fm/a]
Stadtwald			
Fichte	14,3	15,0	2,1
Kiefer	4,7	35,0	1,6
Lärche	0,5	15,0	0,1
Summe Nadelgehölze	**19,5**	**-**	**3,8**
Buche	1,3	50,0	0,7
Eiche	3,6	50,0	1,8
Hartholz	2,6	50,0	1,3
Weichholz	4,6	50,0	2,3
Summe Laubgehölze	**12,1**	**-**	**6,1**
Gesamtsumme	**31,6**	**-**	**9,9**
Privatwälder			
Fichte	4.972,1	15,0	745,8
Kiefer	248,6	35,0	87,0
Lärche	248,6	15,0	37,3
Summe Nadelgehölze	**5.469,3**	**-**	**870,1**
Buche	29,6	50,0	14,8
Eiche	87,0	50,0	43,5
Hartholz	64,3	50,0	32,2
Weichholz	115,3	50,0	57,7
Summe Laubgehölze	**296,2**	**-**	**148,2**
Gesamtsumme	**5.765,5**	**-**	**1.018,3**

[1] s. Tab. 10, S. 19
[2] BLÜMEL, 2003

Der jährliche Waldenergieholzertrag aus dem Stadtwald beträgt etwa **9,9 Fm**. Aus den Privatwäldern können etwa **1.018 Fm** Waldenergieholz gewonnen werden.

Tabelle 12: Gesamter jährlicher Waldenergieholzertrag

Waldenergieholzmenge [Fm/a]			
	Stadtwald [1]	**Privatwald [1]**	**Potenzieller Gesamtertrag**
Nadelgehölze	3,8	870,1	873,9
Laubgehölze	6,1	148,2	154,3
Gesamtsumme	**9,9**	**1.018,3**	**1.028,2**

[1] s. Tab. 11, S. 20

Der gesamte jährliche Waldenergieholzertrag aus den Waldflächen Vilsbiburgs beträgt etwa **1.028,2 Fm**, davon sind ca. **873,9 Fm (ca. 85%)** Nadelholz und **154,3 Fm (ca. 15%)** Laubholz.

Waldenergieholztrockenmassen aus Stadtwald und Privatwäldern

Die ermittelten Waldenergieholzmengen sollen zur Vereinfachung der folgenden Arbeitsschritte von der **Raumeinheit Fm/a** in die **Gewichtseinheit t_{atro}/a** (s. Tab. 51, S. 79) umgerechnet werden. Die Laubbaumarten können bezüglich ihres Gewichts in Hartholz (Hainbuche und Esche) und Weichholz (Birke, Linde und Erle) unterteilt werden, Buche und Eiche haben ein höheres spezifisches Gewicht und werden separat berechnet.

Tabelle 13: Jährlicher Anfall an Waldenergieholztrockenmassen aus Stadtwald und Privatwäldern

Baumart	Waldenergieholz-menge gesamt [Fm/a] [1]	Waldenergieholztrockenmasse		
		[kg/Fm] bei 0% Wassergehalt [2]	[kg/a] bei 0% Wassergehalt	[t_{atro}/a]
Stadtwald				
Fichte	2,1	445	934,5	0,9
Kiefer	1,6	445	712,0	0,7
Lärche	0,1	445	44,5	0,0
Summe Nadelgehölze	**3,8**	**-**	**1.691,0**	**1,7**
Buche	0,7	680	476,0	0,5
Eiche	1,8	725	1.305,0	1,3
Hartholz	1,3	660	858,0	0,9
Weichholz	2,3	540	1.242,0	1,2
Summe Laubgehölze	**6,1**	**-**	**3.881,0**	**3,9**
Gesamtsumme	**9,9**	**-**	**5.572,0**	**5,6**
Privatwälder				
Fichte	745,8	445	331.881,0	331,9
Kiefer	87,0	445	38.715,0	38,7
Lärche	37,3	445	16.598,5	16,6
Summe Nadelgehölze	**870,1**	**-**	**387.194,5**	**387,2**
Buche	14,8	680	10.064,0	10,1
Eiche	43,5	725	31.537,5	31,5
Hartholz	32,2	660	21.252,0	21,3
Weichholz	57,7	540	31.158,0	31,2
Summe Laubgehölze	**148,2**	**-**	**94.011,5**	**94,0**
Gesamtsumme	**1.018,3**	**-**	**481.206,0**	**481,2**

[1] s. Tab. 11, S. 20
[2] STEUER, 1985:142

Aus dem Stadtwald könnten jährlich etwa **5,6 t_{atro}** und aus Privatwäldern **481,2 t_{atro}** Waldenergieholztrockenmasse gewonnen werden.

Tabelle 14: Gesamter jährlicher Anfall von Waldenergieholztrockenmasse

Waldenergieholztrockenmasse [t_{atro}/a]			
	Stadtwald [1]	**Privatwald** [1]	**Potenzieller Gesamtertrag**
Nadelgehölze	1,7	387,2	388,9
Laubgehölze	3,9	94,0	97,9
Gesamtsumme	**5,6**	**481,2**	**486,8**

[1] s. Tab. 13, S. 21

Im Gemeindegebiet Vilsbiburg fallen insgesamt pro Jahr etwa **486,8 t_{atro}** Waldenergieholz an, darunter stammen **388,9 t_{atro} (ca. 80%)** von Nadelgehölzen und etwa **97,9 t_{atro} (ca. 20%)** von Laubgehölzen.

Anmerkung:
Sowohl die jährlichen Zuwachsraten (s. Tab. 10, S. 19) als auch der Waldenergieholzanteil (s. Tab. 11, S. 20) werden relativ hoch eingeschätzt, da - vermutlich durch die hohen Depositionen von Stickstoff aus der Luft in die Wälder – seit langem ein verstärktes Wachstum erfolgt. Außerdem wird ein großer Anteil des Holzes von Schädlingen und Pilzkrankheiten, wie z.B. Rotfäule befallen, was möglicherweise auch auf die Stickstoffüberversorgung und die dadurch verursachte geringere Widerstandsfähigkeit zurückzuführen ist. Das geschädigte Holz fällt meist einer Verwertung als Brennstoff zu (BLÜMEL, 2003).

6.1.1.2 Holz aus Energiewäldern

Der Begriff Energiewald beschreibt einen aus Schnellwachsenden Baumarten bestehenden Wald, der im Kurzumtrieb mit dem Ziel einer energetischen Nutzung bewirtschaftet wird (WAGNER & WITTKOPF, 2000:94).
Schnellwachsende Baumarten verdienen ihren Namen aufgrund ihrer Raschwüchsigkeit und hohen Biomasseleistung in frühen Jahren. Außerdem zeichnen sie sich durch die Eigenschaft des Wiederaustriebs nach der Beerntung aus. Hierzulande zählen aufgrund der Standortverhältnisse Aspen, Pappeln und Weiden zu den Schnellwachsenden Baumarten. Von besonderem Interesse für die Landwirtschaft sind kurze Umtriebe (Rotationen) von 3 bis 5 Jahren zur Erzeugung von Hackschnitzeln für die energetische Nutzung und etwa 10-jährige Umtriebe zur Erzeugung von Stammholz für die Papier- und Spanplattenherstellung (WAGNER & WITTKOPF, 2000: 39).

Energiewälder bieten viele positive Aspekte: Der Anbau Schnellwachsender Baumarten in Kurzumtriebswirtschaft erlaubt eine sinnvolle ackerbauliche Nutzung von landwirtschaftlichen Flächen, die derzeit nicht für die Nahrungsmittelproduktion benötigt werden. Weiterhin liefern sie einen Beitrag zur Sicherstellung der nachhaltigen und umweltverträglichen Bereitstellung von Holz für eine energetische und stoffliche Nutzung. Die energetische Nutzung von Holz aus Kurzumtriebsplantagen weist neben dem großen CO_2-Minderungspotenzial ein sehr günstiges Energie-Input/Output-Verhältnis auf.

Kurzumtriebsplantagen sind ökologisch wertvoll durch ihre Schutzfunktion für Flora, Fauna, Boden und Gewässer und sie können durch ihre landschaftsgestalterische Wirkung zur Vernetzung von Biotopen beitragen und den Erholungswert einer Region steigern (SCHÜTTE, 1999:11).
Nach dem LWF-Projekt „Anbauversuche mit Schnellwachsenden Baumarten im Kurzumtrieb“ kann von einer durchschnittlichen Massenleistung von **8-10 t_{atro}/(ha*a)** ausgegangen werden. Die Erntemassen hängen stark vom Wasserhaushalt des Bodens und der jeweiligen Umtriebsperiode ab. So übertreffen die Leistungen der zweiten Rotation bei weitem die erste, da den Bäumen bereits ein komplettes Wurzelsystem zur Verfügung steht (WAGNER & WITTKOPF, 2000: 39). In Abhängigkeit von der Art der Rotationsperioden, eingesetzten Pflanzenarten, Anbautechnik und Boden ist beispielweise bei einigen Klonen der Balsampappeln eine durchschnittliche Trockensubstanzproduktion von **12 t_{atro}/(ha*a)** zu erwarten (DIMITRI, 1993:161).

Nach Auskunft von Herrn Oßner (2004), Mitarbeiter des zuständigen Landwirtschaftsamts, bestehen im Gemeindegebiet Vilsbiburg derzeit **keine Kurzumtriebsplantagen**. In der Nachbargemeinde Velden und in der nahegelegenen Gemeinde Buch am Erlbach werden jedoch bereits Schnellwachsende Baumarten angebaut.

6.1.1.3 Industrierestholz

Industrierestholz ist ein Abfallprodukt der holzbe- und holzverarbeitenden Industrie. Es wird unterschieden zwischen Rinde, Stückholz, Hackschnitzel, Hobel- und Sägespäne, Sägemehl und Feinstaub. Das Stückholz wird teilweise zu Hackschnitzeln zerkleinert (WAGNER & WITTKOPF, 2000:41).
Für die meisten Industrierestholzsortimente gilt, dass aus ökonomischen Gründen eine stoffliche Nutzung wegen der höheren Erlöse bzw. wegen der höheren Wertschöpfung bevorzugt wird, so dass nur ein Teil des anfallenden Industrierestholzes für eine energetische Nutzung verfügbar ist. Der jeweils energetisch nutzbare Anteil des Industrierestholzes wird dabei vor allem durch die jeweilige Marktlage für Holzrohstoffe, Energieträger (einschließlich der fossilen Konkurrenzenergien) und ggf. für die entsprechenden Entsorgungsaufwendungen bestimmt (KALTSCHMITT & HARTMANN, 2001:105).

Um das jährliche Aufkommen von Industrierestholz in Vilsbiburg zu ermitteln, wurden die gemeindeansässigen Sägewerke und Schreinereien befragt. So konnten Schätzwerte zu

den jährlich anfallenden Industrierestholzmengen in Erfahrung gebracht werden. Einige Schreinereien gaben jedoch an, dass die Reststoffe je nach Auftragslage von Jahr zu Jahr sehr unterschiedlich sein könnten. Eine Unterscheidung der jährlich anfallenden Resthölzer nach Sorten erwies sich meist als schwierig, daher wurde auf eine genauere Unterteilung verzichtet. Während die Sägewerksbetreiber einen Großteil ihres Industrierestholzaufkommens verkaufen, nutzen alle befragten Schreinereien ihre Holzabfälle zur Deckung des eigenen Wärmebedarfs (z.B. Werkstatt, Trockenkammer, Wohnhaus). In den Tabellen 15 und 16 sind die geschätzten jährlich anfallenden Restholzmengen der Sägewerke und Schreinereien, unterteilt nach Nadel- und Laubholz, im Gemeindegebiet Vilsbiburg dargestellt.

Tabelle 15: Jährlich anfallende Industrierestholzmengen der Sägewerke und Schreinereien

	Industrierestholzmenge [Srm/a]		
	Eigenbedarf Betreiber [1]	**Vermarktbare Menge** [1]	**Gesamtsumme**
Nadelholz	131,0	19.578,4	19709,4
Laubholz	6,2	66,7	72,9
Summe Sägewerke	**137,2**	**19.645,1**	**19.782,3**
Nadelholz	228,1	-	228,1
Laubholz	163,7	-	163,7
Summe Schreinereien	**391,8**	**-**	**391,8**
Gesamtsumme	**529,0**	**19.645,1**	**20.174,1**

[1] nach Angaben der Sägewerks- und Schreinereibetreiber, s. Ansprechpartner

Gemeindeweit werden in Sägewerken etwa **19.782,3 Srm/a** Industrierestholz gewonnen, davon werden etwa **137,2 Srm/a** zur Deckung des eigenen Wärmebedarfs verwendet, **19.645,1 Srm/a** stehen für eine Vermarktung im stofflichen sowie energetischen Bereich zur Verfügung. In den ortsansässigen Schreinereien fallen etwa **391,8 Srm/a** Industrierestholz an, diese Menge kommt jedoch vollständig der Deckung des eigenen Wärmebedarfs der Betreiber zu. Die ermittelten Mengen sollen zur Vereinfachung der folgenden Arbeitsschritte von der Raumeinheit Srm/a in die Gewichtseinheit t_{atro}/a (s. Kap. 13.1) umgerechnet werden. Für Laubholz und Nadelholz werden jeweils durchschnittliche Raumgewichte, bezogen auf die Raumeinheit Srm, angenommen.

Tabelle 16: Jährlicher Anfall an Industrierestholztrockenmassen aus Sägewerken und Schreinereien

Kategorie	Industrierest-holzmenge [Srm/a] [1]	Industrierestholztrockenmasse		
		[kg/Srm] bei 0% Wasser-Gehalt [2]	[kg/a] bei 0% Wasser-gehalt	[t_{atro}/a]
Eigenbedarf Betreiber				
Nadelholz	131,0	183	23.973,0	24,0
Laubholz (Hartholz)	6,2	272	1.686,4	1,7
Summe Sägewerke	**137,2**	**-**	**25.659,4**	**25,7**
Nadelholz	228,1	183	41.742,3	41,7
Laubholz (Hartholz)	163,7	272	44.526,4	44,5
Summe Schreinereien	**391,8**	**-**	**86.268,7**	**86,3**
Summe Eigenbedarf	**529,0**	**-**	**111.928,1**	**111,9**
Vermarktbare Menge				
Nadelholz	19.578,4	183	3.582.847,2	3.582,8
Laubholz (Hartholz)	66,7	272	18.142,4	18,1
Summe Sägewerke	**19.645,1**	**-**	**3.600.989,6**	**3.601,0**
Summe Schreinereien	**-**	**-**	**-**	**-**
Summe Vermarktbare Menge	**19.645,1**	**-**	**3.600.989,6**	**3.601,0**
Gesamtsumme	**20.174,1**	**-**	**3.712.917,7**	**3.712,9**

[1] s. Tab. 15, S. 24

[2] ermittelt auf der Grundlage der spezifischen Gewichte nach STEUER (1985:142) und dem Umrechnungsfaktor von 2,43 für Fm zu Srm (s. Tab. 51, S. 79)

Berechnung: Nadelholz 445 kg/Fm : 2,43 = 183 kg/Srm
Hartholz 660 kg/Fm : 2,43 = 272 kg/Srm

In den Sägewerken und Schreinereien Vilsbiburgs entstehen jährlich etwa **3.712,9 t_{atro}** Restholz, davon werden etwa **111,9 t_{atro}** von den Betreibern selbst zur Wärmegewinnung eingesetzt, die restlichen **3.601 t_{atro}** können sowohl einer stofflichen als auch einer energetischen Nutzung zugeführt werden. Nach einer vorsichtigen Einschätzung von Herrn Mooser, der bei der ortsansässigen restholzverarbeitenden und -vermarktenden Fa. Blieninger tätig ist, beträgt der derzeitige Anteil der stofflichen Nutzung von Sägerestholz in ihrem Betrieb etwa **85%**, der energetischen Verwertung kommen etwa **15%** zu. Von dieser Einschätzung ausgehend, würden jährlich etwa 3.060,9 t_{atro} Industrierestholztrockenmasse für eine stoffliche Verwendung zur Verfügung stehen, **540,2 t_{atro}** könnten einer **energetischen Nutzung** zugeführt werden.

6.1.1.4 Altholz

Im Sinne der am 01.03.2003 in Kraft getretenen neuen Altholzverordnung wird der Begriff Altholz in Industrierestholz und Gebrauchtholz unterteilt. Da das Industrierestholzpotenzial

in dieser Arbeit bereits als eigene Energieholzart behandelt wurde, ist im Folgenden bei der Verwendung des Begriffes Altholz von Gebrauchtholz die Rede.
In einer Untersuchung der Ökotech GmbH von 2001 wurde ebenfalls klar zwischen Altholz und Restholz unterschieden. Als Fazit dieser Untersuchung ist festzuhalten, dass sich der Altholzmarkt in Deutschland bis zum Jahr 2005 aufgrund der technischen Anleitung (TA) Siedlungsabfall stark verändern wird (INTERNET (3)). Altholz darf ab diesem Zeitpunkt nicht mehr deponiert und der Export soll begrenzt werden, daher gehen Sundermann et al. (1999) von einem Ausbau der stofflichen und thermischen Verwertungskapazitäten für Altholz aus (WAGNER & WITTKOPF, 2000:53).
Während die Verwertung von Restholz und Waldholz relativ unproblematisch ist, bestehen für die Verwertung von Altholz in Deutschland aufgrund der Schadstoffgehalte von behandeltem Holz strenge Anforderungen. Das gilt sowohl für die Verwertungs- als auch für die Entsorgungsanlagen. Holzabfälle, die nicht stofflich verwertet werden können, sollen vorrangig energetisch verwertet werden, wobei die jeweiligen immissionsschutzrechtlichen Bestimmungen zu beachten sind. Nach der Altholzverordnung werden je nach Belastung vier Altholzkategorien unterschieden (INTERNET (3)), für eine Vertiefung wird auf die angegebene Quelle verwiesen.

Nach der Untersuchung der Ökotech GmbH von 2001 wurde ein einwohnergewichteter bundesdeutscher Durchschnittswert von 94,1 kg/(EW*a) ermittelt. Aufgrund stärkerer Bautätigkeit und höherem Anfall an Sperrmüll lagen die einwohnerspezifischen Aufkommenswerte in den Neuen Bundesländern zu dieser Zeit noch deutlich darüber. Mittelfristig ist jedoch aufgrund von konjunkturellen Einbrüchen im Baugewerbe und durch Abschluss von Entrümpelungen mit einer Angleichung der Aufkommenswerte an die Alten Bundesländer zu rechnen (INTERNET (3)).

Tabelle 17: Einwohnerspezifische Aufkommen an Altholz nach Herkunft, getrennt nach Alten und Neuen Bundesländern (INTERNET (3))

	Einheit	Altholzpotenzial nach Herkunft			
		Bau- und Abbruchholz	Verpackungs-holz	Möbel und Sonstiges	Gesamt
Alte Bundesländer	[kg/(EW*a)]	51,5	14,5	16,1	**82,1**
Neue Bundesländer	[kg/(EW*a)]	99,3	14,5	32,2	146,0
Bundesdeutscher Durchschnitt	[kg/(EW*a)]	60,4	14,5	19,1	94,1

Zur Ermittlung des Altholzpotenzials wird von dem einwohnerspezifischen Altholzaufkommen der Alten Bundesländer, also **82,1 kg/(EW*a)** ausgegangen. Durch Multiplikation des Altholzaufkommens je Einwohner und Jahr mit der derzeitigen

Einwohnerzahl Vilsbiburgs (11.875) ergibt sich eine gesamte jährlich anfallende **Altholzmenge von 974.937,5 kg/a**.

Bezüglich der zukünftigen Entwicklung ist mit einer deutlichen Trendwende der derzeitigen Entsorgungspraxis zu rechnen. Gemäß der TA-Siedlungsabfall darf Holz ab 2005 aufgrund des hohen Glühverlustes nicht mehr deponiert werden. Die konsequenterweise forcierte Verwertung von Altholz wird sich aufgrund der Schadstoffgehalte der behandelten Hölzer aus Rückbau- und Sanierungsmaßnahmen sowie aus Möbeln vorwiegend auf die **energetische Verwertung** von Altholz konzentrieren **(ca. 62 %)**, während die stoffliche Verwertung den unbehandelten bzw. unbelasteten Altholzmengen vorbehalten bleiben dürfte (ca. 38 %). Von den im Jahr 2005 anfallenden Altholz könnten also voraussichtlich **etwa 604.461 kg energetisch verwertet** werden, während für die stoffliche Verwertung im Rahmen einer konservativen Abschätzung im Höchstfall etwa 370.476 kg verwendet werden (INTERNET (3)).

6.1.1.5 Flurholz

Flurholz fällt bei der Pflege von Bäumen und Sträuchern an, die nicht im Wald oder in Energieholzplantagen wachsen. In Anlehnung an HARTMANN und STREHLER (1995) sowie RÖSCH (1996) wird das Flurholz in verschiedene Gruppen unterteilt (s. Tab. 18).

Tabelle 18: Unterteilung Flurholz nach WAGNER & WITTKOPF,2000:55

Flurholz					
Feldgehölze und Hecken	Sonder-kulturen	Bäume und Sträucher in Gemeinden	Straßenbegleit-gehölze	Eisenbahn-begleitgehölze	Gewässerrand-gehölze

Feldgehölze und Hecken

Feldgehölze werden normalerweise nicht regelmäßig beschnitten, sondern aus Alters- oder Gesundheitsgründen gefällt. Daher kann kein Potenzial abgeschätzt werden. Hecken werden aus Gründen der Landespflege regelmäßig gepflegt, in dem Teile bzw. die gesamte Hecke auf den Stock gesetzt wird, dabei fällt die Biomasse konzentriert an (WAGNER & WITTKOPF, 2000:55). Aus den Luftbildern des Gemeindegebiets konnte ermittelt werden, dass der größte Anteil der Hecken den nachfolgenden Kategorien Straßen- und Eisenbahnbegleitgehölze, Gewässerrandgehölze sowie Bäume und Sträucher in Gemeinden zukommt und somit **dort erfasst** wird. Die Pflege von Feldgehölzen und Hecken in der Agrarlandschaft, zum Beispiel an Feldwegen obliegt den jeweiligen Grundstückseigentümern. Es wird angenommen, dass der anfallende

Gehölzschnitt in der Regel über den **Wertstoffhof entsorgt** wird und somit **unter der Kategorie „Bäume und Sträucher in Gemeinden – Private Pflege“ erfasst** wird.

Sonderkulturen

Land- und forstwirtschaftliche Sonderkulturen, gemeint sind Obstanlagen, Streuobstwiesen und Baumschulen, liefern bei Pflegemaßnahmen ebenfalls holzartige Biomasse, welche energetisch nutzbar ist. Die Fläche der extensiv genutzten Obstbestände soll jedoch nicht in die Berechnung des Holzpotenzials miteinbezogen werden, da diese Bestände meist sehr wenig gepflegt werden. RÖSCH (1996) schätzt das Aufkommen bei der Pflege von land- und forstwirtschaftlichen Sonderkulturen auf **2 $t_{50\%}$/(ha*a)** (s. Kap. 13.1). Unter Annahme eines Nutzungssatzes von **80 %** wird das Biomassepotenzial der Sonderkulturen errechnet (WAGNER & WITTKOPF, 2000:56). In Vilsbiburg bestehen derzeit **0,54 ha** Streuobstfläche (extensiv) und **1,25 ha** Baumschulfläche, jedoch keine Obstanlagen in Vollanbau (PRAMPS, 2004).

Berechnung: 1,25 ha * 2 $t_{50\%}$/(ha*a) * 0,8 = **2 $t_{50\%}$/a**

2 $t_{50\%}$/a : 1,7 = **1,2 t_{atro}/a** (Umrechnungsfaktor 1,7, s. S. 80)

Dem Potenzial wird also nur der jährliche Ertrag von **1,2 t_{atro}/a** aus Baumschulen zugerechnet.

Bäume und Sträucher im Gemeindegebiet

Dieser Gruppe werden zum einen Gehölze zugerechnet, deren Pflege der Gemeinde obliegt. Damit wird das jährliche Pflegeholzaufkommen der kommunalen Grünanlagen, Friedhöfe und Straßenbegleitgehölze der Gemeindestraßen erfasst. Nach WIRTMÜLLER kommen bereits zwei Drittel des kommunalen Gehölzschnitts einer Nutzung als Hackschnitzel in einem Heizkraftwerk in der Gemeinde Bodenkirchen zu, der andere Teil wird über den Wertstoffhof der Firma Fedlmeier kompostiert. Auch der anfallende Gehölzschnitt privater und weiterer regelmäßiger Zulieferer des Wertstoffhofs aus Vilsbiburg soll hier erfasst werden. Da derzeit keine getrennte Annahme des Grünguts durch den Wertstoffhof erfolgt, beinhalten die ermittelten Zahlen (s. Tab. 19) sowohl Gehölzschnitt als auch krautiges bzw. halmgutartiges Material. Nach Einschätzung Herrn Fedlmeiers kann davon ausgegangen werden, dass sich das angelieferte Grüngut aus zwei Dritteln Gehölzschnitt und einem Drittel krautigem bzw. halmgutartigem Material zusammensetzt. Das Pflegeholzaufkommen aus kommunaler Pflege konnte dagegen

relativ genau angegeben werden. In Tabelle 19 werden die jährlich anfallenden Pflegeholzmengen ermittelt.

Tabelle 19: Grüngutaufkommen Vilsbiburg und jährlich erzielbare Ertragsmasse Gehölzschnitt

Herkunft Grüngut	Jährliche Grüngut-menge [m³/a]	dar. Gehölz-schnitt [m³/a]	dar. krautige bzw. halmgut-artige Biomasse [m³/a]	Ertragsmasse Gehölzschnitt bei 50 % Wassergehalt [$t_{50\%}$/a] [7]	Ertragsmasse Gehölzschnitt bei 0 % Wassergehalt [t_{atro}/a] [8]
Kommunale Pflege	1.178	400 [1]	778 [1]	40,0	23,5
Private Pflege	2.500 [2]	1.667 [3]	833 [3]	166,7	98,1
Stadtwerke Vilsbiburg	20	-	20 [4]	-	-
Baugenossenschaft Vilsbiburg	196 [5]	131 [3]	65 [3]	13,1	7,7
Pfarrkirche Vilsbiburg	135 [6]	90 [3]	45 [3]	9,0	5,3
Gesamtsumme	**4.029**	**2.288**	**1.741**	**228,8**	**134,6**

[1] WIRTMÜLLER, 2004
[2] FEDLMEIER C., 2004
[3] Einschätzung nach FEDLMEIER A., 2004 Gehölzanteil im Grüngut zwei Drittel
Krautige bzw. halmgutartige Anteile im Grüngut ein Drittel
[4] THUN, 2004
[5] WETZEL, 2004
[6] HEILMER, 2004
[7] Erfahrungswert nach GERSTL, 2004 10 m³ ungehäckseltes Holz entsprechen ca. 1 $t_{50\%}$
→ Gehölzschnitt m³/a : 10 m³/$t_{50\%}$ = Gehölzschnitt in $t_{50\%}$/a
[8] Umrechnungsfaktor 1,7, s. S. 80

In Vilsbiburg kann von einer jährlichen Grüngutmenge von **4.029 m³**, darunter **2.288 m³** Gehölzschnitt ausgegangen werden. Die Gehölz-Ertragsmasse beträgt etwa **228,8 t** bei einem Wassergehalt von 50 % (Frischmasse), dies entspricht etwa **134,6 t** Trockenmasse. Die hier bereits ermittelten krautigen bzw. halmgutartigen Grüngutmengen werden dem Biogaspotenzial zugerechnet (s. Kap. 6.2.3, S. 37).

Straßenbegleitgehölze: Gehölzschnitt an Kreis-, Bundes- und Staatsstraßen

Das Pflegeholzaufkommen an Gemeindestraßen wurde bereits unter den kommunalen Gehölzschnittmengen erfasst (s. Tab. 19). Die Gehölzpflege an Kreisstraßen obliegt der Straßenmeisterei Vilsbiburg. Zu den Pflichtaufgaben der Straßenmeisterei des Landkreises Landshut gehört die regelmäßige Pflege von bundes- und staatsstraßenbegleitenden Bäumen und Sträuchern. Das anfallende Pflegeholz verbleibt oft in gehäckselter Form am Straßenrand oder wird je nach Qualität zu Hackschnitzeln bzw. Brennholz verarbeitet (WINDSCHIEGL, 2004). Da keine Angaben zu den jährlich anfallenden Gehölzschnittmengen im Gemeindegebiet Vilsbiburg verfügbar sind, erscheint eine Abschätzung nach DINTER und MORITZ (zitiert nach WAGNER & WITTKOPF, 2000:58) als zielführend. So wird von einer Gehölzfläche von durchschnittlich **0,2 ha pro km** und einer jährlichen Nutzung von **4,1 $t_{50\%}$ pro ha** ausgegangen. Die Straßenlängen konnten durch eigene Erhebungen ermittelt werden (s. Karte 2).

Tabelle 20: Gehölzschnittgutaufkommen bei der Pflege von Straßenbegleitgehölzen

	Bundes-, Landes-, Kreisstraßen	Gesamtlänge Straßen [km]	Ermittelte Gehölzfläche Vilsbiburg [ha]	Ertragsmasse Gehölzschnitt bei 50 % Wassergehalt [$t_{50\%}$/a]	Ertragsmasse Gehölzschnitt bei 0 % Wassergehalt [t_{atro}/a]
Gehölzfläche	0,2 ha/km [1]	48 [2]	9,6 [3]	-	-
Jährliche Nutzung	4,1$t_{50\%}$/(ha*a) [1]	-	-	**39,4** [4]	**23,2** [5]

[1] DINTER und MORITZ (1987), zitiert nach WAGNER & WITTKOPF, 2000:58
[2] eigene Erhebung mit Hilfe des GIS-Programms Arc View 3.2, s. Karte 2
[3] Berechnung: 48 km * 0,2 ha/km = 9,6 ha
[4] Berechnung: 4,1 $t_{50\%}$/(ha*a) * 9,6 ha = 39,4 $t_{50\%}$/a
[5] Umrechnungsfaktor 1,7, s. S. 80

Eisenbahnbegleitgehölze: Gehölzschnitt an der Eisenbahnstrecke

Für die Gehölzpflege entlang der Bahnstrecke ist die Süd Ost Bayern Bahn AG zuständig. Ausgeführt werden die Pflegearbeiten von der Dienstleistungsabteilung DB Services Südost GmbH (Bereich Fahrwegdienste). Die Bahnstrecke der Bahnlinie Landshut - Mühldorf - Salzburg hat innerhalb des Gemeindegebiets Vilsbiburg etwa eine Länge von **7,4 km**. Diese wird an beiden Seiten von einem Gehölzstreifen mit einer durchschnittlichen Breite von **2 m** begleitet. Es kann von einem jährlichem Zuwachs von **7 $t_{50\%}$/(ha*a)** ausgegangen werden (KNOLLMÜLLER, 2004).

Berechnung: 7,4 km * (2 * 2 m) = 3,0 ha
3,0 ha * 7 $t_{50\%}$/(ha*a) = **21 $t_{50\%}$/a**
21 $t_{50\%}$/a : 1,7 = **12,4 t_{atro}/a** (Umrechnungsfaktor 1,7, s. S. 80)

Jährlich fallen etwa **21 $t_{50\%}$** Gehölzschnitt entlang der Bahnstrecke im Gemeindegebiet Vilsbiburg an. Dies entspricht etwa **12,4 t_{atro}**. Nach Angaben Herrn Knollmüllers verbleibt das anfallende Pflegeholz entweder gehäckselt auf der Fläche oder kommt in Form von Hackschnitzeln einer energetischen Nutzung in Heizkraftwerken zu.

Gewässerrandgehölze

Die Pflege von Gehölzen an der Großen Vils (Fließgewässer 2. Ordnung) im Gemeindegebiet Vilsbiburg ist Aufgabe des Wasserwirtschaftsamtes (WWA) Landshut. Nach Auskunft des zuständigen Mitarbeiters des WWA, Herrn Lehner erfolgen die Pflegemaßnahmen nur bei Bedarf, z.B. bei instabilen Bäumen. Das Aufkommen von Biomasse aus der Pflege von gewässerbegleitenden Gehölzen ist daher sehr unregelmäßig und relativ gering. Daher wird auf eine Potenzialabschätzung verzichtet. Ebenso verhält es sich bei der Gehölzpflege an Bächen (Gewässer 3. Ordnung). Hier ist die Gemeinde zuständig, die Pflegearbeit wird vom Stadtbauhof ausgeführt. Herr

Wirtmüller, Mitarbeiter des Stadtbauhofs gab an, dass der jährliche Gehölzschnitt an Bächen meist sehr gering ausfällt und somit **vernachlässigbar** ist.

In Tabelle 21 werden die ermittelten Ergebnisse des Flurholzaufkommens in Vilsbiburg zusammengefasst.

Tabelle 21: Zusammenfassung des jährlichen Flurholzaufkommens

Flurholz	Flurholztrockenmasse [t_{atro}/a]
Feldgehölze und Hecken [1]	-
Sonderkulturen [2]	1,2
Bäume und Sträucher im Gemeindegebiet [3]	134,6
Straßenbegleitgehölze [4]	23,2
Eisenbahnbegleitgehölze [4]	12,4
Gewässerrandgehölze [5]	-
Gesamtsumme	**171,4**

[1] s. S. 27
[2] s. S. 28
[3] s. S. 29
[4] s. S. 30
[5] s. S. 30f

6.1.1.6 Schwemmholz

Holz, das an Flussauen oder Bächen wächst, fällt nicht nur beim direkten Pflegeschnitt durch landschaftspflegerische Maßnahmen an, es kann auch durch natürliche Einträge in die Fließgewässer gelangen, z.B. durch Hochwasser oder Sturmeinwirkung. Dieses sogenannte Schwemmholz wird in den Rechenanlagen wasserbaulicher Einrichtung abgeschieden und muss einer Verwertung bzw. Entsorgung zugeführt werden. Das Material ist meist in seiner Zusammensetzung mit Altholz vergleichbar, da oft Fremdstoffe (z.B. Verpackungsmüll) an den Rechenanlagen abgeschieden werden (KALTSCHMITT & HARTMANN, 2001:104).

Nach Angaben der Wasserkraftwerksbetreiber Vilsbiburgs werden vor allem Äste angeschwemmt, nur selten kleinere Stämme. Die Abschätzung des jährlichen Schwemmholzanfalls ist dadurch erschwert, dass die Biomasse nicht kontinuierlich in bestimmten Mengen antreibt, sondern verstärkt nach Hochwasser oder Stürmen angeschwemmt wird, daher konnten nur grobe Schätzwerte genannt werden. Nach Einschätzung der ortsansässigen Wasserkraftwerksbetreiber fallen in Vilsbiburg jährlich etwa **60 Srm** Schwemmholz an. In Tabelle 22 wird das Trockengewicht des Schwemmholzes ermittelt.

Tabelle 22: Jährlich anfallende Schwemmholztrockenmasse

	Schwemmholz-Menge [Srm/a]	Schwemmholztrockenmasse		
		[kg/Srm] bei 0% Wassergehalt	[kg/a] bei 0% Wassergehalt	[t_{atro}/a]
Gesamtsumme	60 [1]	247 [2]	**14.820,0**	**14,8**

[1] nach Angaben Wasserkraftwerksbetreiber, s. Ansprechpartner

[2] ermittelt auf der Grundlage der spezifischen Gewichte nach STEUER (1985:142) und dem Umrechnungsfaktor für Fm zu Srm von 2,43 (s. Tab. 51, S. 79) Berechnung: Hartholz 660 kg/Fm : 2,43 = 272 kg/Srm
Weichholz 540 kg/Fm : 2,43 = 222 kg/Srm
Mittel 247 kg/Srm

Es kann davon ausgegangen werden, dass vor allem Laubholz angeschwemmt wird, daher erfolgt die Gewichtsberechnung unter Einsatz der spezifischen Raumgewichte von Hartholz und Weichholz. Es ergibt sich eine jährlich anfallende Schwemmholztrockenmasse von etwa **14,8 t_{atro}**.

6.1.2 Halmgutartige Biomasse

Halmgutartige Biomasse kann sowohl als Reststoff aus der Landwirtschaft (Stroh) sowie aus privatem und öffentlichen Grünschnitt als auch aus gezieltem landwirtschaftlichen Energiepflanzenanbau stammen. Halmgutartige Biomasse, die derzeit im Gemeindegebiet Vilsbiburg anfällt und für eine energetische Nutzung in Frage kommt, wird vollständig dem Biogassektor zugerechnet (s. Kap. 6.2.2 und 6.2.3). Eine landwirtschaftliche Produktion von halmgutartiger Biomasse als Festbrennstoff findet derzeit nicht statt. Eine mögliche Nutzung von Ernterückständen der Vilsbiburger Ackerflächen als Brennstoff wird nicht angedacht. Nicht direkt als Stalleinstreu verwendetes Stroh soll zum Humusaufbau und zur Aufrechterhaltung der Fruchtbarkeit und des Organismenmilieus der Böden auf den Feldern verbleiben. Nachfolgend wird eine vielversprechende festbrennstoffliefernde Energiepflanze vorgestellt, die der Kategorie „Halmgutartige Biomasse“ angehört.

6.1.2.1 Chinaschilf *(Miscanthus sinensis)*

Als Neuling bei den halmgutartigen Brennstoffen hat Chinaschilf einen aussichtsreichen Platz erobert. Chinaschilf zählt wie die heimischen Getreidearten zur botanischen Familie der Süßgräser. Es unterscheidet sich von diesen aber dadurch, dass es mehrjährig ist. Daher wird es als Dauerkultur angepflanzt und lässt sich nicht in die jährliche Fruchtfolge eingliedern. Als Energiepflanze ist Chinaschilf vor allem deswegen interessant, weil sein Massenzuwachs weit über dem von Getreide oder sonstigen Energiepflanzen hinausgeht. Je mehr Energie pro Hektar geerntet werden kann, umso wirtschaftlicher ist der Anbau. Chinaschilf wird als Dauerkultur für einen Nutzungszeitraum von 15 bis 20 Jahren angelegt. Die Anlage der Kultur ist in den ersten drei Jahren mit hohen Kosten und

geringen Erträgen verbunden. Trockene Sommer können zu erheblichen Ertragseinbußen führen, da Chinaschilf einen hohen Wasserbedarf hat. Das maximale Ertragspotenzial erreicht Chinaschilf erstmals im vierten Jahr nach Anlage der Kultur. Je nach Boden und Klima können dann jährlich zwischen **15 und 30 t/ha** Trockenmasse erzielt werden (BONK et al., 1998:207-209). Chinaschilf wächst bis zu 3 m hoch und gehört zu den C_4-Pflanzen, deren Biomasseproduktion durch die Zwischenspeicherung von Kohlenstoff besonders hoch ist (BONK et al., 1998:227).

Nach Auskunft von Herrn Oßner (2004), Mitarbeiter des Landwirtschaftsamts Landshut findet im Gemeindegebiet Vilsbiburg bisher **kein Anbau von Chinaschilf** statt.

6.1.3 Zusammenfassung der Ergebnisse

Tabelle 23: Zusammenfassung der jährlich anfallenden Biofeststoffmassen

Herkunft Biofeststoff	Jährlich energetisch nutzbarer Anfall [t_{atro}]	Anteil am gesamten Energieholz [%]
Holzartige Biomasse		
Waldenergieholz [1]	486,8	27
Holz aus Energiewäldern [2]	-	-
Industrierestholz [3]	540,2	30
Altholz [4]	604,5	33
Flurholz [5]	171,4	9
Schwemmholz [6]	14,8	1
Halmgutartige Biomasse		
Anbau Chinaschilf [7]	-	-
Gesamtsumme	**1.817,7**	**100**

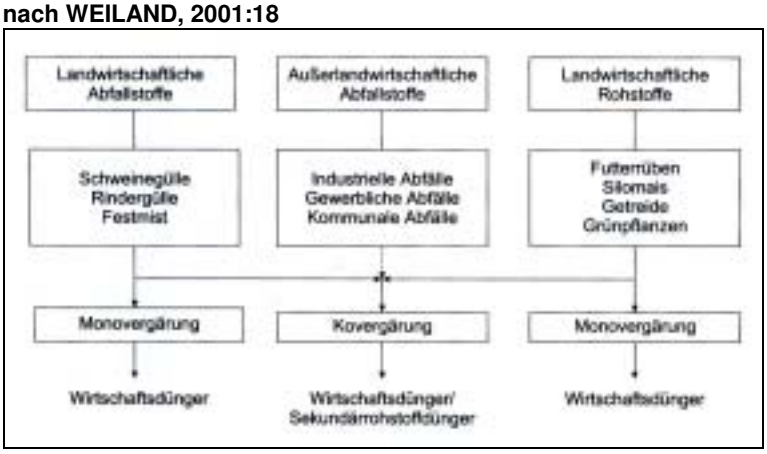
[1] s. Tab. 14, S. 22
[2] s. S. 23
[3] s. S. 25
[4] s. S. 27
[5] s. Tab. 21, S. 31
[6] s. Tab. 22, S. 32
[7] s. S. 33

In Tabelle 23 sind die jährlich anfallenden energetisch nutzbaren Biofeststoffmengen Vilsbiburgs dargestellt. Dabei wird deutlich, dass die Potenziale von **Waldenergieholz mit 27 %**, **Industrierestholz mit 30 %** und **Altholz mit 33 %** relativ nahe beieinander liegen. Der Anteil am Energieholzpotenzial ist bei **Flurholz mit 9 %** wesentlich geringer und bei **Schwemmholz** liegt dieser nur bei **1 %**. Derzeit findet in Vilsbiburg **kein Anbau** von sogenannten **Energiewäldern (Kurzumtriebsplantagen) und Chinaschilf** statt.

6.2 Biogas

Das Interesse an der Biogastechnik hat in den letzten Jahren in der Landwirtschaft, dem Anlagenbau, der Energiewirtschaft und Politik sprunghaft zugenommen, da erkannt wurde, dass sich mit einer stärkeren Nutzung der Biogastechnik vielfältige Möglichkeiten für eine nachhaltige Entwicklung im Energie-, Abfall- und Umweltbereich ergeben. Gleichzeitig können neue Einkommensquellen für die Landwirtschaft erschlossen werden. Auf eine nähere Erläuterung zur Mikrobiologie und Biochemie der Vergärung sowie zu Vergärungsverfahren muss hier verzichtet werden. Für eine Vertiefung in die Biogasthematik wird auf die jeweils angegebene Literatur verwiesen.

Abbildung 1: Unterscheidung der Substrate und Vergärungsarten nach WEILAND, 2001:18



Substrate

Für die Biogaserzeugung sind sämtliche biogenen Roh- und Reststoffe geeignet, die anaerob weitgehend abbaubar sind und Hemm- bzw. Schadstoffe in so geringer Konzentration enthalten, dass weder der Gärprozess noch die nachfolgende landwirtschaftliche Verwertung des Gärrückstands nachteilig beeinflusst wird. Neben den landwirtschaftlichen Abfallstoffen (z.B. Gülle) und Rohstoffen (z.B. Energiegras) können zusätzlich außerlandwirtschaftliche Kosubstrate aus Industrie, Gewerbe und kommunaler Entsorgung verarbeitet werden, welche einen wesentlich höheren Gasertrag als Flüssigmist erbringen. Generell ist bei gemeinsamer Verwertung von landwirtschaftlichen und außerlandwirtschaftlichen Abfällen zu beachten, dass die folgende landwirtschaftliche Verwertung der Gärrückstände dann der Bioabfallverordnung unterliegt (WEILAND, 2001:18f).

Vergärung von Energiepflanzen (Nachwachsende Rohstoffe)

Die Vergärung von Energiepflanzen kann sowohl als Monovergärung als auch in Kombination mit Gülle oder Festmist (Kofermentation) erfolgen. Auch hier ist der Gasertrag im Vergleich zu Flüssigmist wesentlich höher. Zur Vergärung sind verschiedene Wurzel- und Körnerfrüchte sowie diverse Grünpflanzen geeignet. Für die Nutzung sind hohe Massenerträge, gute Siliereigenschaften und ein weitgehend anaerober Abbau entscheidend (WEILAND, 2001:22f).

Prinzipiell ist jede Art von nicht verholzter Biomasse vergärbar, im Folgenden sollen dem Biogaspotenzial Vilsbiburgs jedoch nur derzeit in der Praxis gängige Substrate zugerechnet werden. Die potenziell nutzbaren Substratmengen und daraus gewinnbare Biogasmengen werden ermittelt. Den ermittelten Bruttobiogaserträgen wird anschließend jeweils der Energieverbrauch für die nötige Prozesswärme abgezogen. Dieser liegt je nach eingesetzter Technik zwischen 15 und 40% des erzeugten Biogases (HARTMANN, 2002:129). Zur Berechnung des Nettobiogasertrags wird daher ein mittlerer Energieverbrauch von **28 %** des erzeugten Biogases angenommen.

6.2.1 Landwirtschaftliche Abfallstoffe

In diesem Bereich sind Exkremente aus der Nutztierhaltung zur Biogasproduktion relevant. Die Grundstoffe dieser Biomassefraktionen sind Kot und Harn. Je nach Aufstallungsart der Nutztiere fallen beide Grundstoffe zusammen mit dem Einstreumaterial (meist Stroh) an, man spricht dann von Festmist. Bei Festmisthaltung werden generell höhere Erträge durch die zusätzliche Vergärung der Einstreu erzielt. Fallen Kot und Harn ohne sonstige Zusatzstoffe an (z.B. bei Spaltbodenhaltung), wird das Gemisch als Gülle bezeichnet (KALTSCHMITT & HARTMANN, 2001:116). Bei Weidehaltung können die Exkremente aus praktischer Sicht nicht genutzt werden. Da Herr Pramps (Landwirtschaftsamt Landshut) keine Auskunft über die Aufstallungsarten sowie über Weidehaltung des Viehs in Vilsbiburg geben konnte, wird für die Ermittlung der möglichen Biogaserträge von einer reinen Güllehaltung ausgegangen, Festmist- und Weidehaltung bleiben unberücksichtigt. Zur Ermittlung der möglichen Biogaserträge aus tierischen Exkrementen in Vilsbiburg wurden die Tiergruppen Rinder, Schweine und Geflügel untersucht, die Daten wurden von Herrn Pramps zur Verfügung gestellt und beziehen sich auf das Jahr 2003. Potenziale, die sich aus der Haltung von Schafen, Ziegen und Pferden zusätzlich ergeben würden, bleiben hierbei unberücksichtigt, da von einer überwiegenden Weidehaltung ausgegangen werden kann. In der Tabelle 24 werden zuerst die vorhandenen Großvieheinheiten (GVE, s. Tab. 54, S. 79) der jeweiligen Tierart und anschließend die täglich bzw. jährlich möglichen Biogaserträge errechnet. Die Gasleistungswerte pro GVE und Tag sind als Durchschnittswerte zu betrachten.

Tabelle 24: Täglich und jährlich potenziell anfallende Biogaserträge aus landwirtschaftlichen Abfallstoffen (Exkremente aus der Nutztierhaltung)

Tierart [1]	Tier-anzahl [1]	GVE je Tier [1]	GVE gesamt	Gasleistung pro GVE und Tag [m³] [2]	Biogasertrag pro Tag [m³]	Biogasertrag pro Jahr [m³]
Kälber (Zucht/Mast) bis 6 Monate	1.293	0,3	387,9		430,6	157.169,0
Rinder über 6 Monate bis 1 Jahr	1.477	0,6	886,2		983,7	359.050,5
Rinder über 1 Jahr bis 2 Jahre	2.301	0,6	1.380,6	1,11	1.532,5	559.362,5
Rinder über 2 Jahre	498	1,0	498,0		552,8	201.772,0
Kühe (Milch-, Mutter-, Ammenkühe)	1.971	1,0	1.971,0		2.187,8	798.547,0
Rindvieh gesamt	**7.540**	**-**	**5.123,7**		**5.687,4**	**2.075.901,0**
Ferkel bis unter 30 kg	4.605	0,02	92,1		81,0	29.565,0
Zuchtsauen	874	0,3	262,2		230,7	84.205,5
Jungsauen trächtig	99	0,3	29,7		26,1	9.526,5
Andere Zuchtschweine ab 50 kg	99	0,16	15,8	0,88	13,9	5.073,5
Jungschweine (Zucht/Mast) 30 kg bis unter 50 kg	2.208	0,06	132,5		116,6	42.559,0
Mastschweine ab 50 kg	3.433	0,16	549,3		483,4	176.441,0
Schweine gesamt	**11.318**	**-**	**1.081,6**		**951,7**	**347.370,5**
Legehennen über 6 Monate	184	0,004	0,7		2,6	949,0
Masthähnchen	71.200	0,0015	106,8	3,75	400,5	146.182,5
Puten	550	0,007	3,9		14,6	5.329,0
Geflügel gesamt	**71.934**	**-**	**111,4**		**417,7**	**152.460,5**
Gesamtsumme (brutto)	-	-	-	-	-	**2.575.732,0**
Abzug Prozessenergie 28 %	-	-	-	-	-	**721.205,0**
Gesamtsumme (netto)	-	-	-	-	-	**1.854.527,0**

[1] PRAMPS, 2004
[2] SCHULZ & EDER, 2001:28

Durch die Vergärung von Exkrementen aus der Rinder-, Schweine- und Geflügelhaltung können bei mittlerem Prozessenergieverbrauch jährlich etwa **1.854.527 m³ Biogas** gewonnen werden. Der Energiegehalt von Biogas ist direkt vom Methananteil abhängig, ein Kubikmeter Methan hat einen Energiegehalt von **9,94 kWh**. Ausgehend von einem mittleren Methananteil im Biogas von **60 %** beträgt der energetische Nutzen etwa **6 kWh/m³** Biogas (INTERNET (4)).

6.2.2 Landwirtschaftliche Rohstoffe

Nach Auskunft von Herrn Lobinger kann davon ausgegangen werden, dass sich auf den Vilsbiburger Stilllegungsflächen ohne Nachwachsende Rohstoffe (insgesamt **151,5 ha**) Grünbrachen befinden. Der Aufwuchs dieser Flächen könnte zur Vergärung in Biogasanlagen genutzt werden. Unter Annahme eines durchschnittlichen Ertrags von **45 t** Frischmasse je ha und Jahr (PRAMPS, 2004) sowie eines mittleren spezifischen Gasertrags von **70 m³/t** (SCHULZ, 1996:132) entspricht dies einer Biogasausbeute von

etwa **477.225 m³/a (brutto)**. Unter Abzug der für den Gärvorgang notwendigen Prozessenergie von 28 % ergibt sich eine Biogasmenge von **etwa 343.602 m³/a (netto)**.

6.2.3 Außerlandwirtschaftliche kommunale Abfallstoffe

Jährlich anfallender Grünschnitt, Klärschlamm, Bioabfälle, Speisereste, Altfette und Backwaren gehören der Kategorie der außerlandwirtschaftlichen kommunalen Abfallstoffe an.

Grünschnitt aus der kommunalen Pflege und aus privatem Bereich

Dieser Gruppe gehören die jährlich in Vilsbiburg anfallenden krautigen bzw. halmgutartigen Grüngutmengen an. Dabei wird Biomasse aus der kommunalen Pflege (z.B. öffentlicher Grünanlagen) sowie derzeit über den Wertstoffhof der Firma Fedlmeier entsorgtes Grüngut erfasst.

Tabelle 25: Grüngutaufkommen Vilsbiburg und jährlich erzielbare Biogasmengen aus krautiger bzw. halmgutartiger Biomasse

Herkunft Grüngut	Jährliche Grüngut-menge [m³/a]	dar. krautige bzw. halmgut-artige Biomasse [m³/a]	dar. Gehölz-schnitt [m³/a]	Frisch-masse krautiger /halmgut-artiger Biomasse [t/a] [7]	Durch-schnitt-licher Gasertrag [m³/t] [8]	Jährlicher Biogas-ertrag [m³/a]
Kommunale Pflege	1.178	778 [1]	400 [1]	155,6	70	10.892,0
Private Pflege	2.500 [2]	833 [3]	1.667 [3]	166,6		11.662,0
Stadtwerke Vilsbiburg	20	20 [4]	-	4,0		280,0
Baugenossenschaft Vilsbiburg	196 [5]	65 [3]	131 [3]	13,0		910,0
Pfarrkirche Vilsbiburg	135 [6]	45 [3]	90 [3]	9,0		630,0
Gesamtsumme (brutto)	**4.029**	**1.741**	**2.288**	**348,2**	**-**	**2.4374,0**
Abzug Prozessenergie 28 %	-	-	-	-	-	**6.824,7**
Gesamtsumme (netto)	-	-	-	-	-	**17.549,3**

[1] WIRTMÜLLER, 2004
[2] FEDLMEIER C., 2004
[3] Einschätzung nach FEDLMEIER A., 2004 Gehölzanteil im Grüngut zwei Drittel
Krautige und halmgutartige Anteile im Grüngut ein Drittel
[4] THUN, 2004
[5] WETZEL, 2004
[6] HEILMER, 2004
[7] Erfahrungswert nach GERSTL, 2004 5 m³ krautiger /bzw. halmgutartiger Biomasse entsprechen ca. 1 t
→ krautige bzw. halmgutartige Biomasse m³/a : 5 m³/t
= Frischmasse krautiger /bzw. halmgutartiger Biomasse in t/a
[8] SCHULZ, 1996:132

Wie bereits in Kapitel 6.1.1.5 angesprochen, erfolgt derzeit keine getrennte Annahme des Grünguts durch den Wertstoffhof, daher beinhalten die ermittelten Zahlen (s. Tab. 25) sowohl Gehölzschnitt als auch krautiges bzw. halmgutartiges Material. Nach Einschätzung Herrn Fedlmeiers kann davon ausgegangen werden, dass sich das angelieferte Grüngut aus einem Drittel krautigem bzw. halmgutartigem Material und zwei Dritteln Gehölzschnitt

zusammensetzt. Die Angaben zum Aufkommen krautiger bzw. halmgutartiger Biomasse aus kommunaler Pflege und von den Flächen der Stadtwerke sind dagegen relativ genau. In Tabelle 25 konnte ein jährliches Aufkommen krautiger bzw. halmgutartiger Biomasse von **348,2 t/a** und ein daraus jährlich erzielbarer Biogasertrag von **17.549,3 m³ (netto)** ermittelt werden.

Grünschnitt aus der Pflege von Ökoflächen

Die sogenannten Ökoflächen, die zu Naturschutzzwecken aus der landwirtschaftlichen Nutzung genommen wurden, unterliegen einer extensiven Nutzung. Für die Pflege von Ökoflächen in Vilsbiburg ist je nach Besitzverhältnis die Gemeinde Vilsbiburg bzw. der Landkreis Landshut verantwortlich. Nach Auskunft von Herrn Mooser (Untere Naturschutzbehörde Landshut) handelt es sich dabei um ökologisch wertvolle Ankaufsflächen der Stadt Vilsbiburg, ökologische Ausgleichsflächen von Stadt und Landkreis oder Ökokontoflächen.

Die Ökoflächen innerhalb der Gemeindegrenze nehmen insgesamt 13,7 ha ein und sind bis auf kleinflächige Ausnahmen Extensiv- bzw. Feucht-/Nasswiesen, die im Regelfall zweimal jährlich gemäht werden. Bei Flächen mit dem Sukzessionsziel Auwald (2 ha) entfällt die Mahd, der Aufwuchs der verbleibenden **11,7 ha** ist als vergärbare Biomasse anrechenbar. Nach MOOSER kann von einer durchschnittlichen Aufwuchsmenge von **60 dt TS/ha** und Jahr ausgegangen werden. Das Erntegut wird bisher ausnahmslos landwirtschaftlich genutzt. Die Gasleistung liegt bei **0,550 m³ Biogas pro kg organischer Trockensubstanz** (SCHULZ, 1996:132). Somit könnten durch Vergärung des anfallenden Aufwuchses der Ökoflächen jährlich **38.610 m³ Biogas (brutto)** und nach Abzug der Prozessenergie von 28 % **27.799,2 m³ Biogas (netto)** gewonnen werden. Die verwendeten Datengrundlagen stammen von Herrn Stadlöder und Herrn Mooser, die Ökoflächen sind in Karte 2 dargestellt.

Klärschlamm

Die Kläranlage Vilsbiburg wurde nach 25-jährigem Betrieb einer Generalsanierung unterzogen, die zwischen 1999 und 2001 durchgeführt wurde. Dabei wurde keine Nutzung des Klärschlamms zur Gasgewinnung vorgesehen, da Untersuchungen ergaben, dass die dazu notwendigen Investitionen in keiner Relation zum erzielbaren Nutzen stehen. Die Anlage ist auf maximal 25.000 Einwohnerwerte (EW) ausgelegt und wird derzeit mit **ca. 16.000 EW** belastet, in dieser Größenordnung ist eine Gasgewinnung nicht wirtschaftlich. Die Klärschlämme aus den Ortsteilen Seyboldsdorf, Haarbach und Frauensattling, welche ihre Abwässer zur Klärung in Erdbecken leiten (insgesamt ca. 980 EW) werden auch

wieder zur Kläranlage angeliefert. Weiterhin können einige landwirtschaftliche Betriebe ihre Klärschlammentsorgung selbst ausführen. Die Fäkalschlammentsorgung aus den bestehenden Hauskläranlagen des gesamten Gemeindegebiets sowie des südlichen Landkreises konnte geregelt werden, indem die 3-Kammer-Gruben regelmäßig entleert und anfallender Fäkalschlamm der Kläranlage Vilsbiburg zugeführt wird (NIEDERMEIER, 2004). Bei Kläranlagen liegt das Energieaufkommen aus Klärgas je angeschlossenen Einwohner bei **50 kWh/a**. Unter Annahme eines **durchschnittlichen Methangehalts von 50 %** und somit einem **Energiegehalt von ca. 5 kWh/m³** (INTERNET (5)) ergibt sich eine **Gasleistung von etwa 10 m³ pro angeschlossenen Einwohner und Jahr**. In der Kläranlage Vilsbiburg könnten also im Falle einer Umrüstung der Anlage zur Gasnutzung, welche jedoch aus planerischer und wirtschaftlicher Sicht nicht zu erwarten ist, jährlich **160.000 m³** Biogas gewonnen werden.

Bioabfall

Organische Siedlungsabfälle aus privaten Haushalten und Kommunen können im Rahmen der Kreislaufwirtschaft sowohl kompostiert, verbrannt oder vergärt werden. Nach Angaben von Frau Trummet, Abfallberaterin des Landratsamts Landshut, stehen zur jährlichen Bioabfallmenge in Vilsbiburg keine genauen Daten zur Verfügung. Es kann jedoch ein durchschnittliches Bioabfallaufkommen von **31,45 kg/(EW*a)** für den Landkreis Landshut angenommen werden. Multipliziert mit der Einwohnerzahl Vilsbiburgs von **11.875** ergibt sich ein jährliches Biomasseaufkommen von etwa **373,5 t**. Ausgehend von einem spezifischen Biogasertrag von **120 m³/t** Substrat (WEILAND, 2001:20) liegt die potenzielle Biogaserzeugung bei etwa **44.820 m³/a**. Nach Abzug der angenommenen Prozessenergie von 28 % verbleiben etwa **32.270,4 m³** Biogas.

Speisereste, Altfette und Backwaren

Zur Erhebung der jährlich anfallenden Speiserest- und Altfettmengen wurden zuerst im Gemeindegebiet tätige Entsorgungsbetriebe (Altfettentsorgung Fa. Lesch, Speiserestentsorgung Fa. Wolf und Fa. Berndt) befragt. Aus diversen Gründen konnte Fa. Berndt leider keine Angaben machen. Da auf diesem Wege nur ein geringer Anteil der relevanten ortsansässigen Gewerbebetriebe erfasst werden konnte, wurden zusätzlich Fragebögen an **10** Lebensmittelmärkte, **36** Restaurants und Gaststätten, **7** Bäckereien und **8** Metzgereien verteilt. Von insgesamt **61** ausgegebenen Fragebögen wurden **10** beantwortet. Auf eine Hochrechnung der unbekannten Mengen wird verzichtet, da festgestellt wurde, dass die Betriebsgrößen und –strukturen sowie jeweils anfallende Abfälle stark variieren und somit keine repräsentativen Mengen ermittelt werden konnten.

In Tabelle 26 sind die durch Befragung der Entsorgungsbetriebe und die durch Fragebögen ermittelten Mengen der Speisereste, Altfette und Backwaren dargestellt.

Tabelle 26: Jährliches Speiserest-, Altfett- und Backwarenaufkommen

	An-zahl	**Rücklauf-quote [%]**	**Speisereste gemischt**	**Altfette/-öle**	**Backwaren**
Entsorgungsunternehmen Fa. Lesch und Fa. Wolf [1]					
Lebensmittelmärkte	-	-	-	-	-
Restaurants, Gaststätten	7	-	6.240 l/a (≅ 3120 kg/a) [2]	3.050 kg/a	-
Bäckereien	1	-	-	200 kg/a	-
Metzgereien	-	-	-	-	-
Angaben Fragebögen [3]					
Lebensmittelmärkte	1	10	1.000 kg/a	-	-
Restaurants, Gaststätten	4	11	8.160 kg/a	800 l/a (≅ 704 kg/a) [4] 215 kg/a	-
Bäckereien	2	29	-	-	20.000 kg/a
Metzgereien	3	38	2.660 kg/a	12.000 l/a (≅ 10.560 kg/a) [4] 5.400 kg/a	-
Gesamtsumme	**18**	**-**	**14.940 kg/a**	**20.129 kg/a**	**20.000 kg/a**

[1] Angaben URBICH, 2004 und WOLF, 2004
[2] Ermittelt nach Erfahrungswert SCHMID, 2004 1Liter Speisereste entspricht etwa 0,5 kg
[3] Angaben Betriebe, Fragebögen (anonym)
[4] Ermittelt nach Erfahrungswert URBICH, 2004 100 Liter Altfett entsprechen etwa 88 kg

Anmerkung: Hier konnte nur ein Mindestaufkommen ermittelt werden. Es ist davon auszugehen, dass die tatsächlich jährlich anfallenden Speiserest-, Altfett- und Backwaren-Mengen in Vilsbiburg deutlich höher liegen.

Tabelle 27: Jährliches Speiserest-, Altfett- und Backwarenaufkommen und daraus erzielbare Biogaserträge

Art	**Jährliche anfallende Menge [t/a]** [1]	**Durchschnittlicher Gasertrag [m³/t]** [2]	**Jährlicher Biogasertrag [m³/a]**
Speisereste gemischt	14,9	220	3.278,0
Altfette-/öle	20,1	600	12.060,0
Backwaren	20,0	486	9.720,0
Gesamtsumme (brutto)	-	-	**25.058,0**
Abzug Prozessenergie 28 %	-	-	**7.016,2**
Gesamtsumme (netto)	-	-	**18.041,8**

[1] s. Tab. 26, S. 40
[2] INTERNET (4)

In Tabelle 27 werden die aus den anfallenden Mengen erzielbaren Biogaserträge errechnet. Insgesamt könnten jährlich **18.041,8 m³** Biogas (netto) gewonnen werden.

6.2.4 Zusammenfassung der Ergebnisse

Tabelle 28: Zusammenfassung erzielbarer Biogasmengen

Eingesetztes Substrat zur Biogasgewinnung	Biogasertrag (netto) [m³/a]	Energetischer Nutzen abhängig vom Methangehalt [kWh/m³]	Erzielbare energetische Leistung [MWh]	Gesamtanteil (energetisch) am Biogaspotenzial [%]
Landwirtschaftliche Abfallstoffe				
Exkremente aus der Nutztierhaltung [1]	1.854.527,0	6	11.127,2	76
Landwirtschaftliche Rohstoffe				
Aufwuchs Grünbrachen [2]	343.602,0	6	2.061,6	14
Außerlandwirtschaftliche kommunale Abfallstoffe				
Grünschnitt kommunal + privat [3]	17.549,3	6	105,3	1
Grünschnitt Ökoflächen [4]	27.799,2	6	166,8	1
Klärschlamm [5]	160.000,0	5	800,0	5
Bioabfall [5]	32.270,4	6	193,6	1
Speisereste, Altfette, Backwaren [6]	18.041,8	6	108,3	1
Gesamtsumme	**2.453.789,7**	**-**	**14.562,8**	**100**

[1] s. Tab. 24, S. 36
[2] s. S. 37
[3] s. Tab. 25, S. 37
[4] s. S. 38
[5] s. S. 39
[6] s. Tab. 27, S. 40

In Tabelle 28 sind die jährlich potenziell erzielbaren Biogasmengen und die je nach anzunehmendem Methangehalt erzielbaren energetischen Leistungen dargestellt. Bei einer Biogasgewinnung aus den in der Nutztierhaltung anfallenden Exkrementen kann das mit Abstand größte Energiepotenzial **(76 %)** erzielt werden, gefolgt von einer Biogasgewinnung durch Vergärung des Aufwuchses der Vilsbiburger Grünbrachen **(14 %)** und durch Vergärung des Klärschlamms **(5 %)**. Eine Vergärung der verbleibenden anfallenden kommunalen Abfallstoffe erbringt **jeweils nur einen Anteil von 1 %** an der insgesamt erzielbaren energetischen Leistung in Form von Biogas.

6.3 Pflanzenöle

Die Erzeugung und energetische Nutzung von Pflanzenöl gewinnt zunehmend an Bedeutung. Mit Pflanzenöl (nicht zu verwechseln mit „Biodiesel“ bzw. RME) steht uns ein flüssiger regenerativer Kraftstoff zur Verfügung, dessen Produktion, Verwendung und Entsorgung innerhalb geschlossener Stoff- und Energiekreisläufe, also regional möglich ist (s. Kap. 13.3.3.1, S. 85). Kaltgepresstes, also rohes Pflanzenöl ist die ideale Möglichkeit, Sonnenenergie in flüssiger Form zu speichern. Dessen Eignung als nachwachsender Dieselkraftstoffersatz, sowie als Substitut bestimmter Mineralölprodukte ist ausreichend nachgewiesen (SERGIS-CHRISTIAN, 1999:10).

Der Anbau von Ölpflanzen in Vilsbiburg beschränkt sich derzeit auf Winterraps (PRAMPS, 2004). Aber auch Rübsen, Senf, Ölrettich, Crambe, Ölrauke, Sonnenblume, Öl-Lein, Leindotter, Mohn und andere mehr kommen zur Gewinnung von Pflanzenöl in Frage (DAMBROTH, 1993:59). Bei der Ölgewinnung aus Ölpflanzen verbleibt grundsätzlich ein Teil des enthaltenen Fettes im Pressrückstand (Presskuchen) (SCHÖNE, 2001:138). Dabei kann angenommen werden, dass bei einer Kaltpressung etwa **85 %** des enthaltenen Öls gewonnen werden kann (SCHRIMPFF, 2001:53). Die Tabelle 29 zeigt ausgewählte Ölpflanzen und ihre spezifischen durchschnittlichen Ertragsmengen, durchschnittlichen Ölerträge, sowie jährlich mögliche Pflanzenölerträge (netto), bezogen auf einen Hektar Ackerland.

Tabelle 29: Ölpflanzen und jeweilige Nettopflanzenölerträge

Ölpflanzenart	Durchschnittlicher Ertrag [kg/(ha*a)]	Durchschnittlicher Ölgehalt [%]	Ölgewinnungs-faktor [5]	Nettopflanzen-ölertrag [kg/(ha*a)] [6]
Raps	3.000 [1]	45 [2]	0,85	1.147,5
Sonnenblume	1.400 [2]	45 [4]	0,85	535,5
Öl-Lein	2.000 [2]	39 [2]	0,85	663,0
Leindotter (Monokultur)	1.700 [2]	38 [2]	0,85	549,1
Leindotter (Mischfruchtanbau)	400 [3]	38 [2]	0,85	129,2

[1] SERGIS-CHRISTIAN, 1999:11
[2] BONK et al. 1998: 237, 243, 252; gemittelte Zahlen
[3] INTERNET (6)
[4] ROTH & KORMANN, 2000:69
[5] SCHRIMPFF, 2001:53
[6] (Durchschnittlicher Ertrag * Durchschnittlicher Ölgehalt) : 100) * Ölgewinnungsfaktor

Tabelle 30: Potenzieller Nettopflanzenölertrag Vilsbiburg und Vergleich zu Ölerträgen anderer Ölpflanzen

Ölpflanzenart	Nettopflanzen-ölertrag [kg/(ha*a)] [1]	Pflanzen-öldichte [kg/l] [2]	Nettopflanzen-ölertrag [l/(ha*a)]	Anbaufläche [ha]	Nettopflanzen-ölertrag gesamt [l/a]
Raps	1.147,5	0,92	1.247,3	135 [3]	**168.385,5**
Vergleich der Pflanzenölerträge (netto) anderer Ölpflanzen					
Sonnenblume	535,5	0,92	582,1	-	-
Öl-Lein	663,0		720,7	-	-
Leindotter (Monokultur)	549,1		596,8	-	-
Leindotter (Mischfruchtanbau)	129,2		140,4	-	-

[1] s. Tab. 29, S. 42
[2] MAURER, 2001:74
[3] PRAMPS,2004

In Vilsbiburg findet der Rapsanbau im Sinne einer Produktion von Nachwachsenden Rohstoffen ausschließlich auf Stilllegungsflächen statt. Auf den “Non-Food-Raps”-Flächen Vilsbiburgs von **135 ha** können jährlich etwa **168.385,5 Liter** Pflanzenöl gewonnen werden.

6.4 Bioethanol

Die Herstellung von Bioethanol in großtechnischen Erzeugungsanlagen wird nach wie vor eher kritisch gesehen, da bisherige Studien jeweils eine nur knapp positive Energiebilanz aufzeigen. Dabei zeigt eine Studie zur Bilanzierung der Ethanolproduktion in mittelständischer Größenordnung und Einbeziehung einer Biogasproduktion nach SENN, dass durch Nutzung des Synergieeffekts einer gekoppelten Bioethanol- und Biogaserzeugung eine positive Energie-, Kosten- und Ökobilanz erreicht werden kann (s. Kap. 13.3.3.2, S. 85f).

Die Herstellung von Bioethanol ist prinzipiell möglich aus folgenden Rohstoffen:

- zuckerhaltige Pflanzen (Zuckerrüben, Zuckerrohr, Zuckerhirse etc.)
- stärkehaltige Pflanzen (Getreide, Mais, Kartoffeln etc.)
- zellulosehaltige Pflanzen (Holz, Stroh etc.) (HARTMANN, 2002a:118)

Die vielversprechendsten Optionen für eine Produktion von Ethanol bieten landwirtschaftliche Rohstoffe, bei welchen die deutsche Landwirtschaft über erhebliche Anbauerfahrung verfügt und hohe Erträge, meist verbunden mit hoher Ertragssicherheit erzielt (SCHMITZ et al., 2003:23). In Tabelle 31 sind die flächenbezogenen Ertragswerte der zur Ethanolerzeugung derzeit relevanten Rohstoffe sowie die jeweiligen Rohstoffmassen bzw. Flächengrößen dargestellt, die zur Erzeugung eines Kubikmeters Ethanol benötigt werden. Auch der jeweils erzielbare Ethanolertrag pro Tonne Rohstoff wird rechnerisch ermittelt.

Tabelle 31: Rohstoff- bzw. Flächenbedarf zur Erzeugung eines Kubikmeters Ethanol

Nachwachsender Rohstoff	Ertrag [t/(ha*a)]	Rohstoffbedarf zur Erzeugung von Ethanol [t/m³]	Flächenbedarf zur Erzeugung von Ethanol [ha/m³] [9]	Erzielbarer Ethanolertrag [l/t] [10]
Zuckerrübe	61,7 [1]	10,3 [6]	0,2	97
Weizen	7,3 [2]	2,7 [7]	0,4	370
Triticale	5,6 [2]	2,75 [7]	0,5	364
Roggen	4,9 [2]	2,85 [7]	0,6	351
Mais	7,0 [3]	2,40 [7]	0,3	417
Kartoffeln	40,0 [4]	10,0 [7]	0,3	100
Holz (Schnellwachsende Baumarten)	9,0 [5]	2,7 [8]	0,3	370

[1] SCHMITZ et al., 2003:39
[2] SCHMITZ et al., 2003:43
[3] BONK et al., 1998:85
[4] SCHMITZ et al., 2003:51
[5] WAGNER & WITTKOPF, 2000: 39
[6] Nach HARTMANN, 2002b:507 13 t Zuckerrüben = 1 t Ethanol; spez. Gewicht (Ethanol) = 0,789 kg/l = 0,789 t/m³
→ 13 t Zuckerrüben * 0,789 t/m³ Ethanol = 10,3 t Zuckerrüben/m³ Ethanol
[7] SCHMITZ et al., 2003:101-102
[8] Nach SCHÖFER, 2002:54 1 t Holz (Trockenmasse) = 370 l Ethanol
→ 1000 kg Holz : 370 l Ethanol = 2,7 kg Holz/l Ethanol = 2,7 t/m³
[9] Berechnung: Flächenbedarf ha/m³ = Rohstoffbedarf t/m³ : Ertrag t/ha
[10] Berechnung: Erzielbarer Ethanolertrag m³/t = 1 : Rohstoffbedarf t/m³
→ Erzielbarer Ethanolertrag l/t = 1000 : Rohstoffbedarf t/m³

Nach einer zusammenfassenden Beurteilung der Verfügbarkeit von Rohstoffen für die Ethanolerzeugung der Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe (FNR) sind in Deutschland Zuckerrüben sowie verschiedene Getreidearten kurz- und mittelfristig am besten für die Ethanolerzeugung geeignet. Die Zuckerrübe weist dabei die höchste Flächenproduktivität, aber auch die höchsten Emissionen auf. Körnermais wird derzeit noch nicht verwendet, hat unter Umständen jedoch mittelfristig Potenzial. Weizen, Triticale und Roggen sind sehr gut für die Ethanolerzeugung geeignet, zeigen aber einen vergleichsweise geringen Ethanolertrag bezogen auf die Fläche, der mit entsprechend niedrigen Emissionen einhergeht (SCHMITZ et al., 2003:59). Kartoffeln werden als problematischer Rohstoff für die Ethanolerzeugung angesehen (SCHMITZ et al., 2003:51). Zellulosehaltige Rohstoffe sind mittel- bis langfristig besonders vielversprechend, da sie zum einen in sehr großer Menge und zum anderen zu relativ geringen Preisen zur Verfügung stehen könnten. Bislang bestehen allerdings erhebliche technische Schwierigkeiten, Ethanol auf dem Wege der Fermentation aus zellulosehaltigen Rohstoffen zu gewinnen. Die Konversionskosten sind noch deutlich zu hoch und fern von der Wirtschaftlichkeit (SCHMITZ et al., 2003:54). Prognosen gehen jedoch von einer deutlichen Reduzierung dieser Konversionskosten aus (SCHMITZ et al., 2003:56).

Bisher erfolgt der Anbau von für eine Ethanolerzeugung in Frage kommenden Feldfrüchten in Vilsbiburg ausschließlich zur Nahrungs- und Futtermittelproduktion. Somit ist unter derzeitigen Bedingungen **kein anrechenbares Potenzial** zur Ethanolerzeugung vorhanden.

7. Steigerungsmöglichkeiten des Bioenergiepotenzials

7.1 Modell eines zukünftig bioenergieorientierten Flächenmanagements

Derzeit werden die Landwirtschaftsflächen Vilsbiburgs primär zur Nahrungsmittelproduktion genutzt. Die durch Nahrungsmittelüberproduktion in der EU verursachten Vermarktungsprobleme sind hinlänglich bekannt. Die zur Energiepflanzenerzeugung verfügbaren Flächen sind direkt abhängig vom Flächenbedarf für die Nahrungsmittelerzeugung bzw. anderer konkurrierender Flächennutzungs-ansprüche. Um für die Energiepflanzenproduktion potenziell verfügbare Flächen in Vilsbiburg in Erfahrung zu bringen muss zuvor der Flächenbedarf zur Versorgung Vilsbiburgs mit Nahrungsmitteln ermittelt werden.

Ein Teil der Landwirtschaftsflächen unterliegt aus der Sicht des Natur- und Umweltschutzes derzeit einer falschen Flächennutzung. Für diese Flächen werden nachfolgend naturverträgliche Nutzungsalternativen empfohlen. Das Konzept für ein zukünftiges Flächenmanagement soll aufzeigen, wie eine bioenergieorientierte Landnutzung in Vilsbiburg unter nachhaltigen Rahmenbedingungen aussehen könnte.

7.1.1 Potenziell verfügbare Flächen zur Energiepflanzenproduktion

Mit Unterstützung von Herrn Prof. Oppitz und Herrn Prof. Bellof (FH-Weihenstephan) konnten geeignete Berechnungsmethoden zur Abschätzung des Flächenbedarfs zur Nahrungsmittelbereitstellung erarbeitet werden. Die Berechnungen und Ergebnisse sind den Tabellen 59, 60, 61 und 62, S. 82-84 zu entnehmen. In Tabelle 32 wird anhand der Ergebnisse die zur Energiepflanzenproduktion verfügbare Fläche ermittelt.

Tabelle 32: Ermittlung der zur Energiepflanzenproduktion verfügbaren Flächen

	Fläche	
	[ha]	**[%]**
Gesamte Landwirtschaftliche Nutzfläche (LF) [1]	**5.146,4**	**100**
Abzug der Flächen zur Erzeugung pflanzlicher Nahrungsmittel [2]	467,6	9
Abzug der Flächen zur Erzeugung tierischer Nahrungsmittel [3]	1.589,4	31
darunter Ackerflächen [3]	*1.340,9*	*26*
darunter Dauergrünland [3]	*248,5*	*5*
Abzug der Flächen zur Erzeugung von Nahrungsmitteln tierischen Ursprungs [3]	209,3	4
darunter Ackerflächen [3]	*59,7*	*1*
darunter Dauergrünland [3]	*149,6*	*3*
Abzug der sonstigen Flächen (Baumschulen, Obst etc.) [1]	25,0	< 1
Verfügbare Fläche zur Energiepflanzenproduktion [3]	**2.855,1**	**55**
darunter derzeit Ackerflächen [3]	*2.044,3*	*40*
darunter derzeit Dauergrünland [3]	*810,8*	*16*

[1] s. Tab. 5, S. 11
[2] s. Tab. 59, S. 82
[3] s. Tab. 62, S. 84

Zur Deckung des Gesamtverbrauchs an pflanzlichen Erzeugnissen in Vilsbiburg werden 467,6 ha (etwa 9 % der gesamten Landwirtschaftsflächen Vilsbiburgs) benötigt. Um den Gesamtverbrauch an tierischen Erzeugnissen sowie Erzeugnissen tierischen Ursprungs abdecken zu können sind 1.798,5 ha (etwa 35 % der gesamten Landwirtschaftsflächen Vilsbiburgs) zur Futtermittelproduktion erforderlich. **Insgesamt** verbleiben nach Abzug sonstiger Flächen **2.855,1 ha** (etwa **55 %** der gesamten Landwirtschaftsflächen Vilsbiburgs), die einer Energiepflanzenproduktion zur Verfügung stehen könnten. Darunter nehmen die Dauergrünlandflächen 810,8 ha (etwa 16 % der gesamten Landwirtschaftsflächen Vilsbiburgs) und die Ackerflächen 2.044,3 ha (etwa 40 % der gesamten Landwirtschaftsflächen Vilsbiburgs) ein.

7.1.2 Umwidmungen von Landwirtschaftsflächen

Im Folgenden sollen Flächenumwidmungen in Anlehnung an den Landschaftsplan bzw. Agrarleitplan vorgeschlagen werden, welche im Sinne einer nachhaltigen Landnutzung die Belange des Naturhaushalts (Tier- und Pflanzenwelt, Boden, Wasserhaushalt, Klima), des Landschaftsbilds sowie der Land- und Forstwirtschaft berücksichtigen. Dabei kann eine Änderung der derzeitigen Flächennutzung aus folgenden Gründen sinnvoll sein:

Nicht standortgerechte Flächennutzung durch:

- Ackerbau auf absoluten Grünlandstandorten (überschwemmungs- und/oder erosionsgefährdete Lage, „Förderung/Einhaltung Grünland“ nach Landschaftsplan)
- Ackerbau auf Flächen mit ungünstigen Ertragsbedingungen (nach Agrarleitplan)

Als sinnvolle Nutzungsalternativen bieten sich entweder eine Umwandlung soeben genannter Ackerflächen zu Dauergrünland oder standortgerechte Neuaufforstungen an. So wird der Schutz des Bodens und des Wasserhaushalts gewährleistet und Lebensraum für zahlreiche Arten aus Flora und Fauna geschaffen bzw. gesichert. Gleichzeitig können die Flächen einer Energiegras- und Holzproduktion dienen. Während die Umwandlung von problematischen Ackerflächen in Grünland ohne Einschränkungen möglich ist, müssen für waldbauliche Neuaufforstungen gewisse Voraussetzungen erfüllt sein.

Für Neuaufforstungen müssen folgende Kriterien erfüllt sein:

- derzeitiger Ackerbau auf Flächen mit ungünstigen Ertragsbedingungen
- ein direkter Anschluss der Fläche an bestehenden Wald bzw. Gehölzbestand muss gegeben sein
- die Fläche darf keine Barriere in den Kalt-/Frischluftabflussbahnen der Täler darstellen. Nach LÄNGST (1996:57) sind aus Gründen des Klimaschutzes und der Erhaltung des Landschaftsbildes vorrangig das gesamte Vilstal sowie die größeren Tallagen von Aufforstungen freizuhalten
- negative Auswirkungen auf bestehende Siedlungsflächen sind auszuschließen
- negative Auswirkungen auf das Landschaftsbild sind auszuschließen

Unter Berücksichtigung der Kriterien für Neuaufforstungen ergibt sich folgende, in Tabelle 33 dargestellte Verteilung der Flächenumwidmungen. Die Flächen wurden auf Grundlage des Landschaftsplans und Agrarleitplans (s. Kap. 12.4, S. 78) ermittelt. Zur Erstellung der

Karten 1 und 2 sowie zur Berechnung der Flächengrößen wurde das GIS-Programm Arc View 3.2 verwendet.

Tabelle 33: Empfohlene Flächenumwidmungen kritischer Ackerflächen

Kritische Ackerfläche	Umwandlung Grünland [ha]	Neuaufforstung Wald [ha]	Gesamtsumme [ha]
Ackerbau auf absoluten Grünlandstandorten („Förderung/Einhaltung Grünland“ nach Landschaftsplan)	97	-	97
Ackerbau auf Flächen mit ungünstigen Ertragsbedingungen (nach Agrarleitplan)	9	4	13
Gesamtsumme	**106**	**4**	**110**

Insgesamt wurden **Umwidmungsflächen von 110 ha** ermittelt, davon sollten **106 ha kritischer Ackerflächen in Grünland** umgewandelt und **4 ha aufgeforstet** werden. Damit würde sich der **Grünlandanteil** von 1.208,9 ha (PRAMPS, 2004) auf **1.314,9 ha**, also um knapp 9 % (bezogen auf Grünland) und der **Waldflächenanteil** von 895 ha auf **899 ha**, also um < 0,5 % (bezogen auf Wald) erhöhen. Die Flächenumwidmungen sind in Karte 2 graphisch dargestellt.

7.1.3 Verfügbare Flächen nach Kategorien

In Tabelle 34 wird ermittelt, welche Flächenkategorien nach den Umwidmungen für eine Energiepflanzenproduktion zur Verfügung stehen.

Tabelle 34: Ermittlung der nach Umwidmung verfügbaren Flächen nach Kategorien

	Fläche	
	[ha]	[%]
Verfügbare Fläche zur Energiepflanzenproduktion auf Landwirtschaftsflächen [1]	**2.855,1**	**100**
darunter derzeit Ackerflächen [1]	2.044,3	71,6
Abzug kritischer Ackerflächen (Umwidmung zu Dauergrünland bzw. Wald) [2]	110,0	3,9
Verfügbare Ackerflächen gesamt	**1.934,3**	**67,7**
darunter derzeit Dauergrünland [1]	810,8	28,4
Zunahme Dauergrünland (durch Umwidmung kritischer Ackerflächen) [2]	106,0	3,7
Verfügbares Dauergrünland gesamt	**916,8**	**32,1**
Zunahme Wald (Neuaufforstung auf kritischen Ackerflächen) [2]	**4,0**	**0,1**

[1] s. Tab. 32, S. 45
[2] s. Tab. 33, S. 47

Nach den empfohlenen Flächenumwidmungen stehen etwa **1.934,3 ha Acker-** und etwa **916,8 ha Grünlandflächen** für eine Energiepflanzenproduktion zur Verfügung. Die bestehenden **Waldflächen** nehmen um **4 ha** zu.

7.2 Szenario einer zukünftig möglichen Energiepflanzenproduktion

Die Möglichkeiten für eine zukünftig bioenergieorientierte Landbewirtschaftung in Vilsbiburg sind sehr vielfältig. Deshalb wird an dieser Stelle ein beispielhaftes Szenario vorgestellt, das als Vision für die Zukunft verstanden werden soll.

Im nachfolgenden Szenario wird von folgenden Annahmen ausgegangen:

- Das Konzept für ein zukünftiges Flächenmanagement wird umgesetzt und die zur Energiepflanzenproduktion verfügbaren Flächen ergeben sich wie in Tabelle 34 (s. S. 47) dargestellt.
- Die Energiepflanzenproduktion erfolgt in Form eines **Anbaumix**. Jedem der vier Bioenergiesektoren stehen **25 % (713,8 ha)** der verfügbaren Flächen zur Energiepflanzenproduktion (2.855,1 ha, s. Tab. 34) zur Verfügung.
- Dabei dient das gesamte verfügbare Dauergrünland (**916,8 ha**, s. Tab. 34) der Erzeugung von Biomasse zur **Biogasgewinnung**. **713,8 ha** werden dem **Biogassektor** zugerechnet. Die **überschüssigen 203 ha** werden dem Bioethanolsektor zugerechnet, da zur Sicherung einer nachhaltigen Ethanolproduktion die Einbeziehung einer parallelen Biogasproduktion (s. Kap. 13.3.3.2, S. 85f) erfolgt.
- Dabei stehen **713,8 ha** der verfügbaren Ackerflächen (gesamt 1.934,3 ha, s. Tab. 34) einer Biofeststofferzeugung zur Verfügung.
- Für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen zur Pflanzenöl- und Bioethanolerzeugung wird jeweils von den zwei unterschiedlichen Bewirtschaftungsmethoden **„Konventioneller Landbau“** und **„Naturgemäßer Landbau“** ausgegangen. Auf eine Betrachtung des ökologischen Landbaus wird hier verzichtet, da schon eine vorherige Erhebung zeigte, dass die insgesamt zu erwartenden Erträge deutlich unter denen des konventionellen sowie des naturgemäßen Landbaus liegen (s. HEIM et al., 2000:212).

1. Szenario „Konventioneller Landbau“: Für den **Ölpflanzenbau** können unter Einhaltung der Fruchtfolge **maximal 25 %** der verfügbaren Ackerflächen (1.934,3 ha, s. Tab. 34) genutzt werden, dies entspricht **483,6 ha**.

Ein Drittel der dem **Bioethanolsektor** zukommenden 713,8 ha muss nach SENN (2002:33, s. auch Kap. 13.3.3.2, S. 85f) parallel zur Biogasproduktion genutzt werden, um eine nachhaltige Bioethanolerzeugung zu gewährleisten. Unter diesen

237,9 ha sind 203 ha Grünland und 34,7 ha Ackerland. Es verbleiben **475,9 ha** zur Produktion von Energiepflanzen zur Bioethanolerzeugung.

2. Szenario „Naturgemäßer Landbau“: Die verbleibenden Ackerflächen (1.934,3 ha - 713,8 ha Biofeststofferzeugung) **1.220,5 ha** zuzüglich der überschüssigen **203 ha** Grünlandflächen dienen einer durch Mischfruchtanbau **kombinierten Pflanzenöl- und Bioethanolerzeugung**. Dabei muss zur Umsetzung einer nachhaltigen Bioethanolproduktion nach SENN (2003:33, s. Kap. 13.3.3.2, S. 85f) ein Drittel dieser Flächen für eine Erzeugung Nachwachsender Rohstoffe zur Biogasproduktion genutzt werden. Somit werden von den **1.423,5 ha** etwa **474,5 ha** (darunter 203 ha Grünland und 271,5 ha Ackerland) zur Biogasgewinnung genutzt. **949 ha** Ackerfläche verbleiben für den artengemischten Anbau von Leindotter und Getreide und dienen der Pflanzenöl- und Bioethanolerzeugung.

7.2.1 Steigerungsmöglichkeiten des Bioenergiepotenzials

Im Folgenden werden Möglichkeiten zur Steigerung der aus heutiger Sicht verfügbaren Biomasse aufgezeigt. Die Sektoren Biofeststoffe, Biogas, Pflanzenöle und Bioethanol werden zunächst einzeln betrachtet.

7.2.1.1 Biofeststoffe

Erhöhung der Einschlagsrate in bestehenden Wäldern

Das vorhandene Holzpotenzial der bestehenden Waldflächen Vilsbiburgs wird derzeit nicht vollständig genutzt. Ohne den Grundsätzen einer nachhaltigen Waldbewirtschaftung entgegen zu stehen kann der jährliche Einschlag im Stadtwald von **65 %** und im Privatwald von **70 %** auf **100 % erhöht** werden (s. Kap. 6.1.1.1, S. 18), da soviel Holz geerntet werden kann wie jährlich nachwächst (GEISEN, 2002:14). Die damit einhergehende Steigerung des Waldenergieholzertrags wird in Tabelle 35 berechnet.

Tabelle 35: Waldenergieholzerträge bei gesteigertem Einschlag

Erträge Waldenergieholztrockenmasse				
	Heute [kg/a] bei 0 % Wassergehalt		Volle Ausschöpfung Holzpotenzial [kg/a] bei 0% Wassergehalt	
Gehölztyp	**Nadelgehölze**	**Laubgehölze**	**Nadelgehölze**	**Laubgehölze**
Stadtwald	1.691,0 [1]	3.881,0 [1]	2.601,5 [2]	5.970,8 [2]
Privatwald	387.194,5 [1]	94.011,5 [1]	553.135,0 [3]	134.302,1 [3]
Gesamtsumme	388.885,5	97.892,5	555.736,5	140.272,9
Gesamtsumme [t_{atro}/a]	**388,9**	**97,9**	**555,7**	**140,3**

[1] Tabelle 13, S. 21
[2] Beispielrechnung: 1691,0 kg/a bei 0% * 100 % : 65 % = 2601,5 kg/a bei 0%
[3] Beispielrechnung: 387194,5 kg/a bei 0% * 100 % : 70 % = 553135,0 kg/a bei 0%

Durch Erhöhung der Einschlagsrate können die jährlich energetisch nutzbaren Nadelholzerträge von 388,9 t_{atro} um **166,8 t_{atro}** (= 43 %) auf 555,7 t_{atro} und die Laubholzerträge von 97,9 t_{atro} um **42,4 t_{atro}** (= 43 %) auf 140,3 t_{atro} gesteigert werden. Der erzielbare Mehrertrag beträgt insgesamt **209,2 t_{atro}**.

Naturnahe Aufforstung geeigneter Standorte

Allgemein trägt die Erhöhung des Waldanteils durch Aufforstung geeigneter Standorte nicht nur zur Steigerung des möglichen Energieholzertrags bei, sondern ist auch in ökologischer Hinsicht zu empfehlen. Bei Aufforstungen sollen standortgerechte Waldbestände (Laubmischwald) geschaffen werden. Unter Berücksichtigung der Voraussetzungen für Neuaufforstungen (s. Kap. 7.1.2, S. 46f) stehen in Vilsbiburg **4 ha** Ackerfläche für eine zukünftige Bewaldung zur Verfügung. Daraus resultierende Erträge werden in Tabelle 36 berechnet.

Energieholzplantagen

Neben der herkömmlichen Aufforstung besteht eine weitere Option zur Holzgewinnung: Die Anlage von Energieholzplantagen mit Schnellwachsenden Baumarten im Kurzumtrieb (s. Kap. 6.1.1.2, S. 22f). Diese relativ neue Bodennutzungsart benötigt Böden mit günstigem Wasserhaushalt und ganzjährig befahrbare, möglichst ebene Lagen (DIMITRI, 1993:154). Kurzumtriebsplantagen sind sowohl aus Sicht der Ökologie als auch des Umweltschutzes vorteilhaft, denn für die konventionelle Landwirtschaft bedeuten sie eine erhebliche Extensivierung (DIMITRI, 1993:151). Durch hohe Biomasse-Erträge von **8-10 t_{atro}/(ha*a)** (WAGNER & WITTKOPF, 2000: 39) bieten derartige Plantagen auch in ökonomischer Hinsicht eine interessante Alternative zu konventioneller Landwirtschaft. In Tabelle 36 wird der im Rahmen dieses Szenarios aus Energieholzplantagen erzielbare Biofeststoffertrag berechnet.

Anbau von Chinaschilf *(Miscanthus sinensis)*

Eine weitere Möglichkeit zur Steigerung des Biofeststoffpotenzials in Vilsbiburg ist der Anbau von halmgutartigen Brennstoffen. Wegen der hohen Biomasseproduktion und dem damit verbundenen hohen Brennstoffertrag bietet sich vor allem Chinaschilf (s. Kap. 6.1.2.1, S. 32f) an. Ab dem 3. Jahr kann mit einem durchschnittlichen Jahresertrag von **180 dt/ha (= 18 t/ha)** (BONK et al., 1998:208) gerechnet werden. In Tabelle 36 wird der im Rahmen dieses Szenarios aus dem Anbau von Chinaschilf erzielbare Biofeststoffertrag berechnet.

Pflanzung von Hecken und Feldgehölzen

Hecken und Feldgehölze in der Agrarlandschaft haben eine große Bedeutung als „Trittstein“ für sogenannte Kulturflüchter, d. h. Pflanzen und Tiere, die ihre Lebensräume infolge der Nutzungsintensivierung verloren haben (LÄNGST et al., 1996:24). Sie dienen der Verbreiterung der ökologischen Basis, vermindern Bodenerosion und gliedern die Landschaft. Das Einbringen von Grünstrukturen ist vor allem in den ausgeräumten und biologisch verarmten Gebieten links der Vils im Vilshügelland und in Gebieten um Seyboldsdorf, Schaidham und Haarbach notwendig (LÄNGST et al., 1996:57). Das Anpflanzen von Hecken und Feldgehölzen wird empfohlen. Da jedoch nur eine geringe Erhöhung der Biofeststoffmenge zu erwarten ist, wird hier auf eine detaillierte und rechnerische Darstellung verzichtet.

Zusammenfassung der durch Flächennutzungsänderung erzielbaren Biofeststoff-Mehrerträge

Tabelle 36: Erzielbare Erträge im Biofeststoffsektor

Biofeststoffe	**Fläche [ha]**	**Durchschnittlicher Ertrag [t_{atro}/(ha*a)]**	**Erzielbare Erträge gesamt [t_{atro}/(ha*a)]**
Naturnahe Aufforstung (Laubmischwald)	4,0 [1]	1,5 [3]	6,0
Anbau Schnellwachsende Baumarten	354,9 [2]	9,0 [4]	3.194,1
Anbau Chinaschilf	354,9 [2]	18,0 [5]	6.388,2
Gesamtsumme	**713,8**	**-**	**9.588,3**

[1] s. Tab. 33, S. 47

[2] Berechnung: (713,8 ha (s. Kap. 7.2, S. 48) – 4 ha (s. Tab. 33, S. 47)) : 2 = 354,9 ha

[3] Herleitung: Durchschnittlicher Ertrag t/(ha*a) = Erträge Waldenergieholztrockenmasse t_{atro}/a : Fläche in ha (Stadtwald + Privatwald)
Berechnung (Laubholz): 140,3 t_{atro}/a : (3,9 ha + 88,8 ha) = 1,5 t_{atro}/(ha*a)
Massenangaben aus Tab. 35, S. 49 und Flächenangaben aus Tab. 9, S. 18

[4] Mittelwert 9 t_{atro}/(ha*a) nach WAGNER & WITTKOPF, 2000: 39

[5] BONK et al., 1998:208

7.2.1.2 Biogas

Da von einer geringeren Viehhaltung (angepasst an den Nahrungsmittelbedarf) ausgegangen wird, verringern sich die Biogaserträge von 1.854.527 m³/a auf etwa **1.264.304,5 m³/a** (s. Kap. 13.3.2.3, S. 84), also um **590.222,5 m³/a**.

Prinzipiell kann das derzeitige Biogaspotenzial durch den Anbau und anschließender Vergärung einer Vielzahl geeigneter Energiepflanzen erhöht werden. Im Hinblick auf die spezifische Methanausbeute eignen sich beispielsweise Futterrüben, Silomais, Welsches Weidelgras und Luzerne gut zur Biogasgewinnung. In Hinblick auf die zur Energiepflanzenproduktion verfügbaren Grünlandflächen bietet sich eine Biogaserzeugung aus dem dort anfallenden Grüngut an. Zudem hat eine Gewinnung von Biogas aus „Energiegras“ gegenüber einer Nutzung von Feldfrüchten, die auf Ackerstandorten

kultiviert werden müssen, folgende Vorteile: Die Bewirtschaftung von Grünland erfordert weniger Arbeits- und Energieaufwand und verursacht aus umweltschutz- und naturschutzfachlicher Sicht wesentlich weniger Probleme. Nach PRAMPS (2004) kann mit einem jährlichen Frischmasseertrag von **50 t/ha** gerechnet werden. Die erzielbaren Biogaserträge aus Gras liegen etwa bei **70 m³/t** (SCHULZ, 1996:132).

Tabelle 37: Erzielbare Erträge im Biogassektor

Biogas	Fläche [ha]	Biomasse-ertrag [t/ha]	Biogasertrag [m³/t]	Erzielbare Erträge gesamt [m³]
Anteil Biogassektor	**713,8** [1]	50 [2]	70 [3]	**2.498.300,0**

[1] s. Kap. 7.2, S. 48f
[2] PRAMPS, 2004
[3] SCHULZ, 1996:132

7.2.1.3 Pflanzenöle

Das Pflanzenölpotenzial kann durch eine Erhöhung des Anbaus von Ölfrüchten auf Ackerflächen gesteigert werden.

Derzeit nimmt der Anbau von Non-Food-Raps etwa **135 ha**. Darüber hinaus könnten bei weiterhin konventioneller Landbewirtschaftung unter Einhaltung der Fruchtfolge bis zu **25 %** der zur Energiepflanzenproduktion verfügbaren Ackerflächen zum Ölpflanzenanbau genutzt werden (HEIM et al., 2000:207). Hier wird von einem Rapsanbau ausgegangen. Der Ertrag von Raps beträgt etwa **30 dt/ha** (s. Tab. 29, S. 42) und erbringt etwa **1.247,3 Liter Pflanzenöl je Hektar und Jahr** (s. Tab. 30, S. 42).

Eine sinnvolle Energiepflanzenproduktion muss jedoch einen nachhaltigen und schonenden Umgang mit dem Naturhaushalt gewährleisten. Der konventionelle Landbau kann diese Forderung nicht erfüllen, dies verdeutlicht sich u. a. auch durch einen hohen Treibstoffbedarf (s. Tab. 38, S. 53). Daher wird als langfristige Alternative zur bisherigen Wirtschaftsweise ein artengemischter Anbau (Mischfruchtanbau, s. Kap. 4.5.3.3, S. 13) von Ölfrüchten und Getreide empfohlen. Erfolgreiche Beispiele sind bisher Sommerweizen-Leindotter, Gerste-Leindotter und Hafer-Leindotter (HEIM et al., 2000:211). Es ist anzunehmen, dass neben dem Leindotter eine Vielzahl weiterer Ölfrüchte erfolgreich im Mischfruchtanbau eingesetzt werden kann, hier besteht allerdings noch Forschungsbedarf. Der Ertrag von Leindotter in Mischfruchtanbau beträgt etwa **4 dt/ha** (s. Tab. 29, S. 42). Es können etwa **140,4 Liter Pflanzenöl je Hektar und Jahr** (s. Tab. 30, S. 42) erzielt werden. Das **gleichzeitig auf der selben Fläche produzierte Getreide** kann zur **Bioethanolerzeugung** genutzt werden (s. Kap. 7.2.1.4, S. 54).

Tabelle 38: Erzielbare Erträge im Pflanzenölsektor

	Derzeitige Ölpflanzen-produktion	Szenarien	
	Landbewirtschaftung		
	Derzeit konventionell	Zukünftig konventionell	Zukünftig naturgemäß
Landwirtschaftliche Ackerflächen gesamt [ha]	3.912,5[1]	3.802,5 [6]	3.802,5 [6]
darunter (Non-Food-)Ölpflanzen [ha] (Reinanbau)	135,0 [2]	483,6 [7]	-
darunter Ölpflanzen [ha] (Mischfruchtanbau)	-	-	949,0 [7]
Produzierte Ölmenge [l/a]	**168.385,5** [3]	**603.194,3** [3]	**133.239,6** [8]
Landw. Eigenbedarf [l/ha]	100 [4]	100 [4]	25 [4]
Eigenbedarf insgesamt [l]	**391.250** [5]	**380.250** [5]	**95.062,5** [5]
Defizit/Überschuss [l]	**- 222.864,5**	**+ 222.944,3**	**+ 38.177,1**
Defizit/Überschuss vom Eigenbedarf [%]	**- 57**	**+ 59**	**+ 40**

[1] s. Tab. 5, S. 11
[2] PRAMPS, 2004
[3] Berechnung: Rapsanbaufläche in ha * 1.247,3 l/(ha*a) (s. Tab. 30, S. 42) = Produzierte Ölmenge
[4] HEIM et al., 2000:212
[5] Berechnung: Landwirtschaftl. Ackerflächen gesamt in ha * landw. Eigenbedarf in l/ha = Eigenbedarf insgesamt in l
[6] Berechnung: 3.912,5 – 110 ha (s. Tab. 33, S. 47) = 3.802,5 ha
[7] s. Kap. 7.2, S. 48f
[8] Berechnung: Leindotteranbaufläche in ha * 140,4 l/(ha*a) (s. Tab. 30, S. 42) = Produzierte Ölmenge

Bei konventioneller Bewirtschaftungsweise kann von einem Treibstoffbedarf von **100 Litern je Hektar** ausgegangen werden. Da ein naturgemäßer Landbau (s. Kap. 4.5.3.3, S. 13) auf Spritzungen, Düngungen und Bodenbearbeitung verzichtet, kann mit einem wesentlich geringeren Treibstoffverbrauch von **25 Litern je Hektar** zur Aussaat und Ernte gerechnet werden (HEIM et al., 2000:212).

Ausgehend von einer angenommenen Treibstoff-Selbstversorgung der Landwirte durch Pflanzenölproduktion kann der heutige Ölpflanzenbau in Vilsbiburg den Eigenbedarf an Treibstoff bei weitem nicht decken. Der angenommene Eigenbedarf liegt etwa **57 %** höher als die produzierte Pflanzenölmenge. Bei einem zukünftig möglichen Rapsanbau auf 25 % der zur Energiepflanzenproduktion verfügbaren Ackerflächen (1.934,3 ha, s. Tab. 34, S. 47) könnte der Eigenbedarf gedeckt und zusätzlich ein vermarktbarer Überschuss von **222.944,3 Litern** Pflanzenöl erzielt werden. Dies entspricht in Hinblick auf den Eigenbedarf einem Überschuss von knapp **59 %**. Unter Annahme eines zukünftig naturgemäßen Landbaus könnte bei einer Produktion von Leindotter in Mischfruchtanbau (bei **gleichzeitiger Produktion von Getreide zur Bioethanolerzeugung** auf derselben Fläche) der Eigenbedarf gedeckt werden. Der vermarktbare Überschuss an Pflanzenöl würde dabei etwa **38.177,1 Liter** betragen und damit den Eigenverbrauch um **40 %** übersteigen.

Anmerkung:
Nach HEIM et al. (2000:211) schwanken die heutigen Erträge von Pflanzenöl aus Leindotter im Mischfruchtanbau zwischen 100 und 300 Liter je Hektar und Jahr. Es wird angenommen, dass zukünftig eine erhebliche Steigerung der erzielbaren Pflanzenölerträge im naturgemäßen Landbau möglich ist.
Hier wird von einem in mehreren Quellen angegebenen Leindotterertrag von 4 dt/ha und somit einem Pflanzenölertrag von 140,4 Litern je Hektar und Jahr ausgegangen.

7.2.1.4 Bioethanol

Wie in Kapitel 6.4 dargelegt, kann Bioethanol aus zuckerhaltigen, stärkehaltigen und zellulosehaltigen Pflanzen hergestellt werden. Unter Beibehaltung der konventionellen Landbewirtschaftung sind Zuckerrüben und Getreidearten wie beispielsweise Winterweizen und Roggen gut für die Ethanolerzeugung geeignet. Der Ertrag von Winterweizen bei konventioneller Wirtschaftsweise liegt bei **73 dt/ha** (SCHMITZ et al., 2003:43).

Auch hier wird als langfristige Alternative der Mischfruchtanbau vorgeschlagen, um einer nachhaltigen Landnutzung gerecht zu werden. Wie bereits beschrieben (s. Kap. 7.2.1.3, S. 52f) wird ein artengemischter Anbau von Ölpflanzen und Getreide empfohlen. Bei Mischfruchtanbau von Weizen und Leindotter kann von einem Weizen-Ertrag von **35 dt/ha** ausgegangen werden (SOGERER, 2004:62). Aus einer Tonne Getreide können etwa **370 Liter Ethanol** gewonnen werden (s. Tab. 31, S. 43).

Tabelle 39: Erzielbare Erträge im Bioethanolsektor

	Szenarien	
	Landbewirtschaftung	
	Zukünftig konventionell	**Zukünftig naturgemäß**
Reinanbau Weizen [ha]	475,9 [1]	-
Mischfruchtanbau Weizen [ha]	-	949,0 [1]
Produzierte Bioethanolmenge [l/a]	**1.285.405,9** [2]	**1.228.955,0** [3]

[1] s. Kap. 7.2, S. 48f
[2] Berechnung: Anbaufläche Weizen in ha * 7,3 t/ha * 370 l/t = Produzierte Bioethanolmenge
[3] Berechnung: Anbaufläche Weizen in ha * 3,5 t/ha * 370 l/t = Produzierte Bioethanolmenge

Unter den in Kapitel 7.2 beschriebenen Annahmen zu einem zukünftig konventionellen sowie naturgemäßen Anbau von Energiepflanzen zur Bioethanolerzeugung fällt die Differenz der jeweils erzielbaren Bioethanolerträge gering aus. Bei konventioneller Bewirtschaftungsweise liegt die erzeugte Bioethanolmenge mit **1.285.405,9 Litern** pro Jahr nur um etwa **5 %** höher als bei naturgemäßer Landbewirtschaftung mit **1.228.955,0 Litern** pro Jahr. Dabei wird beim Mischfruchtanbau gleichzeitig Leindotter zur Ölpflanzengewinnung produziert. Das Pflanzenöl könnte zur Deckung des Treibstoff-Eigenbedarfs der Landwirte genutzt werden (s. Kap. 7.2.1.3, S. 53).

7.2.2 Zusammenfassung der erzielbaren Mehrerträge

Tabelle 40: Zusammenfassung der durch Steigerungsmaßnahmen zukünftig erzielbaren Mehrerträge

	Fläche [ha]	Erzielbare Mehrerträge gesamt
Biofeststoffe		**Biofeststoffertrag [t_{atro}/(ha*a)]**
Erhöhung der Einschlagsrate in bestehenden Wäldern	*895,0* [1]	209,2 [2]
Naturnahe Aufforstung [3] (Laubmischwald)	4,0	6,0
Anbau Schnellwachsende Baumarten [3]	354,9	3.194,1
Anbau Chinaschilf [3]	354,9	6.388,2
Summe Biofeststoffe	-	**9.797,5**
Biogas		**Biogasertrag [m³]**
Anbau „Energiegras“ zur reinen Biogasgewinnung [4]	713,8	**2.498.300**
		Pflanzenölertrag [l]
Mischfruchtanbau Leindotter (mit Weizen) [5]	949,1	**133.239,6**
		Bioethanolertrag [l]
Mischfruchtanbau Weizen (mit Leindotter) [6]	949,1	**1.228.955,0**

[1] BLÜMEL, 2004
[2] s. S. 50
[3] s. Tab. 36, S. 51
[4] s. Tab. 37, S. 52
[5] s. Tab. 38, S. 53
[6] s. Tab. 39, S. 54

8. Energetische Nutzungsmöglichkeiten

Im Folgenden werden für die einzelnen Bioenergiesektoren relevante energetische Nutzungsmöglichkeiten vorgestellt. Im Rahmen dieser Arbeit muss auf detaillierte Erläuterungen sowie Beispielrechnungen verzichtet werden. Für eine Vertiefung wird auf die jeweils angegebene Literatur verwiesen.

8.1 Biofeststoffe

Die Hauptelemente fester Biomasse sind Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff. Die Komponente, durch deren Oxidation die freigesetzte Energiemenge bestimmt wird, ist der Kohlenstoff, daneben liefert der Wasserstoff bei der Oxidation ebenfalls Energie, während der Sauerstoff nur zur Unterstützung der Oxidation beiträgt. Holzbrennstoffe weisen mit 47-50% Kohlenstoff in ihrer Trockenmasse den höchsten Kohlenstoffgehalt auf, Nicht-Holz-Brennstoffe liegen bei etwa 45%. Bei der Verbrennung von Holz ist neben der stofflichen Zusammensetzung vor allem der Wassergehalt und der Heizwert von Interesse. Da der Heizwert wesentlich stärker vom Wassergehalt als von der Art der Biomasse bestimmt wird, werden die Heizwerte unterschiedlicher Brennstoffarten stets bei absolut trockener Biomasse verglichen (HARTMANN, 2002a:130f).

Verbrennung

Für Biofeststoffe hat die direkte Verbrennung in Feuerungen bis heute die weitaus größte Bedeutung unter den Energiewandlungsprozessen. Um einen hohen Wirkungsgrad zu erzielen, muss die Feuerungstechnik auf die besonderen Eigenschaften des jeweiligen Brennstoffs zugeschnitten sein (HARTMANN, 2002a:137). Nachfolgend werden verschiedene Anwendungsmöglichkeiten kurz beschrieben.

Thermische Nutzung in Kleinanlagen

Bei den Feuerungsanlagen wird zwischen hand- und automatisch beschickten Feuerungen unterschieden. Neben den verschiedenen Verbrennungsprinzipien handbeschickter Feuerungen Durchbrand, oberer Abbrand und unterer Abbrand sind ebenso die in der Praxis gängigen Bauarten Einzelfeuerstätten, erweiterte Einzelfeuerstätten und Zentralheizungskessel zu nennen. Automatisch beschickte Feuerungen können in Festbett-, Wirbelschicht- und Flugstromreaktoren unterteilt werden. Je nach Brennstoffart kommen verschiedene Feuerungsprinzipien in Frage. Hier muss jedoch auf eine genaue Erläuterung verzichtet werden, zu einer Vertiefung wird folgende Literatur empfohlen: HARTMANN, H. & ROSSMANN, P. (2003): „Feuerungen und Anlagentechnik“, S. 68-102, in: HARTMANN, H. (Hrsg.), „Handbuch Bioenergie Kleinanlagen“, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., Gülzow, 184 S.

Wirkungsgrade von Holzfeuerungen

Beim Wirkungsgrad unterscheidet man den feuerungstechnischen Wirkungsgrad und den Kesselwirkungsgrad. Bei der Gruppe von handbeschickten Einzelfeuerungsstätten ist mit feuerungstechnischen Wirkungsgraden von 70-80 % zu rechnen. Deutlich über diesem Durchschnitt liegt der Wirkungsgrad von Pelletöfen mit ca. 87 %. Bei den Holz-Zentralheizungsanlagen liegen die Wirkungsgrade durchweg im Bereich von über 85 %. Kessel der neuesten Bauart überschreiten derzeit schon mehrheitlich die 90 %-Grenze. Die besten Wirkungsgrade werden auch hier von den Pellet-Zentralheizungen erzielt. Der Einfluss verschiedener Bauarten und Leistungsklassen auf den Kesselwirkungsgrad ist generell als gering einzustufen (HARTMANN & HÖLDRICH, 2003:103f).

Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)

Die KWK-Technik ermöglicht eine gekoppelte Erzeugung von Wärme und Strom. In den sogenannten Heizkraftwerken kommen vorzugsweise Dampfturbinen (speziell bei größeren Anlagen ab etwa 2 $MW_{elektrisch}$), Dampfmotoren (speziell für Anlagen mit kleineren Leistungen bis 2 $MW_{elektrisch}$), Gasturbinen oder Gasmotoren (speziell bei

kleineren Anlagen, höhere Wirtschaftlichkeit) zum Einsatz. Gasturbinen und -motoren benötigen jedoch einen flüssigen oder gasförmigen Brennstoff, was eine vorherige Biomasse-Vergasung erforderlich macht (s. Holz-Vergasung). Daher finden hier nur die KWK mittels Dampfturbinen oder -motoren Berücksichtigung. In einer Kesselanlage wird Wasserdampf mit hohem Druck erzeugt. Durch den „gespannten Dampf“ wird über eine Turbine der stromerzeugende Generator angetrieben. Der KWK-Prozess erreicht bei heutigen Anlagen eine **Stromkennzahl** (Verhältnis elektrischer Leistung zur Wärmeleistung) von bis zu **30 %**. Die „Abwärme“ des Dampfprozesses kann mittels Dampfkondensation und weiter folgendem Wärmeübertrag auf einen Wärmeabnehmer (z. B. Heizung) als Wärmeenergie genutzt werden. Diese Heizkraftwerke erreichen einen **Gesamtwirkungsgrad** von etwa **80 %** (JAHRAUS et al., 2000:112-114). Um die Wärmeenergie ganzjährig nutzen zu können, auch in den Sommermonaten, bedarf es jedoch Abnehmern mit kontinuierlichem Bedarf. Abnehmer könnten Betriebe mit entsprechendem Wärmebedarf sein.

Holz-Vergasung

Ziel der Vergasung ist die Umwandlung der festen Biomasse (Holz) in einen gasförmigen Energieträger, der anschließend mit einem vergleichsweise hohen Wirkungs- bzw. Nutzungsgrad einfach und problemlos zur Bereitstellung von End- bzw. Nutzenergie eingesetzt werden kann. Bei der Vergasung werden kohlenstoffhaltige Feststoffe bei hohen Temperaturen möglichst vollständig in Gase umgewandelt. Zur Vergasung wird Wärme benötigt, die auf unterschiedliche Art zugeführt werden kann, auf eine genauere Erläuterung der chemischen Vorgänge und verschiedener Techniken wird hier jedoch verzichtet. Die Vergasung liefert zugleich Wärme und Produktgas. Die einzelnen Vergasungssysteme lassen sich u.a. nach dem Reaktortyp in Festbettvergaser (Gegenstrom- oder Gleichstromvergasung), Wirbelschichtvergaser und Flugstromvergaser unterscheiden (HARTMANN, 2002a:158ff). Das Produktgas bietet eine Vielzahl an Nutzungsmöglichkeiten: Eine direkte thermische Nutzung, die Nutzung in einem Verbrennungsmotor und die bisher nur für größere Leistungen mögliche Nutzung in einer Gasturbine bzw. kombinierten Gas- und Dampfturbine. Zukünftig bietet sich auch die Option eines Einsatzes in Stirlingmotoren und Brennstoffzellen zur Energieerzeugung. Die derzeit erfolgsversprechendste Möglichkeit, welche auch eine breite Anwendung im Bereich kleiner Leistungen erfährt, ist die Holzvergasung zum Betrieb eines Gasmotor-Blockheizkraftwerks (BHKW) zur gleichzeitigen Strom- und Wärmegewinnung (INTERNET (7), 2001:27f). Der Leistungsbereich eines Blockheizkraftwerks liegt etwa bei

0,05 –1,5 $MW_{elektrisch}$, der erwartete **elektrische Wirkungsgrad** bei **30 %**. Der große Vorteil ist der hohe **Gesamtwirkungsgrad** von BHKW **(85-90 %)** und die geringen Energieverluste (10-15%) gegenüber getrennter Erzeugung von Strom und Wärme (INTERNET (7), 2001:29-34). Jedoch ist zu berücksichtigen, dass bereits bei der Vergasung selbst Energieverluste durch die Abkühlung des Gases, Leistungs- und Wärmeverluste stattfinden, die bei typischen Anlagen etwa **30 %** des Brennstoffenergiegehalts betragen (INTERNET (7), 2001:26).

Pyrolyse

Feste Biomasse kann durch eine pyrolytische Zersetzung direkt in überwiegend flüssige Produkte (Pyrolyse- oder Bioöle) umgewandelt werden. Der thermochemische Prozess der Pyrolyse findet – im Unterschied zur Verbrennung oder Vergasung – in der Regel ausschließlich unter Einwirkung von Wärme und ohne zusätzlich zugeführten Sauerstoff statt.

Nach dem derzeitigen Stand der Technik ist zwischen zwei Pyrolyseverfahren zu unterscheiden: Der Flash-Pyrolyse und der Druckverflüssigung. Pyrolyseöle sind niedrigviskose Flüssigkeiten mit einer dunkelroten bis dunkelbraunen Farbe. Vor einer energetischen Verwendung müssen Pyrolyseöle physikalische und chemische Veredelungsschritte durchlaufen. Pyrolyseöle können sowohl zur Wärmeerzeugung in Heizkesseln als auch zum Antrieb von Dieselmotoren zur Stromerzeugung bzw. zum Antrieb von Fahrzeugen eingesetzt werden. Da die Öle jedoch nicht von alleine zünden, muss das An- und Herunterfahren des Motors mit konventionellem Dieselkraftstoff erfolgen. Der **volumetrische Verbrauch** liegt bei Pyrolyseöl **etwa doppelt so hoch** wie beim **Diesel**, da der Brennwert nur halb so groß ist. Die Erzeugung und Nutzung von Pyrolyseölen befindet sich derzeit noch im Forschungs- und Entwicklungsstadium, eine Markteinführung ist daher noch nicht absehbar (HARTMANN, 2002a:166-170). In Tabelle 41 werden verschiedene Eigenschaften von Flash-Pyrolyseöl und Erdölprodukten gegenübergestellt.

Tabelle 41: Physikalisch-chemische Eigenschaften von Flash-Pyrolyseölen und Erdölprodukten nach HARTMANN, 2002a:169

	Pyrolyseöl	Leichtes Heizöl	Schweres Heizöl
Dichte [g/cm³]	1,1-1,3	0,83	0,9-1,02
Viskosität [cSt bei 50°C]	13-80	6	140-380
Heizwert [MJ/kg]	16-19	42,8	ca. 40
Flammpunkt [°C]	45-100	70	100
Schwefelanteil [Gew. %]	0,0-0,6	0,18	1,0

Nach Aussage von Prof. Schrimpff entsteht aus **50 kg Holz** bei der sog. Flash-Pyrolyse ca. **30 l Pyrolyseöl**. Dies hat einen Heizwert zwischen 16 und 19 MJ/kg, der Mittelwert von 17,5 MJ/kg entspricht etwa 4,9 kWh/kg. Bei einer durchschnittlichen Dichte von 1,2 g/cm^3 = **1,2 kg/l** entspricht dies einem Heizwert von **5,9 kWh/l**.

Bioethanolerzeugung aus Biofeststoffen

Bioethanol wird vor allem aus Zucker- und Stärkepflanzen gewonnen, aber auch Holz eignet sich zur Bioethanolerzeugung. Eigenschaften und Nutzungsmöglichkeiten von Bioethanol werden in Kapitel 8.4 erläutert.

Anmerkung:
Als derzeit günstigste energetische Nutzungsoptionen in Vilsbiburg werden die direkte Verbrennung der Biofeststoffe zur reinen Wärmegewinnung sowie ein Einsatz in Kraft-Wärme-Kopplung zur gleichzeitigen Erzeugung von Wärme und Strom gesehen.

8.2 Biogas

Biogas ist ein hochwertiger Energieträger und kann nach entsprechender Aufbereitung sowohl zur Wärme- und Stromerzeugung (direkt) als auch als Treibstoff genutzt werden. Die durchschnittliche Biogaszusammensetzung und die typischen Eigenschaften sind in Tabelle 42 und 43 dargestellt.

Tabelle 42: Zusammensetzung von Biogas nach WEILAND, 2001:26

Gaszusammensetzung		
Methan	[Vol.-%]	50-75
Kohlendioxid	[Vol.-%]	25-50
Wasserdampf	[Vol.-%]	1-10
Stickstoff	[Vol.-%]	0-5
Sauerstoff	[Vol.-%]	0-2
Wasserstoff	[Vol.-%]	0-1
Ammoniak	[Vol.-%]	0-1
Schwefelwasserstoff	[Vppm]	50-6.000

Tabelle 43: Eigenschaften von Biogas und Erdgas im Überblick nach WEILAND, 2001:26

Gaseigenschaften im Vergleich			
		Biogas	**Erdgas**
Heizwert	[kWh/m^3]	6	10
Dichte	[kg/m^3]	1,2	0,7
Dichteverhältnis zu Luft	-	0,9	0,54
Zündtemperatur	[°C]	700	650
Verbrennungsgeschw.	[m/s]	0,25	0,39
Explosionsgrenzen	[Vol.-%]	6-12	5-15

Rein thermische Gasverwertung

Hierfür werden handelsübliche Gasheizkessel eingesetzt, die in der Regel bivalent mit Biogas oder Erdgas betrieben werden können. Für den Biogasbetrieb sind aufgrund der gegenüber Erdgas geringeren Zündgeschwindigkeit spezielle Brennerdüsen erforderlich. Weiterhin ist durch den geringen Gasdruck der vorwiegend verwendeten

Foliengasspeicher der Einsatz eines Verdichters mit Druckregelung notwendig (WEILAND, 2001:28).

Motorische Kraft-Wärme-Kopplung

Zur gleichzeitigen Strom- und Wärmegewinnung aus Biogas kommen je nach Anlagengröße unterschiedliche Motorbauarten und Verbrennungsverfahren in Frage, die sich im Wirkungsgrad, der Lebensdauer und den Investitionskosten deutlich unterscheiden. Die wesentlichen Merkmale von Gas-Otto-Motoren (umgerüstete Benzinmotoren), Zündstrahl-Dieselmotoren (umgerüstete Seriendieselmotoren) und auf Gas-Otto-Betrieb umgerüstete Dieselmotoren sind in Tabelle 44 vergleichend gegenübergestellt. Zur Stromerzeugung werden vorwiegend Asynchrongeneratoren eingesetzt, die sich durch eine robuste Bauweise auszeichnen (WEILAND, 2001:28-30).

Tabelle 44: Merkmale verschiedener Biogasmotoren

Merkmal	Benzinmotor Gas Otto	Dieselmotor Zündstrahl	Dieselmotor Gas Otto
Lebensdauer [1]	niedrig	mittel	hoch
Wartungsbedarf [1]	hoch	hoch	niedrig
Investitionskosten [1]	niedrig	mittel	hoch
Leistungsklasse [kW] [1]	5-30	30-150	> 150
Gesamtwirkungsgrad KWK [%] [2]	85	85	85
Wirkungsgrad $_{elektrisch}$ [%] [1]	25 (22-27)	32 (28-35)	≥ 35
Wirkungsgrad $_{thermisch}$ [%] [3]	60	53	50

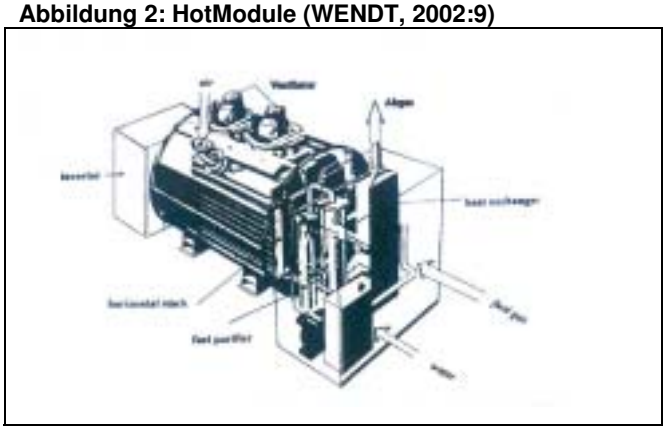
[1] WEILAND, 2001:28
[2] INTERNET (4)
[3] ermittelt durch Abzug des Wirkungsgrad$_{elektrisch}$ vom Gesamtwirkungsgrad (KWK) von 85 %

Einsatz von Biogas in Brennstoffzellen (Kraft-Wärme-Kopplung)

Hierbei handelt es sich um eine besonders interessante und zukunftsträchtige Nutzungsform von Biogas, da im Vergleich zur motorischen Verwertung höhere elektrische Wirkungsgrade erzielt werden und gleichzeitig geringere Schadgasemissionen und praktisch keine Lärmemissionen zu erwarten sind (WEILAND, 2001:30f). Lange Zeit galt die Verwendung von Biogas in Brennstoffzellen als problematisch, da eine aufwändige Gasreinigung und Reformierung notwendig war. In den letzten Jahren konnten jedoch enorme Fortschritte beim Einsatz von Schwachgasen in Karbonat-Brennstoffzellen (MCFC) erzielt werden. Durch besondere technische Eigenschaften dieses Brennstoffzellen-Typs eröffnen sich neue Möglichkeiten: Im Gegensatz zu anderen Brennstoffzellen können neben Erdgas auch andere Brennstoffe, die Kohlenwasserstoffe enthalten, wie z.B. Biogas, Klärgas, Deponiegas und industrielle Restgase eingesetzt werden. Die MTU CFC Solutions GmbH arbeitet seit über zehn Jahren an der Entwicklung des sogenannten HotModule, ein Karbonat-Brennstoffzellen-System, das als dezentrales Kleinkraftwerk entwickelt wurde. Gegenüber anderen Brennstoffzellen-Technologien ist

das HotModule bereits heute vergleichsweise ausgereift und verhältnismäßig günstig herzustellen. Die Serienreife ist in Sicht, derzeit ist der Hochlauf der Serienfertigung für 2006 geplant (INTERNET (8)). Die Eigenschaften und Kennzahlen des MTU Brennstoffzellen HotModule werden im Folgenden beispielhaft für Karbonat-Brennstoffzellen-Systeme herangezogen. Das MTU Brennstoffzellen HotModule bietet die Bereitstellung der Verbrauchsenergieformen Strom, Wärme und Kälte. Gerade sogenannte „Schwachgase" können mit dieser Brennstoffzellentechnik mit einem **elektrischen Wirkungsgrad** im Bereich von **50 %** und mehr umgesetzt werden, der **Gesamtwirkungsgrad** beträgt etwa **90 %**. Die hochexergetische Abwärme in Form von heißer Abluft erlaubt eine Vielzahl wertvoller thermischer Nutzungen und erschöpft sich nicht in Heizanwendungen. Prozesswärme, Prozessdampferzeugung oder nachgeschaltete Dampfturbinenkreise sind Stand der Technik. Eine der interessantesten Anwendungen des HotModules liegt in seiner Kombination mit Hochtemperatur-Absorptionskälteanlagen oder Dampfstrahl-Kühlmaschinen. Die hohe Temperatur der verwendeten Abwärme bewirkt dort eine Erhöhung der für Kältemaschinen charakterisierenden Kältezahl. Darüber hinaus ergibt sich durch die zeitliche Überdeckung von Wärme- und Kältebedarf übers Jahr eine erhöhte Jahresbetriebsdauer der Gesamtanlage. Die Kombination von Systemen zur Vergasung von Biomasse mit einem Karbonat-Brennstoffzellen-System und adaptierten thermischen Kältemaschinen ergibt ein Basismodul für eine integrierte Energieversorgung, die den Ansprüchen der Industrie, des Handels und Handwerks, kommunaler Anwendungen und der Energieversorger entspricht. Produktionsanlagen, Kühlhäuser, große Bürogebäude, Computer- und Telekommunikationszentren, Supermärkte, Krankenhäuser und Sportstätten sind die bevorzugten zukünftigen Anwendungsfälle (INTERNET (9)).

Abbildung 2: HotModule (WENDT, 2002:9)



In Abbildung 2 ist die MCFC-Anlage HotModule von MTU schematisch dargestellt. Die Technik der Karbonatschmelzen-Zellen (molten carbonate fuel cells, MCFC) ist seit ca. 1990 technisch ausgereift, heute ist die Fa. MTU führender Entwickler in Europa.

Das HotModule ist als Industrie-Heizkraftwerk geplant und wird überall da eingesetzt werden können, wo Hochtemperatur-Prozesswärme und Elektrizität etwa im Verhältnis 1:1 gebraucht wird (WENDT, 2002:8).

Nutzung von Biogas als Treibstoff

Für Großbiogasanlagen ist die Nutzung von Biogas als Treibstoff eine interessante Alternative zur Verstromung, sofern die Abwärme nicht genutzt, bzw. vermarktet werden kann. In diesem Bereich bestehen hohe Ansprüche an die Gasqualität, so sind beispielsweise eine Komprimierung und ein Entfernen von Schwefelwasserstoff und Ammoniak, sowie eine Trocknung und Filterung notwendig. In Deutschland findet noch kein Einsatz von Biogas in Fahrzeugen statt, im Hinblick auf die steigenden Kraftstoffpreise wird die Bedeutung von Biogas als Kraftstoff jedoch nicht unerkannt bleiben (WEILAND, 2001:32).

Einspeisung von Biogas in das Erdgasnetz

Eine andere Möglichkeit des Biogaseinsatzes ist das Einspeisen in das bestehende Erdgasnetz, wobei hier das Biogas zusammen mit Erdgas verwertet wird. Dazu muss es an die Gasqualität des jeweiligen Erdgasnetzes angepasst werden. Für die Gasaufbereitung sind die gleichen Techniken notwendig, die auch für die Bereitstellung von Biogas als Kraftstoff erforderlich sind. Wegen der hohen Aufbereitungskosten und der vielfach fehlenden Anbindung an das Erdgasnetz ist dieser Verwertungsweg voraussichtlich nur für Großanlagen auch ökonomisch sinnvoll (WEILAND, 2001:32).

Anmerkung:
Als derzeit günstigste energetische Nutzungsoptionen in Vilsbiburg wird der Einsatz des Biogases in motorischer Kraft-Wärme-Kopplung zur gleichzeitigen Erzeugung von Wärme und Strom sowie die Nutzung als Treibstoff gesehen. In absehbarer Zeit könnte auch ein Biogaseinsatz in Karbonat-Brennstoffzellen interessant werden.

8.3 Pflanzenöle

Einige wichtige Kennzahlen von kaltgepresstem Rapsöl im Vergleich zu Dieselkraftstoff bei 20°C sind in Tabelle 45 gegenübergestellt.

Tabelle 45: Eigenschaften von Rapsöl und Diesel-Treibstoff bei 20° nach MAURER, 2001:74

	Rapsöl	Diesel	Vergleich (Rapsöl zu Diesel)
Dichte [g/cm³]	0,92	0,84	+9%
Viskosität [mm²/s]	73	4,5	16 -fach
Energie - Dichte [kWh/l]	9,2	9,75	- 5%
Flammpunkt [°C)]	>240	70	4 -fach
Schwefelgehalt	0,001	0,20	<1%

Pflanzenöl ist gespeicherte Sonnenenergie höchster Dichte. Es wird aus Samen oder Früchten von Ölpflanzen gewonnen und kann, kaltgepresst und gefiltert, ohne weitere Behandlung und ohne Zusätze als Kraftstoff für geeignete Verbrennungsmotoren verwendet werden. Während Viskosität, Flammpunkt und Schwefelgehalt sich wesentlich von Dieselkraftstoff unterscheiden, sind Dichte und Energiegehalt des Rapsöls dem

Dieselkraftstoff relativ ähnlich. Der Energiegehalt von Rapsöl (und den meisten Pflanzenölen) liegt mit **9,2 kWh/l** zwischen Benzin (8,6 KWh/l) und Diesel (9,75 KWh/l), also im Niveau unserer herkömmlichen Treibstoffe. Jedoch sind einige Vorteile von Pflanzenöl gegenüber Diesel zu nennen: Pflanzenöl ist ungiftig, nicht wassergefährdend (WGK 0) und leicht biologisch abbaubar, außerdem ist es schwer entflammbar.

Treibstoff für PKW und Kleinbusse

Für die meisten Dieselmotoren, die nach dem Vor- oder Wirbelkammerverfahren arbeiten, ist eine Umrüstung auf technische Eignung zum Betrieb mit kaltgepresstem Pflanzenöl möglich. Für direkt einspritzende Dieselmotoren wurde bis jetzt eine Umrüstung für Motoren der Fabrikate VW, Audi und Seat entwickelt. Die Motoren können dadurch sowohl mit Pflanzenöl als auch mit Diesel betrieben werden. Die Umbaukosten halten sich in Grenzen und werden mit steigender Nachfrage weiter sinken. Neben dem verminderten Schadstoffausstoß von pflanzenölbetriebenen gegenüber den dieselkraftstoffbetriebenen Fahrzeugen dürften auch die steigenden Mineralölpreise einen Anreiz zum Wechsel bieten. Schon jetzt ist Rapsöl durch den Steuervorteil gegenüber Diesel konkurrenzfähig (SERGIS-CHRISTIAN, 1999:13f).

Treibstoff für landwirtschaftliche Maschinen

Mit geringen Investitionen können Landwirte und Genossenschaften ihren eigenen Kraftstoff erzeugen. Beispielhaft ist das Großprojekt „Perchinger Modell“ in Bayern, in welchem sich rund 50 Landwirte zusammengeschlossen und ihre Traktoren und Maschinen auf rohes Pflanzenöl umgestellt haben (BONK et al., 1998:37f).

Kraftstoff für Kraft-Wärme-Kopplungen (Blockheizkraftwerke)

Objekte in ausgewiesenen Grundwasserschutzgebieten ohne Erdgasversorgung sind für einen Einsatz von Pflanzenöl-BHKW prädestiniert, da kostspielige Sicherheitsmaßnahmen für die Lagerung und Verwendung von Heizöl entfallen.
(SERGIS-CHRISTIAN, 1999:14)

Heizölersatz für Ölfeuerungsanlagen

Pflanzenöl kann unter Einhaltung aller geltenden Luftschadstoffgrenzwerte für Ölfeuerungsanlagen in einigen Brennern verwendet werden. Der Einsatz ist jedoch nur bei geringem Leistungsbedarf (z.B. Spitzenabdeckung in Niedrig- und Passivhäusern) ökologisch und ökonomisch vertretbar, da Pflanzenöl zur ausschließlichen Wärmeerzeugung im Vergleich zu Holz zu hochwertig ist und im Vergleich zu Heizöl sind

bei größeren Mengen die Absolutkosten zu teuer. Der Vorteil von Pflanzenöl gegenüber Holz liegt in seiner hohen Energiedichte (geringes Lagervolumen) und seiner Anwendbarkeit in vollautomatischen Kleinstheizungsanlagen (SERGIS-CHRISTIAN, 1999:14).

Anmerkung: Als günstigste energetische Nutzungsoption in Vilsbiburg wird der Einsatz des Pflanzenöls als Treibstoff für landwirtschaftliche Maschinen sowie sonstige Fahrzeuge gesehen.

8.4 Bioethanol

Ethanol ist eine leicht entzündliche, klare, farblose Flüssigkeit, die sich in jedem Verhältnis mit Wasser, Ether, Chloroform, Benzin und Benzol mischt. Ethanol wird dann als reiner Alkohol bezeichnet, wenn er 99,8 Vol. % Alkohol enthält, also praktisch wasserfrei ist.

Tabelle 46: Kennwerte von Kraftstoffen nach HARTMANN, 2002a:173

Parameter	Benzin	Diesel	Ethanol
Dichte (15 °C) [kg/m³]	720-775	820-845	794
Cetanzahl	keine Angabe	min. 51	keine Angabe
ROZ (Oktanzahl)	>91	-	107
Heizwert [MJ/kg]	42,7	42,7	26,8
Heizwert [MJ/l]	ca. 31,6	ca. 35,6	21,3

Ethanol enthält volumenbezogen etwa **65% des Energiegehalts** verglichen mit konventionellem **Ottokraftstoff**. Die Oktanzahl (beschreibt die Resistenz eines Treibstoffs gegen Explosionserscheinungen) liegt bei Ethanol bei 107 und erweist sich im Vergleich zu Benzin mit einer Oktanzahl von 93 als deutlich günstiger. Dadurch ist auch der Wirkungsgrad alkoholbetriebener Motoren höher, da sie mit einer höheren Kompression in den Zylindern betrieben werden können. Bei Dieselmotoren ist die Zündverzögerung des Treibstoffs von Bedeutung, die über die Cetanzahl ausgedrückt wird und beim Ethanol viel zu niedrig ist. So ist der alleinige Einsatz von Ethanol in Dieselmotoren als problematisch einzustufen (HARTMANN, 2002a:172-174).

Nutzung als Kraftstoff

Ethanol kann als Reinkraftstoff, als Mischkraftstoff (d.h. gemischt mit konventionellem Ottokraftstoff) und nach chemischer Umwandlung zu Ethyl-Tertiär-Butyl-Ether (ETBE) in Motoren eingesetzt werden. Die direkte Beimischung wird vielfach aus sowohl praktischen als auch Umwelt- und Klimaschutzgründen als vielversprechendste Lösung angesehen. Theoretisch können etwa 20-25 % Alkohol zum Ottokraftstoff beigemischt werden, ohne dass Änderungen am Motor erforderlich sind. Zur Nutzung von Ethanol als Reinkraftstoff müssen speziell entwickelte Reinalkoholmotoren eingesetzt werden. Der Einsatz von Reinalkohol in Dieselmotoren ist dagegen als problematisch einzustufen, da eine extrem hohe Verdichtung notwendig ist. Eine weitere Einsatzmöglichkeit für Ethanol ist die

chemische Umwandlung zu ETBE, der den Ottokraftstoffen vornehmlich als Oktanzahlverbesserer zugesetzt wird. Dabei muss das Ethanol in petrochemischen Anlagen mit Isobutylen verestert werden. Isobutylen wird aus der Zerlegung von Erdöl und Erdgas und damit aus fossilen Energieträgern gewonnen (HARTMANN, 2002a:177-179).

Nutzung als Brennstoff

Über den Einsatz von Ethanol für Heizzwecke ist aus Forschung und Praxis bisher nichts bekannt geworden, da hier – ebenso wie beim Pflanzenöl – eine Vorrangstellung für die Treibstoffnutzung besteht (HARTMANN, 2002a:180).

Nutzung als Wasserstoffträger für die Brennstoffzellentechnologie (BZ)

Neben Methanol, dessen Gewinnung aus Nachwachsenden Rohstoffen derzeit sowohl in energetischer als auch wirtschaftlicher Hinsicht als ungünstig einzustufen ist, kann auch Ethanol als Wasserstoffträger Verwendung finden. Allerdings gehen Vertreter der Automobilindustrie davon aus, dass BZ-Fahrzeuge erst ab 2015 technologische und wirtschaftliche Produktreife erlangen und im Markt eingeführt werden können.

Anmerkung:
Ein verstärkter Einsatz von Bioethanol im Verkehrssektor erscheint als wahrscheinlich, da Ethanol sowohl als Reinkraftstoff, aber auch als Mischkomponente in Verbindung mit herkömmlichen Kraftstoffen verwendet werden kann (SCHMITZ et al., 2003:130). Nach DIN EN 228 darf herkömmlichem Ottokraftstoff Ethanol bis zu 5 Vol.% beigemischt werden. Dabei sind keine Modifikationen an Motoren erforderlich (SCHMITZ et al., 2003:149). Es empfiehlt sich ein Einsatz des Bioethanols als Treibstoff.

9. Potenzielle Deckungsbeiträge zum Energiebedarf

9.1 Derzeit möglicher Deckungsbeitrag

In Tabelle 47 werden die unter derzeitigen Bedingungen und unter Annahme der derzeit jeweils günstigsten energetischen Nutzungsoptionen erzielbaren Bioenergieerträge ermittelt.

Tabelle 47: Derzeit erzielbare Bioenergieerträge unter Annahme der derzeit jeweils günstigsten energetischen Nutzungsoption

Bioenergie-träger, Menge gesamt	Angenommene Nutzungsart	Menge	Heizwert	Art der Energie	Wirkungs-grad [%]	Energie-ertrag [MWh]
Biofeststoffe (Holz) **1817,7 t_{atro}** [1]	Reine Wärme-gewinnung	908,9 t_{atro} (50 %)	5,12 MWh/ t_{atro} [5]	Wärmeenergie	80 [10]	3.955,5
	Strom- und Wärme-gewinnung (KWK)	908,9 t_{atro} (50 %)		Strom	30 [10]	1.396,1
				Wärmeenergie	50 [10]	2.326,8
Summe	-	1.817,7 t_{atro}	-	-	-	**7.678,4**
Biogas **2.453.789,7 m³** [2]	Strom- und Wärme-gewinnung (KWK)	1.066.894,9 m³ (43 %)	6 kWh/m³ [6]	Wärmeenergie	53 [11]	3.392,7
				Strom	32 [11]	2.048,4
		160.000,0 m³ (Klärschlamm) (7 %)	5 kWh/m³ [7]	Wärmeenergie	53 [11]	424,0
				Strom	32 [11]	256,0
	Biogastreibstoff	1.226.894,9 m³ (50 %)	6 kWh/m³ [6]	Verkehrsenergie	-	7.361,4
Summe	-	2.453.789,7 m³ (100 %)	-	-	-	**13.482,5**
Pflanzenöle 168.385,5 l [3]	Pflanzenöltreibstoff	168.385,5 l	9,2 kWh/l [8]	Verkehrsenergie	-	**1.549,1**
Bioethanol kein Potenzial [4]	Bioethanoltreibstoff	-	5,9 kWh/l [9]	Verkehrsenergie	-	**-**
Gesamtsumme	-	-	-	-	-	**22.710,0**

[1] s. Tab. 23, S. 33
[2] s. Tab. 28, S. 41
[3] s. Tab. 30, S. 42
[4] s. S. 44
[5] WAGNER & WITTKOPF, 2000:96
[6] WEILAND, 2001:26
[7] INTERNET (5)
[8] MAURER 2001:74
[9] nach HARTMANN, 2002a:173 Heizwert Bioethanol: 21,3 MJ/l
Berechnung: 21,3 MJ/l * 0,278 kWh (s. Tab. 52, S.79) = 5,9 kWh/l
[10] JAHRAUS et al., 2000:112-114
[11] s. Tab. 44, S. 60, angenommener Einsatz Zündstrahl-Dieselmotor

Tabelle 48: Derzeit möglicher Deckungsbeitrag zum Energiebedarf

Art der Energie	Jährlicher Energiebedarf [MWh]	Bioenergieträger	Derzeit möglicher Energieertrag [MWh] [2]	Derzeitiges Substitutions-potenzial	
				[MWh]	[%]
Wärmeenergie	134.188 [1]	Biofeststoffe	6.282,3	10.099,0	**8**
		Biogas	3.816,7		
Strom	49.522 [1]	Biofeststoffe	1.396,1	3.700,5	**7**
		Biogas	2.304,4		
Verkehrsenergie	122.301 [1]	Biogas	7.361,4	8.910,5	**7**
		Pflanzenöle	1.549,1		
		Bioethanol	-		
Gesamtsumme	**306.011**	**-**	**22.710,0**	**22.710,0**	**7**

[1] s. Tab. 7, S. 16
[2] Summen ermittelt aus Tab. 47, S. 66

Derzeit könnte durch den zuvor dargestellten Einsatz von Bioenergieträgern etwa **8 % des Wärmeenergiebedarfs**, **7 % des Strombedarfs** und **7 % des Verkehrsenergiebedarfs** gedeckt werden. Die erzielbaren Energieerträge aus Biomasse in Vilsbiburg belaufen sich derzeit auf **22.710,1 MWh/a**. Der **Gesamtdeckungsbeitrag** beträgt **7 %**.

9.2 Zukünftig möglicher Deckungsbeitrag

In Tabelle 49 werden die zukünftig erzielbaren Bioenergieerträge ermittelt. Es werden die selben energetischen Nutzungsarten und Mengenverteilungen wie unter Kapitel 9.1 angenommen.

Tabelle 49: Zukünftig erzielbare Bioenergieerträge unter Annahme der derzeit jeweils günstigsten energetischen Nutzungsoption (Voraussetzung: Annahmen Kap. 7,2, S. 48f)

Bioenergie-träger, Menge gesamt	Angenommene Nutzungsart	Menge	Heizwert	Art der Energie	Wirkungs-grad [%]	Energie-ertrag [MWh]
Biofeststoffe (Holz) **11615,2 t_{atro}** [1]	Reine Wärme-gewinnung	5.807,6 t_{atro} (50 %)	5,12 MWh/ t_{atro} [5]	Wärmeenergie	85 [10]	25.274,7
	Strom- und Wärme-gewinnung (KWK)	5.807,6 t_{atro} (50 %)		Strom	30 [10]	8.920,5
				Wärmeenergie	50 [10]	14.867,5
Summe	-	11.615,2 t_{atro}	-	-	-	**49.062,7**
Biogas **4.361.867,2 m³** [2]	Strom- und Wärme-gewinnung (KWK)	2.020.933,6 m³ (46 %)	6 kWh/m³ [6]	Wärmeenergie	53 [11]	6.426,6
				Strom	32 [11]	3.880,2
		160.000,0 m³ Klärschlamm (4 %)	5 kWh/m³ [7]	Wärmeenergie	53 [11]	424,0
				Strom	32 [11]	256,0
	Biogastreibstoff	2.180.933,6 m³ (50 %)	6 kWh/m³ [6]	Verkehrsenergie	-	13.085,6
Summe	-	4.361.867,2 m³	-	-	-	**24.072,7**
Pflanzenöle 133.239,6 l [3]	Pflanzenöltreibstoff	133.239,6 l	9,2 kWh/l [8]	Verkehrsenergie	-	**1.225,8**
Bioethanol 1.228.955,0 l [4]	Bioethanoltreibstoff	1.228.955,0 l	5,9 kWh/l [9]	Verkehrsenergie	-	**7.250,8**
Gesamtsumme	-	-	-	-	-	**81.611,7**

[1] Berechnung: 209,2 t_{atro} (s. S. 50) + 9.588,3 t_{atro} (s. Tab. 36, S. 51) + 1.817,7 t_{atro} (s. Tab. 23, S. 33) = 11.615,2 t_{atro}
[2] Berechnung: (2.453.789,7 m³ (s. Tab. 28, S. 41) – 590.222,5 m³ (s. S. 51) + 2.498.300 m³ (s. Tab. 37, S. 52) = 4.361.867,2 m³
[3] s. Tab. 38, S. 53
[4] s. Tab. 39, S. 54
[5] WAGNER & WITTKOPF, 2000:96
[6] WEILAND, 2001:26
[7] INTERNET (5)
[8] MAURER 2001:74
[9] nach HARTMANN, 2002a:173 Heizwert Bioethanol: 21,3 MJ/l
Berechnung: 21,3 MJ/l * 0,278 kWh (s. Tab. 52, S. 79) = 5,9 kWh/l
[10] JAHRAUS et al., 2000:112-114
[11] s. Tab. 44, S. 60, angenommener Einsatz Zündstrahl-Dieselmotor

Tabelle 50: Zukünftig möglicher Deckungsbeitrag zum Energiebedarf

Art der Energie	Jährlicher Energiebedarf [MWh]	Bioenergieträger	Zukünftig möglicher Energieertrag [MWh] [2]	Zukünftiges Substitutions-potenzial	
				[MWh]	[%]
Wärmeenergie	134.188 [1]	Biofeststoffe	40.142,2	46.992,8	**35**
		Biogas	6.850,6		
Strom	49.522 [1]	Biofeststoffe	8.920,5	13.056,7	**26**
		Biogas	4.136,2		
Verkehrsenergie	122.301 [1]	Biogas	13.085,6	21.562,2	**18**
		Pflanzenöle	1.225,8		
		Bioethanol	7.250,8		
Gesamtsumme	**306.011**	**-**	**81.611,7**	**81.611,7**	**27**

[1] s. Tab. 7, S. 16
[2] Summen ermittelt aus Tab. 49, S. 67

Zukünftig könnte durch den Einsatz von Bioenergieträgern etwa **35 % des Wärmeenergiebedarfs**, **26 % des Strombedarfs** und **18 % des Verkehrsenergiebedarfs** gedeckt werden. Die erzielbaren Energieerträge aus Biomasse in Vilsbiburg würden sich unter Voraussetzung der Bedingungen des Szenarios (s. Kap. 7.2) auf **81.611,7 MWh/a** erhöhen. Damit wäre ein **Gesamtdeckungsbeitrag von 27 %** erreicht.

10. Handlungsempfehlungen

10.1 Allgemeine Empfehlungen

10.1.1 Projektunterstützung durch fachmännisches Know-how

Sofern Unsicherheiten im Vorfeld eines Biomasseprojekts bestehen, ist es sinnvoll fachmännische Unterstützung einzuholen. Bereits im frühen Stadium der Entwicklung und Ausformulierung einer Projektidee stehen kompetente Ansprechpartner wie zum Beispiel das Biomasse-Info-Zentrum, C.A.R.M.E.N. e.V., die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR) etc. zur Verfügung.

10.1.2 Gründung von Interessengemeinschaften

Für Privatpersonen, beispielsweise Forst- und/oder Landwirte, die an einer Produktion und energetischen Nutzung Nachwachsender Rohstoffe interessiert sind, ist die Gründung von Interessengemeinschaften empfehlenswert. Bei anstehenden Verhandlungen mit Energieversorgungsunternehmen, Behörden, Banken etc. kann eine Gruppe meist mehr erreichen als Einzelpersonen und das Auftreten in einer Interessengemeinschaft fördert gleichzeitig die Akzeptanz in der Bevölkerung. Gegebenenfalls könnte eine derartige Interessengemeinschaft auch durch die örtliche Agenda 21-Gruppe gegründet werden.

10.1.3 Gründung von Investorengemeinschaften

Sind die finanziellen Möglichkeiten zur Realisierung einer Biomasseanlage nicht ausreichend, empfiehlt sich die Gründung einer Investorengemeinschaft. Hierbei können die bisherigen Erfahrungen der durch die Agenda 21 initiierten „Solaren Bürgerkraftwerke“, die durch eine Anlegergemeinschaft finanziert werden konnten, genutzt werden.

10.1.4 Nachhaltige Produktion von Energiepflanzen

Eine sinnvolle Energiepflanzenproduktion in Forst- und Landwirtschaft setzt einen schonenden Umgang mit den Ressourcen voraus. Empfehlungen zu einer nachhaltigen Erzeugung von Energiepflanzen sind dem Kapitel 7 zu entnehmen.

10.1.5 Nachhaltige Produktion von Bioenergieträgern

Eine sinnvolle Pflanzenöl- sowie Bioethanolgewinnung aus Energiepflanzen muss unter nachhaltigen Bedingungen erfolgen. Hierbei wird eine Umsetzung des dezentralen Konzepts nach SERGIS-CHRISTIAN zur Pflanzenölerzeugung (s. Kap. 13.3.3.1, S. 85) sowie die Umsetzung einer Bioethanolerzeugung unter Einbeziehung einer gekoppelten Biogasproduktion nach SENN (s. Kap. 13.3.3.2, S. 85f) empfohlen.

10.2 Empfehlungen an die Stadt Vilsbiburg

10.2.1 Informationsangebot verbessern

- Akzeptanz von Bioenergieanlagen fördern: Der Erfolg bei der Realisierung von Biomasseprojekten ist abhängig von einer breiten Akzeptanz und Unterstützung sowohl auf Verwaltungsebene als auch der Bevölkerung. Somit sind insbesondere im Vorfeld von geplanten Biomasseprojekten Akzeptanz schaffende Maßnahmen und eine breit angelegte Öffentlichkeitsarbeit von großer Bedeutung. Um eventuell bestehende Vorurteile, Hemmnisse und Informationsdefizite zur energetischen Nutzung von Biomasse auszuräumen, können weiterhin Informationsabende dienen, wie sie bereits von der örtlichen Agenda 21-Gruppe veranstaltet wurden. Informationsstände, Postwurfsendungen und Internet (Homepage Stadt Vilsbiburg) bieten sich an, um bei geplanten Projekten eine breite Öffentlichkeit informieren zu können. Besichtigungsfahrten zu Referenzanlagen in der Region können ein anschauliches Bild der Technik und der Erfahrungen anderer Anlagen vermitteln.

- Interesse der Bevölkerung wecken: Informationsveranstaltungen und -aktionen zu den Vorteilen und vielfältigen Nutzungsmöglichkeiten von Biomasse sowie zu den staatlichen Förderprogrammen können das Interesse von Einzelpersonen sowie ortsansässigen Unternehmen wecken, in Eigeninitiative auf Bioenergienutzung umzusteigen, oder sich als Investoren an Biomasseprojekten zu beteiligen.

10.2.2 Vorbildfunktion der Gemeinde erfüllen

• Durch den Einsatz von Biomasse beispielsweise zur Beheizung und Stromversorgung öffentlicher Gebäude und Liegenschaften kann die Stadt Vilsbiburg Akzente setzen und durch die praktische Umsetzung ihrer Vorbildrolle zur CO_2–Minderung gegenüber privaten Wirtschaftsunternehmen und der Bevölkerung gerecht werden.

• Bei der Entwicklung von Biomasseprojekten kann die Gemeinde selbst die Initiative ergreifen bzw. die Initiativen anderer Akteure unterstützen. Prinzipiell sind aus Sicht der Gemeinde folgende Aktionsmöglichkeiten denkbar: Realisierung von Biomasseprojekten in Eigenregie, Gründung einer Beteiligungsgesellschaft (Investorengemeinschaft), Contracting (Einschalten eines externen Dienstleisters) und die aktive Begleitung privater Investoren.

• Eine Umrüstung auf Pflanzenölbetrieb der 5 Fahrzeuge, die im Auftrag der Stadtwerke Vilsbiburg als Anrufsammeltaxi fahren, könnte von der Gemeinde angeregt und finanziell unterstützt werden.

10.2.3 Handlungsmöglichkeiten erkennen

In verschiedenen Situationen sollte die Gemeinde prüfen, ob der Einsatz von Biomasseanlagen eine sinnvolle Alternative zur bisherigen Energieversorgung darstellt:

• So kann beispielsweise der Sanierungsbedarf bei Heizungsanlagen öffentlicher Gebäude oder der Bedarf einer neuen Heizungsanlage wegen Umbau ausschlaggebend für einen Umstieg auf Bioenergienutzung sein. Nach Prüfung der Rahmenbedingungen kann die Entscheidung für eine Biomasseanlage fallen.

• Neubauvorhaben – größere öffentliche Gebäude oder Siedlungen – bieten große Chancen für den Einsatz von Biomasseanlagen. Dazu ist eine frühzeitige Prüfung der Wärmeversorgung durch eine Biomasseanlage erforderlich. Die Gemeinde verfügt über das notwendige Wissen zu anstehenden Neubauvorhaben und falls sie Eigentümer der betroffenen Grundstücke ist, kann sie ihre Vorstellungen über die Wärmeversorgung in privatrechtlichen Verträgen einbringen.

• Zwischen Neubaugebieten oder interessierten benachbarten Verbrauchern und öffentlichen Gebäuden könnte ein Wärmeverbund hergestellt werden.

• Im Zuge der kommunalen Aktivitäten zum Klimaschutz oder als Arbeitsgrundlage für ein kommunales Energiemanagement sollte ein Klimaschutz- und/oder Energieversorgungskonzept erarbeitet werden, in welchem Gutachter ökonomische und ökologische Chancen des Einsatzes regenerativer Energie darstellen.

• Im Rahmen des kommunalen Energiemanagements sollte der Energieverbrauch aller öffentlichen Gebäude systematisch ausgewertet werden. Stehen Neuverhandlungen von Energielieferverträgen oder Sanierungsbedarf an, sollte der Einsatz von Biomasse zur Wärmeversorgung und zur Stromerzeugung in Kraft-Wärme-Kopplung angedacht werden.

• Die Entsorgung kommunaler organischer Abfälle könnte in Zukunft durch Vergärung in Biogasanlagen erfolgen. Hierbei könnte der Zeitpunkt einer neuen Ausschreibung der Verwertung dieser Abfallfraktion zu einer Umstellung genutzt werden.

10.2.4 Privatwirtschaftliche Biomasseprojekte unterstützen

Potenzielle Initiatoren von Biomasseprojekten können neben der Gemeinde Energieversorgungsunternehmen, Contractoren, örtliche Bankfilialen, Finanzinvestoren, sowie Privatpersonen, die aus beruflichen Gründen mit dem Thema vertraut sind (z.B. Waldbesitzer), private Unternehmen, Landwirte und Bürger sein. In diesem Fall kommt der Gemeinde eine wesentliche Rolle als Inhaberin der Planungshoheit und als genehmigende Behörde zu. Die Gemeinde sollte durch eine aufgeschlossene und konstruktive Mitwirkung beispielsweise durch Bereitstellung oder Verkauf von Flächen, durch konstruktive Mitwirkung am Genehmigungsverfahren und durch wohlwollende aber kritische Prüfung bezüglich Erschließungsarbeiten und Gewährung von Leitungsrechten solche Projekte zum Ausbau der regenerativen Energien fördern.

10.2.5 Anbieten von „Ökostrom“ aus Biomasse

Aus Biomasse erzeugter Strom könnte von den Stadtwerken Vilsbiburg im Rahmen des Angebots „Ökostrom“ vermarktet werden.

11. Zusammenfassung

Der Energiesektor befindet sich in einem Wandlungsprozess. Probleme, welche durch die bestehenden Strukturen, basierend auf einer zentralistischen Energieversorgung mit fossilen Energieträgern sowie Atomenergie verursacht werden, sind hinlänglich bekannt. Eine Abkehr von diesen bestehenden Strukturen der Energieversorgung ist unvermeidlich. An ihre Stelle treten zunehmend Erneuerbare Energieträger. Verschiedene Technologien ermöglichen eine direkte (z.B. Photovoltaik) oder indirekte (z.B. Wasser- und Windkraft, sowie Bioenergien) Nutzung der Sonnenenergie. Die Gemeinde Vilsbiburg hat den dringenden Handlungsbedarf erkannt und eine Ermittlung der Potenziale in den Bereichen Wasser- und Windkraft, Photovoltaik sowie Bioenergien in Auftrag gegeben.

Nach einer Betrachtung der naturräumlichen und soziostrukturellen Grundlagen Vilsbiburgs und der Ermittlung des derzeitigen Energiebedarfs befasst sich die vorliegende Diplomarbeit mit den Potenzialen der Bioenergien in den Sektoren Biofeststoffe, Biogas, Pflanzenöle und Bioethanol. Dabei wird die Reichweite des Bioenergiepotenzials in der Gemeinde Vilsbiburg ermittelt. Entsprechende Vorschläge zeigen beispielhaft auf, wie eine Steigerung des vorhandenen Potenzials unter nachhaltigen Bedingungen aussehen könnte. Ferner werden für die genannten Bioenergiesektoren relevante energetische Nutzungsmöglichkeiten vorgestellt. Anhand der Ergebnisse werden mögliche Deckungsbeiträge zum Energiebedarf Vilsbiburgs ermittelt.

Im Rahmen einer Abschätzung konnte ein Energiebedarf von insgesamt **317.639 MWh/a** festgestellt werden. Dabei weist der **Wärmebedarf mit etwa 42 %** den höchsten Anteil am Gesamtenergiebedarf auf, gefolgt von einem **Verkehrsenergiebedarf von knapp 39 %** und einem **Strombedarf von knapp 16 %**. Bemerkenswert ist, dass der Anteil der überlebenswichtigen **Nahrungsenergie nur 3,7 %** beträgt.

Zur Ermittlung des derzeitigen Biofeststoffpotenzials wurde sowohl die für eine energetische Nutzung in Frage kommende holz- als auch halmgutartige Biomasse untersucht. Zu den holzartigen Biofeststoffen wurde das derzeitige Potenzial der Kategorien Waldenergieholz, Holz aus Energiewäldern, Industrierestholz, Altholz, Flurholz und Schwemmholz durch entsprechende Erhebungen ermittelt. Es konnte festgestellt werden, dass derzeit keine sogenannten Energiewälder bestehen. Insgesamt fallen etwa **1.817,7 t_{atro} energetisch nutzbares Holz** an. Energetisch nutzbare halmgutartige Biofestbrennstoffe werden derzeit nicht produziert.

Für eine Vergärung in Biogasanlagen zur Biogaserzeugung stehen Substrate aus den Kategorien „Landwirtschaftliche Abfallstoffe“, „Landwirtschaftliche Rohstoffe“ sowie „Außerlandwirtschaftliche kommunale Abfallstoffe“ zur Verfügung. Die Erhebungen ergaben, dass aus der in Vilsbiburg anfallenden vergärbaren Biomasse jährlich insgesamt **2.453.789,7 m³ Biogas** erzeugt werden könnten.

Die Erhebung zu den derzeit auf Vilsbiburger Landwirtschaftsflächen angebauten Ölpflanzen (Non-Food) ergab, dass derzeit etwa **168.385,5 Liter Pflanzenöl** erzeugt werden könnten.

Bioethanol kann grundsätzlich aus zucker-, stärke- und zellulosehaltige Pflanzen erzeugt werden. Derzeit werden in Vilsbiburg alle für eine Bioethanolerzeugung in Frage kommenden Feldfrüchte zur Bereitstellung von Nahrungs- bzw. Futtermitteln erzeugt. Somit besteht derzeit **kein Potenzial zur Bioethanolerzeugung**.

In Kapitel „7. Steigerungsmöglichkeiten des Bioenergiepotenzials“ wird ein beispielhaftes Modell einer zukünftig bioenergieorientierten Nutzung der Landwirtschaftsflächen Vilsbiburgs unter nachhaltigen Bedingungen vorgestellt. Ausgehend von einer Berechnung des Flächenbedarfs zu einer Nahrungsmittelselbstversorgung Vilsbiburgs konnten zukünftig für eine **Energiepflanzenproduktion zur Verfügung stehende Flächen von 2.855,1 ha** ermittelt werden. Zusätzlich wurde auf Grundlage des Landschafts- sowie Agrarleitplans untersucht, welche derzeit ackerbaulich genutzten Flächen aus ökologischen sowie ökonomischen Gründen umgewidmet werden sollten. Anschließend werden im Rahmen eines Zukunftsszenarios Möglichkeiten zur Steigerung des Bioenergiepotenzials aufgezeigt. Unter den jeweils getroffenen Annahmen wurden die zukünftig möglichen Potenziale der einzelnen Bioenergiesektoren ermittelt.

Die derzeit jährlich anfallende Biofeststoffmenge könnte im Rahmen des vorgeschlagenen Szenarios von 1.817,7 t_{atro} auf **11.615,2 t_{atro} Biofeststoffmenge** gesteigert werden.

Für das Biogaspotenzial ergab sich eine Erhöhung von derzeit möglichen 2.453.789,7 m³ auf jährlich erzielbare **4.361.867,2 m³ Biogas**.

Zur Ermittlung der möglichen Mehrerträge im Pflanzenölsektor wurde jeweils von einer Ölpflanzenproduktion nach Kriterien des konventionellen Landbaus (Reinanbau Raps) sowie des naturgemäßen Landbaus (Mischfruchtanbau Leindotter - Weizen) ausgegangen. Zur Veranschaulichung der Vorteile eines Mischfruchtanbaus gegenüber

konventionellem Reinanbau wurde der jeweils unterschiedliche Treibstoff-Eigenbedarf zur Ermittlung des vermarktbaren Pflanzenölüberschusses berücksichtigt. Während der derzeitige Ölpflanzenbau den Treibstoff-Eigenbedarf zur Bewirtschaftung der Ackerflächen nicht decken kann, verbleibt bei zukünftig konventionellem Ölpflanzenanbau ein vermarktbarer Überschuss von **222.944,3 Litern**. Bei naturgemäßem Mischfruchtanbau könnte ein vermarktbarer Überschuss von **38.177,1 Litern Pflanzenöl** erzielt werden, wobei zusätzlich **Getreide zur Bioethanolerzeugung auf derselben Fläche produziert** wird. Insgesamt könnten bei zukünftig konventionellem Rapsanbau jährlich **603.194,3 Liter**, bei empfohlenen Mischfruchtanbau **133.239,6 Liter Pflanzenöl** gewonnen werden.

Die Ermittlung des Bioethanolpotenzials erfolgte ebenfalls unter der Annahme eines Anbaus von Weizen nach Kriterien des konventionellen Landbaus (Reinanbau) sowie des naturgemäßen Landbaus (Mischfruchtanbau Weizen - Leindotter). Es konnte festgestellt werden, dass die Ertragsergebnisse relativ beieinander liegen. Unter den angenommenen Rahmenbedingungen für eine konventionelle Weizenproduktion könnten aus dem erzeugten Weizen **1.285.405,9 Liter Bioethanol** erzeugt werden. Aus den Erträgen einer naturgemäßen Weizenproduktion könnten **1.228.955,0 Liter Bioethanol** bei **gleichzeitiger Ölpflanzenproduktion auf der selben Fläche** gewonnen werden.

Nach einer Darstellung der energetischen Nutzungsmöglichkeiten der verschiedenen Bioenergieträger werden unter Annahme der jeweils in Vilsbiburg günstigsten Nutzungsoption bzw. -optionen die potenziellen Deckungsbeiträge zum Energiebedarf ermittelt. Unter **derzeitigen Bedingungen** könnte ein **Gesamtdeckungsbeitrag von etwa 7 %** erzielt werden. Dabei könnten durch den Einsatz von Bioenergieträgern **8 % des Wärmebedarfs**, **7 % des Strombedarfs** und **7 % des Verkehrsenergiebedarfs** gedeckt werden. **Zukünftig** könnte im Rahmen des vorgeschlagenen Szenarios und unter Annahme der selben energetischen Nutzung der eingesetzten Bioenergieträger ein **Gesamtdeckungsbeitrag von 27 %** erzielt werden. Dies entspricht einer Steigerung von etwa **20 %**. Dabei könnten **35 % des Wärmebedarfs** (Steigerung 27 %), **26 % des Strombedarfs** (Steigerung 19 %) und **18 % des Verkehrsenergiebedarfs** (Steigerung 11 %) gedeckt werden.

Anmerkung:
Zur Ermittlung des zukünftig möglichen Deckungsbeitrags zum Verkehrsenergiebedarf wurde von einer nachhaltigen Erzeugung der Rohstoffe zur Treibstoffgewinnung unter den Kriterien eines naturgemäßen Landbaus und dementsprechenden Mengen ausgegangen.

Abschließend werden allgemeine Handlungsempfehlungen zur Bioenergiethematik und konkrete Handlungsvorschläge an die Stadt Vilsbiburg ausgesprochen.

12. Quellenangaben

12.1 Ansprechpartner

- ASANGER, S. (2004), mündliche Mitteilung, Schreinereibetreiber, Tel. Nr. 08741/8279
- BAIER, H. (2004), mündliche Mitteilung, Schreinereibetreiber, Tel. Nr. 08741/6620
- BALK, F. (2004), mündliche Mitteilung, Wasserkraftwerksbetreiber, Tel. Nr. 08741/960688
- BALK, J., (2004), mündliche Mitteilung, Sägewerksbetreiber, Tel. Nr. 08741/96060
- BAUER, H. (2004), mündliche Mitteilung, Schreinereibetreiber, Tel. Nr. 08741/6836
- BAUMANN, G. (2004), mündliche Mitteilung, Schreinereibetreiber, Tel. Nr. 08741/6354
- BELLOF, G. (2004), mündliche Mitteilung, Professor an der FH-Weihenstephan (Fachbereich Land- und Ernährungswirtschaft), Tel. Nr. 08161/714329
- BLÜMEL, L. (2003), mündliche Mitteilung, Forstdienststelle Vilsbiburg, Tel. Nr. 08741/4379
- FEDLMEIER, A. (2004), mündliche Mitteilung, Kompostierungsunternehmen Fedlmeier mit Sitz in Geisenhausen, Tel. Nr. 08743/7432
- FEDLMEIER, C. (2004), mündliche Mitteilung, Kompostierungsunternehmen Fedlmeier mit Sitz in Geisenhausen, Tel. Nr. 08743/7432
- FINN, S. (2004), mündliche Mitteilung, Schreinereibetreiber, Tel. Nr. 08741/2234
- GEIER, J. (2004), mündliche Mitteilung, Schreinereibetreiber, Tel. Nr. 08741/1895
- GERSTL, P. (2004), mündliche Mitteilung, Mitarbeiter der Reststoff- und Bauschuttdeponie, Kompostieranlage Spitzlberg, Landshut, Tel. Nr. 0871/74789
- GRANICH, J. (2004), mündliche Mitteilung, Wasserkraftwerksbetreiber, Tel. Nr. 08741/4441
- GRUBER, J. (2004), mündliche Mitteilung, Wasserkraftwerks- und Sägewerksbetreiber, Tel. Nr. 08741/4116
- HÄRINGER, J. (2004), mündliche Mitteilung, Schreinereibetreiber, Tel. Nr. 08741/4457
- HEILMER, S. (2004), mündliche Mitteilung, Pfarramt Vilsbiburg, Tel. Nr. 08741/96410
- KNOLLMÜLLER, K.-H. (2004), mündliche Mitteilung, Stützpunktleiter München der DB Services Südost GmbH, Fahrwegdienste, Tel. Nr. 089/1308-23501
- KOHLER, G. (2004), mündliche Mitteilung, Schreinereibetreiber, Tel. Nr. 08741/948296
- KOLLMANNSBERGER, A. (2004), mündliche Mitteilung, Schreinereibetreiber, Tel. Nr. 08741/924230
- KREITMEIER, M. (2004), mündliche Mitteilung, Schreinereibetreiber, Tel. Nr. 08741/4335
- KRIPPNER, M. (2004), mündliche Mitteilung, Schreinereibetreiber, Tel. Nr. 08741/1747
- LEHNER, J. (2004), mündliche Mitteilung, Mitarbeiter des Wasserwirtschaftsamts Landshut, Tel. Nr. 0871/8528-151
- LOBINGER M. (2004), mündliche Mitteilung, Mitarbeiter des Amtes für Landwirtschaft Landshut, Tel. Nr. 0871/603126
- MOOSER, K. (2004), mündliche Mitteilung, Mitarbeiter der Unteren Naturschutzbehörde Landshut, Tel. Nr. 0871/408307
- MOOSER, M. (2004), mündliche Mitteilung, Mitarbeiter der ortsansässigen restholzverarbeitenden und –vermarktenden Fa. Blieninger, Tel. Nr. 08741/96380
- NIEDERMEIER, W. (2004), mündliche Mitteilung, Betriebsleiter der Kläranlage Vilsbiburg, Tel. Nr. 08741/7301
- OPPITZ, K. (2004), mündliche Mitteilung, Professor an der FH-Weihenstephan (Fachbereich Land- und Ernährungswirtschaft), Tel. Nr.: 08161/714331
- OSSNER, J. (2004), mündliche Mitteilung, Mitarbeiter des Landwirtschaftsamts Landshut, Tel. Nr. 0871/603131
- PRAMPS, M. (2004), mündliche Mitteilung, Mitarbeiter des Landwirtschaftsamts Landshut, Tel. Nr. 0871/603129
- SAMBERGER, G. (2004), mündliche Mitteilung, Schreinereibetreiber, Tel. Nr. 08741/6275
- SAMBERGER, M. (2004), mündliche Mitteilung, Schreinereibetreiber, Tel. Nr. 08741/7094
- SCHINDLBECK, F. X. (2004), mündliche Mitteilung, Sägewerksbetreiber in Vilsbiburg, Tel. Nr. 08741/6282
- SCHMID, O. (2004), mündliche Mitteilung, Mitarbeiter des Entsorgungsunternehmens Wolf Straubing, Tel. Nr. 09421/707-3
- SCHMID, W. (2004), mündliche Mitteilung, Schreinereibetreiber, Tel. Nr. 08741/91450
- SCHRIMPFF, E. (2004), mündliche Mitteilung, Professor an der FH-Weihenstephan (Fachbereich Landschaftsarchitektur), Tel. Nr.: 08161/715113
- STADLER, H. (2004), mündliche Mitteilung, Wasserkraftwerksbetreiber, Tel. Nr. 08741/8203
- STADLÖDER, P. (2004), mündliche Mitteilung, Gemeinde Vilsbiburg, Tel. Nr. 08741/30543

- THUN, W. (2004), mündliche Mitteilung, Stadtwerke Vilsbiburg, Tel. Nr. 08741/964412
- TRUMMET, B. (2004), mündliche Mitteilung, Abfallberaterin des Landratsamts Landshut, Tel. Nr. 0871/408300
- UNTERHOLZNER, H. (2004), mündliche Mitteilung, Wasserkraftwerks- und Sägewerksbetreiber in Vilsbiburg, Tel. Nr. 08741/4581
- URBICH, I. (2004), mündliche Mitteilung, Mitarbeiter des Altfettentsorgungsunternehmens Lesch in Thalmässing, Tel. Nr. 09173/874
- WACKERBAUER, J. (2004), mündliche Mitteilung, Schreinereibetreiber, Tel. Nr. 08741/3129
- WACKERBAUER, W. (2004), mündliche Mitteilung, Wasserkraftwerks- und Sägewerksbetreiber, Tel. Nr. 08741/4559
- WEINZIERL, K. (2004), mündliche Mitteilung, Schreinereibetreiber, Tel. Nr. 08741/6246
- WEIXLGARTNER, G. (2004), mündliche Mitteilung, Gemeinde Vilsbiburg, Tel. Nr. 08741/30538
- WETZEL, H. (2004), mündliche Mitteilung, Baugenossenschaft Vilsbiburg, Tel. Nr. 08741/4433
- WIESMEIER, J. (2004), mündliche Mitteilung, Schreinereibetreiber, Tel. Nr. 08741/1632
- WINDSCHIEGL, (2004), mündliche Mitteilung, Mitarbeiter der Straßenmeisterei des Landkreises Landshut, Tel. Nr. 0871/9736213
- WIRTMÜLLER, R. (2004), mündliche Mitteilung, Mitarbeiter des Stadtbauhofs Vilsbiburg, Tel. Nr. 08741/8799
- WOLF, M. (2004), mündliche Mitteilung, Entsorgungsunternehmen Wolf Straubing, Tel. Nr. 09421/707-400
- ZEHENTBAUER, M. (2004), mündliche Mitteilung, Schreinereibetreiber , Tel. Nr. 08741/1014
- ZEILER, J. (2004), mündliche Mitteilung, Sägewerksbetreiber in Vilsbiburg, Tel. Nr. 08741/1666

12.2 Literaturangaben

- BAYERISCHES LANDESAMT FÜR STATISTIK UND DATENVERARBEITUNG (Hrsg.) (2002): „Statistik kommunal2002, Stadt Vilsbiburg“, München, 13 S.
- BAYERISCHES LANDESAMT FÜR STATISTIK UND DATENVERARBEITUNG (Hrsg.) (2002a): „Gemeindedaten 2002“, München, Seitenzahl unbekannt
- BONK, M., LANGE, U., LANGKAU, J., MEYER, U., NEY, P., RENNER, M., RUTHENBERG-WILKENS, D., SCHIFFGEN, C., SEGER, G. & WASKOW, F. (1998): „Leitfaden Nachwachsende Rohstoffe“, C. F. Müller Verlag, Heidelberg, 270 S.
- CZANDERLE, S., ROGG, C. & SCHÖFER, A. (2000): „Biofeststoff-Potenzial“, S. 215-236, in: SCHRIMPFF, E. (Hrsg.), „Potenziale Erneuerbare Energien in Moosburg 2000“, Freising, BAND I: 248 S., BAND II: 151 S.
- DAMBROTH, M. (1993): „Biomasse als Energiequelle – Züchtung, Anbau und Ertrag“, S. 51-66, in: FLAIG, H. & MOHR, H. (Hrsg.), „Energie aus Biomasse – eine Chance für die Landwirtschaft“, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 376 S.
- DIMITRI, L. (1993): „Einsatz schnellwachsender Baumarten im Kurzumtrieb zur Energiegewinnung“, S. 148-169, in: FLAIG, H. & MOHR, H. (Hrsg.), „Energie aus Biomasse – eine Chance für die Landwirtschaft“, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 376 S.
- FREYER, B. (2003): „Fruchtfolgen“, Eugen Ulmer Verlag GmbH & Co., Stuttgart, 230 S.
- GEISEN, B. (2002/2003): „Bioenergie – Nutzung nachwachsender Rohstoffe in der Energieerzeugung und personelle Qualifizierung”, S. 12-23, in: MEDENBACH, M. C. (Hrsg.), „Erneuerbare Energie in der Land(wirt)schaft“, Band 5, Verlag für land(wirt)schaftliche Publikationen, Zeven, 230 S.
- HARTMANN, H. (2002a): „Techniken und Verfahren“, S. 74-184, in: HARTMANN, H. & KALTSCHMITT M. (Hrsg.), „Biomasse als erneuerbarer Energieträger“, Landwirtschaftsverlag, Münster, 692 S.
- HARTMANN, H. (2002b): „Kosten der Energiegewinnung aus Biomasse“, S. 486-527, in: HARTMANN, H. & KALTSCHMITT M. (Hrsg.), „Biomasse als erneuerbarer Energieträger“, Landwirtschaftsverlag, Münster, 692 S.
- HARTMANN, H. & HÖLDRICH, A. (2003): „Wirkungsgrad, Emissionen, Aschequalität“, S. 103-112, in: HARTMANN, H. (Hrsg.), „Handbuch Bioenergie Kleinanlagen“, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., Gülzow, 184 S.
- HARTMANN, H. & ROSSMANN, P. (2003): „Feuerungen und Anlagentechnik“, S. 68-102, in: HARTMANN, H. (Hrsg.), „Handbuch Bioenergie Kleinanlagen“, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., Gülzow, 184 S.
- HEIM, U., KEMMNER, M., WÄCHTER, K., WALTER, S. (2000): „Pflanzenölpotenzial“, S. 202-214, in: SCHRIMPFF, E. (Hrsg.), „Potenziale Erneuerbare Energien in Moosburg 2000“, Freising, BAND I: 248 S., BAND II: 151 S.

- JAHRAUS, B., HEINRICH P., SIEGLE V. & SPLIETHOFF H. (2000): „Technik der Energieumwandlung“, S. 95-122, in: DEIMLING, S. (Hrsg.), „Leitfaden Bioenergie – Planung, Betrieb und Wirtschaftlichkeit von Bioenergieanlagen“, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe, Gülzow, 281 S.
- KALTSCHMITT, M. & HARTMANN, H. (2001): „Energie aus Biomasse“, Springer-Verlag, Berlin (u.a.), 770 S.
- LÄNGST, S., SCHOTT, F., SCHEUERECKER, L., LINDNER-HAAG, B.-J. & BICHLMAIER, M. (1996): „Landschaftsplan der Stadt Vilsbiburg“, Landschaftsarchitektur Götz Mecklenburg & Stefan Längst, Landshut-Hohenegglkofen, 76 S.
- MAURER (2001): „Möglichkeiten des Einsatzes von Naturbelassenem Rapsöl in Dieselmotoren“, in: „Dezentrale Pflanzenölnutzung 5. Tagung“, 7.-8. Dez. 2001, Aulendorf, Tagungsband, 82 S.
- OSTERMEIER, R. (2003): „Das Potenzial der Wasser- und Windkraft in Vilsbiburg / Lkrs. Landshut“, SCHRIMPFF, E. (Hrsg.), Freising, 76 S.
- ROTH, L. & KORMANN, K. (2000): „Ölpflanzen – Pflanzenöle“, ecomed Verlag, Landsberg, 226 S.
- SENN, T. (2003): „Die Produktion von Bioethanol als Treibstoff unter dem Aspekt der Energie-, Kosten- und Ökobilanz“, S. 29-36, in: „Fachtagung Regenerative Kraftstoffe – Entwicklungstrends, F&E-Ansätze, Perspektiven“, Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung, Stuttgart, Seitenzahl unbekannt
- SCHMITZ, N., WILKENING, L., WILKENING C. L., HÖRING K., JATZKE H. & KLEPPER G. (2003): „Bioethanol in Deutschland“, Schriftenreihe „Nachwachsende Rohstoffe“, Band 21, Landwirtschaftsverlag, Münster, 355 S.
- SCHÖFER, A. (2002): „Das Bioenergiepotenzial der Gemeinde Scheyern Lkrs. Pfaffenhofen“, SCHRIMPFF, E. (Hrsg.), Freising, 89 S.
- SCHRIMPFF, E. (1998): „Nachhaltige kommunale Energie-Selbstversorgung in der Gemeinde Furth, Landkreis Landshut, Bayern“, Seminararbeit des Fachbereichs Landschaftsarchitektur an der FH Weihenstephan 1998
- SCHRIMPFF, E. (2001): „Die Pflanzenöl-Technik ist sofort einsetzbar“, in: „Neue Energie“, Bd. Dezember 2001, H. 12, S. 53
- SCHRIMPFF, E. (2002): „Potenziale Erneuerbarer Energien in Moosburg“, Seminararbeit des Fachbereichs Landschaftsarchitektur an der FH Weihenstephan 2002
- SCHULZ, H. (1996): „Biogas-Praxis“, Ökobuch Verlag, Staufen bei Freiburg, 187 S.
- SCHULZ, H.& EDER, B. (2001): „Biogas-Praxis“, Ökobuch Verlag, Staufen bei Freiburg, 165 S.
- SCHÜTTE, A. (1999): „Vorwort des Herausgebers“, S. 11-14, in: HOFMANN, M. (Hrsg.), „Modellvorhaben „Schnellwachsende Baumarten““, Landwirtschaftsverlag, Münster, 476 S.
- SERGIS-CHRISTIAN, L. (1999): “Pflanzenölnutzung als sozial-ökologisches Regionalwirtschaftskonzept”, S. 10-16, in: MEDENBACH, M. C. (Hrsg.), „Erneuerbare Energie in der Land(wirt)schaft“, Band 2, Verlag für land(wirt)schaftliche Publikationen, Zeven, 136 S.
- SOGERER, A. (2004): „Perspektiven eines Naturgemäßen Landbaus von morgen“, SCHRIMPFF, E. (Hrsg.), Freising, 76 S.
- STEUER, W. (1985): „Vom Baum zum Holz“, DRW-Verlag, Stuttgart, 256 S.
- WAGNER, K. & WITTKOPF, S. (2000): „Der Energieholzmarkt Bayern“, Bayerische Landesanstalt für Wald- und Forstwirtschaft, Freising, 101 S.
- WEILAND, P. (2001): „Biogas – ein zukunftsweisender Energieträger“, S. 18-33, in: MEDENBACH, M. C. (Hrsg.), „Erneuerbare Energie in der Land(wirt)schaft“, Band 4, Verlag für land(wirt)schaftliche Publikationen, Zeven, 183 S.
- WEBER, B. (2001): „Holistiche Energiebedarfserhebung der Gemeinde Scheyern“, SCHRIMPFF E. (Hrsg.), Freising, Seitenzahl unbekannt
- WENDT H. (2002): „Einführung: Grundlagen der Technik“, S. 1-22, in: BARTZ W. J. & WIPPLER E. (Hrsg.), „Öffentliche Energieversorgung und Hausenergiesysteme mit Brennstoffzellen“, Band 618, expert verlag, Renningen, 122 S.
- WIDMANN, B. (2001): „Rapsöl als Kraftstoff für Dieselmotoren – Bereitstellung, Qualität, Einsatzmöglichkeiten“, S.143-149, in: MEDENBACH, M. C. (Hrsg.), „Erneuerbare Energiein der Land(wirt)schaft“, Verlag für land(wirt)schaftliche Publikationen, Zeven, 183 S.

12.3 Internetquellen

(1) Homepage der Stadt Vilsbiburg, Stand der Information 01. 01. 2004, „Statistik – Altersbaum der Stadt Vilsbiburg am 01.01.2004“, in: „Pass-/Meldeamt“, http://www.vilsbiburg.de/wappen1/rathaus/ewo/ewo.htm#Altersbaum

(2) Informationsdienst der Landwirtschaftsverwaltung Baden-Württemberg für Landwirte und Verbraucher, Stand der Informationsseite 28. 10. 2002, „7.2.1 Die neuen D-A-CH – Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr“, Tabelle 5: „Richtwerte für die durchschnittliche Energiezufuhr“, in: Landesstelle für landwirtschaftliche Marktkunde, „Loseblattsammlung Marktwirtschaftliche Erzeugerberatung“, Schwäbisch Gmünd, http://www.infodienst-mlr.bwl.de/la/lel/llm/meb/kap721.htm#Richtwerte

(3) Homepage der Firmengruppe Ökotech GmbH, Stand der Information 2001, „Altholz Aufkommen und Verwertungswege für Altholz in Deutschland“, http://www.oekotech-energie.de/holz01.htm

(4) Informationsseite “Basisdaten Biogas Deutschland”, Biomasse Info-Zentrum (Hrsg.), Stand August 2003, 2 S., http://www.fnr-server.de/pdf/literatur/pdf_93biogas2auflage.pdf

(5) Informationsseite des Bayerischen Staatsministeriums für Wirtschaft, Verkehr, und Technologie, aus “Deponie und Klärgas”, http://www.stmwivt.bayern.de/energie/erneuerbare/15depo.html

(6) Internetseite des Bundesverbands Pflanzenöle e.V. http://www.bv-pflanzenoele.de/pdf/Mischfruchtanbau.pdf

(7) Internetseite des Öko-Instituts (Institut für angewandte Ökologie e.V.), STEINBRECHER, N. & WALTER, J. (Autoren) 2001: „Marktübersicht dezentrale Holzvergasung: Marktanalyse 2000 für Holzvergasersysteme bis 5 MW“, 78 S., http://www.oeko.de/service/bio/dateien/de/bio-marktuebersicht-2001.pdf

(8) Internetseite „energieportal24“, Internet-Plattform für Wasserstoff, Brennstoffzellen und Erneuerbare Energien, aus „Das HotModule von MTU – Brennstoffzelle auf dem Weg zur Serienfertigung“ http://www.energieportal24.de/modules.php?name=Sections&sop=printpage&artid=35

(9) Internetseite C.A.R.M.E.N. (Centrales Agrar-Rohstoff-Marketing- und Entwicklungs-Netzwerk e. V.), Text aus HUPPMANN G.: „Dezentrale Verbrauchsenergiebereitstellung aus sekundären Brenngasen mit Hilfe des Karbonat-Brennstoffzellen-HotModules: Ein Beitrag zur dezentralen und umweltverträglichen Energieversorgung“ http://www.carmen-ev.de/dt/portrait/sonstiges/Huppmann.pdf

(10) Informationsdienst der Landwirtschaftsverwaltung Baden-Württemberg für Landwirte und Verbraucher, Stand der Informationsseite 28. 10. 2002, „7.2.3 Energie- und Nährstoffverbrauch in der Bundesrepublik Deutschland“, Tabelle 11: „Pro-Kopf-Verbrauch wichtiger Lebensmittel in Deutschland – Pflanzliche Erzeugnisse“ und Tabelle 12: „Pro-Kopf-Verbrauch wichtiger Lebensmittel in Deutschland – Tierische Erzeugnisse“, in: Landesstelle für landwirtschaftliche Marktkunde, „Loseblattsammlung Marktwirtschaftliche Erzeugerberatung“, Schwäbisch Gmünd, http://www.infodienst-mlr.bwl.de/la/lel/llm/meb/Kap723.htm

12.4 Verwendete Karten

- BAYRISCHES LANDESVERMESSUNGSAMT MÜNCHEN (Hrsg.): Topografische Karten M 1:25.000; 7539 Geisenhausen (2001), 7540 Vilsbiburg (2001), 7639 Velden (1995), 7640 Egglkofen (1999)
- BAYRISCHES LANDESVERMESSUNGSAMT MÜNCHEN (Hrsg.) (1995): Luftbildkarten M 1:5.000, 24 Karten
- LÄNGST, S., SCHOTT, F., SCHEUERECKER, L., LINDNER-HAAG, B.-J. & BICHLMAIER, M. (1996): „Landschaftsplan Vilsbiburg“, M 1:5.000
- BAYRISCHES STAATSMINITERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN (Hrsg.) (1980): „Agrarleitkarte Landkreis und kreisfreie Stadt Landshut“, M 1:50.000, Teilkarte des Agrarleitplan Regierungsbezirk Niederbayern

13. Anhang

13.1 Abkürzungsverzeichnis

Tabelle 51: Abkürzungen Holz nach WAGNER & WITTKOPF, 2000:93

Holz	
Fm	Festmeter (1 Fm = 1,43 Rm = 2,43 Srm)
Rm	Raummeter (1 Rm = 0,7 Fm = 1,7 Srm)
Srm	Schüttraummeter (1 Srm = 0,41 Fm = 0,59 rm)
t_{atro}	Tonne Holz mit Wassergehalt 0 % (absolut trocken)
$t_{50\%}$	Tonne Holz mit Angabe des Wassergehalts (hier: 50 %)

Tabelle 52: Abkürzungen Energie nach WAGNER & WITTKOPF, 2000:93

Energie	
kWh	Kilowattstunde (1 kWh = 3,6 MJ)
MWh	Megawattstunde (1 MWh = 1.000 kWh)
kJ	Kilojoule
MJ	Megajoule (1 MJ = 10^3 kJ = 0,278 kWh)
kW	Kilowatt
MW	Megawatt (1 MW = 10^3 kW = 10^6 Watt)

Tabelle 53: Abkürzungen Vorsätze und Vorsatzzeichen

Vorsatz	**Vorsatzzeichen**	**Zehnerpotenz**
Kilo	k	10^3 (Tausend)
Mega	M	10^6 (Millionen)

Tabelle 54: Sonstige Abkürzungen

Sonstige	
a	Jahr
EW	Einwohner
GVE	1 GVE = Großvieheinheit = 500 kg Lebendgewicht [1]
h	Stunde
ha	Hektar
l	Liter

[1] nach HARTMANN, 2002:124

13.2 Begriffsbestimmungen

- Direktsaat: Saatgut wird direkt, ohne vorherige Bodenbearbeitung bzw. Saatbettbereitung ausgebracht. Naturgemäßer Landbau: Direktsaat erfolgt als Vorerntesaat (s. Vorerntesaat) (SOGERER, 2004:64)
- Energieholz: Holz, das für eine energetische Nutzung vorgesehen ist; hier als Oberbegriff verwendet
- Energiepflanzen: Nachwachsende Rohstoffe, die zur Energieerzeugung geeignet sind. Der Begriff umfasst einjährige Pflanzen, mehrjährige Gräser, Schnellwachsende Baumarten sowie Holz, Ölpflanzen, zucker- und stärkehaltige Pflanzen, sofern sie der Energieerzeugung dienen (BONK et al., 1998:11).
- Flächenkompostierung: Ernterückstände bzw. Mist werden unzerkleinert auf die Felder zurückgebracht, es findet keine Einarbeitung in den Boden statt. Die entstehende Mulchschicht verhindert den Aufwuchs sog. Unkräuter und dient der Rückführung von Nährstoffen (SOGERER, 2004:64f).
- Hartholz: Ursprünglich zolltechnischer Begriff für Hölzer mit einer Rohdichte > 0,55 g/cm³ (WAGNER & WITTKOPF, 2000:94).
- Heiz(kraft)werk: Anlage zur Erzeugung von Heizwärme und/oder elektrischem Strom; im Heizwerk wird nur Wärme, im Kraftwerk ausschließlich Strom und im Heizkraftwerk werden beide Energiearten erzeugt (WAGNER & WITTKOPF, 2000:94).
- Rotation: In Energiewäldern werden die Bäume in einem Zeitraum von 3 bis 10 Jahren einmal genutzt. Ein solcher Nutzungszeitraum wird Rotation genannt (WAGNER & WITTKOPF, 2000:95).
- Schwachholz: Holz, das einen Mittendurchmesser von < 20 cm hat (WAGNER & WITTKOPF, 2000:95).
- Vorerntesaat: Saatgut wird vor der Ernte eines Bestandes auf der selben Fläche ausgebracht. So

entstehen Mischbestände mit ganzjähriger Bodenbedeckung (SOGERER, 2004:64)

- Weichholz: Ursprünglich zolltechnischer Begriff für Bäume mit einer Rohdichte < 0,55 g/cm; heute werden darunter alle Nadelhölzer sowie die Baumarten Weide, Pappel, Erle, Linde und Rosskastanie verstanden (WAGNER & WITTKOPF, 2000:95).

13.3 Grundlagen

13.3.1 Eigenschaften Holz

Tabelle 55: Allgemeine Umrechnungsfaktoren für Holzmengen (Faustzahlen)

Holz	t_{atro}	Fm	Rm	Srm
1 t_{atro}	1,0	1,3-2,5	2,9	4,86
Fm	0,4-0,75	1,0	1,4	2,43
Rm	0,3	0,7	1,0	1,70
Srm	0,2	0,41	0,59	1,0

Tabelle 56: Zusammenhang zwischen Wassergehalt und Energiegehalt (Holz) nach WAGNER & WITTKOPF, 2000:96

Wassergehalt [%]	Energieinhalt [kWh/kg]
0,0	5,12
50,0	2,20

Der Energieinhalt von 1 kg Holz ist von der Baumart nur in sehr geringem Maß abhängig. Die Tabelle 56 gibt den Energieinhalt/Kilogramm$_{feucht}$ an.

Tabelle 57: Zusammenhang zwischen Volumen, Gewicht und Wassergehalt nach WAGNER & WITTKOPF, 2000:96

Wassergehalt [%]	Raumgewicht [kg/Fm]				Energieinhalt [kWh/Fm]			
	Buche	Eiche	Kiefer	Fichte	Buche	Eiche	Kiefer	Fichte
0	680	650	490	430	3.482	3.328	2.509	2.202
50	1.108	1.122	860	754	2.438	2.468	1.892	1.659

Die Tabelle 57 gibt an, wie viel ein Festmeter der Baumarten Buche, Eiche, Kiefer und Fichte bei unterschiedlichem Wassergehalt wiegt und welchen Energieinhalt er hat. Errechnet man die Summe aller Raumgewichte in kg/Fm bei 50 % Wassergehalt (= 3844 $kg_{50\%}$/Fm) und teilt sie durch die Summe aller Raumgewichte in kg/Fm bei 0 % Wassergehalt (= 2250 $kg_{0\%}$/Fm), erhält man einen **Umrechnungsfaktor von 1,7**.

13.3.2 Berechnungen

13.3.2.1 Flächenanteile für Laubbaumarten der Privatwälder

Annahme: Da zu der Laubartenverteilung der Privatwälder keine Angaben vorhanden sind, jedoch eine ähnliche Zusammensetzung der Laubbaumanteile wie im Stadtwald wahrscheinlich ist, wird für die Berechnung des Waldenergieholzanteils dieselbe prozentuale Verteilung wie im Stadtwald, bezogen auf die Laubgehölzfläche der Privatwälder, angenommen.

Berechnungserläuterung: Durch Multiplikation des jeweiligen Flächenanteils der verschiedenen Laubbaumarten des Stadtwalds mit 100 % und Dividierung durch 55 %

(Gesamtlaubholzfläche Stadtwald) ergibt sich der Prozentanteil der jeweiligen Baumart für die Privatwälder. Der errechnete Wert wird mit der Gesamtlaubholzfläche der Privatwälder (88,8 ha) multipliziert und durch 100 % dividiert.

Beispiel: Anteil Buche in % an gesamter Laubholzfläche der Privatwälder:

4 % * 100 % : 55 % = **7,3 %**

Fläche mit Buche in ha: 7,3 % * 88,8 ha : 100 % = **6,5 ha**

Tabelle 58: Berechnung der Flächenanteile für Laubbaumarten der Privatwälder unter Annahme derselben prozentualen Verteilung der Laubbäume wie im Stadtwald

Baumart	Flächenanteil Stadtwald [%]	Anteil Laubgehölze [%]	Fläche [ha]
Buche	4	7,3	6,5
Eiche	14	25,5	22,6
Hainbuche	13	23,6	21,0
Birke	13	23,6	21,0
Linde	6	10,9	9,7
Erle	4	7,3	6,5
Esche	1	1,8	1,6
Gesamtsumme	**55**	**100,0**	**88,8**

13.3.2.2 Flächenbedarf zur Nahrungsmittelbereitstellung

Der Pro-Kopf-Verbrauch an Nahrungsmitteln (s. Tab. 59) wurde einer Studie zum Energie- und Nährstoffverbrauch in der Bundesrepublik Deutschland entnommen (INTERNET (10)) und bezieht sich auf Lebensmittel vor ihrer Verarbeitung, also einschließlich nicht verzehrbarer Bestandteile (z.B. Knochen, Schalen). In den Tabellen 59, 60 und 61, S. 82-83 wird durch Multiplikation des Pro-Kopf-Verbrauchs an Lebensmitteln mit der Einwohnerzahl der jährliche Gesamtverbrauch der Vilsbiburger Bevölkerung und anschließend die zur Nahrungsmittelbereitstellung erforderlichen Flächen ermittelt. In Tabelle 62 werden anhand der Ergebnisse die zur Energiepflanzenproduktion verfügbaren Flächen nach Kategorien ermittelt.

Tabelle 59: Flächenbedarf zur Deckung des Verbrauchs pflanzlicher Erzeugnisse

Lebensmittelart [1]	**Pro-Kopf-Verbrauch [kg/a]** [2]	**Gesamt-verbrauch [kg/a]** [3]	**Fruchtart**	**Ertrag [kg/ha]** [4]	**Nahrungs-mittel-ausbeute [%]** [4]	**Flächenbedarf [ha]** [5]
Weizenmehl	58,9	699.437,5	Weizen	7.500	70	133,2
Roggenmehl	10,2	121.125,0	Roggen	7.000	70	24,7
Sonstige Getreide-erzeugnisse (Mehlwert)	6,8	80.750,0	Getreide	6.500	60	20,7
Hülsenfrüchte	1,1	13.062,5	Hülsenfrucht	3.500	- [6]	- [6]
Kartoffeln	70,0	831.250,0	Kartoffel	40.000	100	20,8
Zucker (Weißzuckerwert)	33,1	393.062,5	Zuckerrübe	60.000	16	40,9
Margarine (Produktgewicht)	6,9	81.937,5	Ölfrucht	3.500	30	78,0
Speisefette	1,2	14.250,0	Ölfrucht	3.500	30	13,6
Speiseöl (pflanzlich)	12,0	142.500,0	Ölfrucht	3.500	30	135,7
Gesamtsumme	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**467,6**

[1] Hier werden nur jene Lebensmittelarten pflanzlichen Ursprungs berücksichtigt, die auf Ackerflächen produziert werden. Sonderkulturen (Gemüse, Obst) bleiben unberücksichtigt. Nach OPPITZ (2004) ist der Flächenanspruch von Sonderkulturen als vergleichsweise gering einzustufen.
[2] INTERNET (10),Tabelle 11
[3] Gesamtverbrauch ergibt sich aus der Multiplikation der Einwohnerzahl (11.875 EW) mit dem jeweiligen Pro-Kopf-Verbrauch
[4] OPPITZ, 2004
[5] Berechnung: Flächenbedarf = Gesamtverbrauch : ((Ertrag * Ausbeute) : 100)
[6] Nach OPPITZ (2004) gibt es in Deutschland keinen Markt für Hülsenfrüchte als Speiseware, daher bleiben Hülsenfrüchte in der Abschätzung des Flächenbedarfs unberücksichtigt.

Tabelle 60: Flächenbedarf zur Deckung des Verbrauchs tierischer Nahrungsmittel

Lebensmittelart	Pro-Kopf-Verbrauch [kg/a] [1]	Gesamt-verbrauch (Schlachttier-masse) [kg/a] [2]	Tierart	Aus-schlacht-ungs-ausbeute [%] [3]	Benötigte Lebend-tiermasse [kg/a] [4]	Durch-schnitt-liches End-gewicht [kg] [3]	Benötigte Anzahl zur Bedarfs-deckung [5]	GVE_K [6]	Benötigte GVE [7]	Ver-sorgte GVE/ha [8]	Flächen-bedarf [ha] [9]
Rind-/Kalbfleisch	15,2	180.500,0	Rindvieh Mast	55	328.181,8	650,0	505	1,3	656,5	2	328,3
Schweinefleisch	57,1	678.062,5	Mastschwein	80	847.578,1	110,0	7.705	0,25	1.926,3	2	963,2
Geflügelfleisch	15,2	180.500,0	Masthähnchen	75	240.666,7	1,1	218.788	0,0022	481,3	2	240,7
Schaf-/Ziegenfleisch	1,2	14.250,0	Schaf/Ziege	45	31.666,7	45,0	704	0,075	52,8	2	26,4
Sonstiges Fleisch (Wild etc.)	1,4	16.625,0	Sonstige	45	36.944,4	45,0	821	0,075	61,6	2	30,8
Gesamtsumme	**90,1**	**1.069.937,5**	**-**	**-**	**1.485.037,7**	**-**	**228.523**	**-**	**3.178,5**	**-**	**1.589,4**

[1] INTERNET (10), Tabelle 12
[2] Gesamtverbrauch ergibt sich aus der Multiplikation der Einwohnerzahl (11875 EW) mit dem jeweiligen Pro-Kopf-Verbrauch
[3] BELLOF, 2004
[4] Benötigte Lebendtiermasse = Gesamtverbrauch : Ausschlachtungsausbeute * 100
[5] Benötigte Anzahl zur Bedarfsdeckung = Benötigte Lebendtiermasse : Durchschnittliches Endgewicht
[6] GVE_K = Korrigierte GVE (inklusive Futterbedarf in Aufzuchtzeit) nach BELLOF, 2004
[7] Benötigte GVE = Benötigte Anzahl zur Bedarfsdeckung * GVE_K
[8] Nach Angaben Herr Pramps sowie Herr Bellofs können pro Hektar ca. 2,0 GVE mit Futtermitteln versorgt werden, 2004
[9] Flächenbedarf = Benötigte GVE : Versorgte GVE pro ha

Tabelle 61: Flächenbedarf zur Deckung des Verbrauchs an Nahrungsmitteln tierischen Ursprungs

Lebensmittelart	Pro-Kopf-Verbrauch [kg/a] [1]	Gesamt-verbrauch [kg/a] [2]	Tierart	Nutzbarer Ertrag pro Tier [kg/a] [3]	Benötigte Anzahl zur Bedarfsdeckung [4]	GVE_K [5]	Benötigte GVE [6]	Versorgte GVE/ha [7]	Flächen-bedarf [ha] [8]
Frischmilch-erzeugnisse	91,2	1.083.000,0	Milchkuh	5.800,0	187	2,0	374,0	2	187,0
Eier und Eiererzeugnisse	13,7 (224 St.)	162.687,5 (2660000 St.)	Legehenne	17,5 (286 St.)	9.296	0,0048	44,6	2	22,3
Gesamtsumme	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**418,6**	**-**	**209,3**

[1] INTERNET (10), Tabelle 12
[2] Gesamtverbrauch ergibt sich aus der Multiplikation der Einwohnerzahl (11875 EW) mit dem jeweiligen Pro-Kopf-Verbrauch
[3] BELLOF (2004)
[4] Benötigte Anzahl zur Bedarfsdeckung = Gesamtverbrauch : Nutzbarer Ertrag pro Tier
[5] GVE_K = Korrigierte GVE (inklusive Futterbedarf in Aufzuchtzeit) nach BELLOF, 2004
[6] Benötigte GVE = Benötigte Anzahl zur Bedarfsdeckung * GVE_K
[7] Nach Angaben Herr Pramps sowie Herr Bellofs können pro Hektar ca. 2,0 GVE mit Futtermitteln versorgt werden, 2004
[8] Flächenbedarf = Benötigte GVE : Versorgte GVE pro ha

Tabelle 62: Ermittlung der zur Energiepflanzenproduktion verfügbaren Flächen nach Kategorien

	Fläche gesamt [ha]	darunter Ackerland		darunter Dauergrünland	
		[%]	[ha]	[%]	[ha]
Gesamte Landwirtschaftliche Nutzfläche (LF)	**5.146,4** [1]	**-**	**3.912,5** [1]	**-**	**1.208,9** [1]
Abzug der Flächen zur Erzeugung pflanzlicher Nahrungsmittel gesamt	**467,6** [2]	100	467,6	-	-
Flächenbedarf Erzeugung Rind-/Kalbfleisch	328,3 [3]	40 [5]	131,3	60 [5]	197,0
Flächenbedarf Erzeugung Schweinefleisch	963,2 [3]	100 [5]	963,2	-	-
Flächenbedarf Erzeugung Geflügelfleisch	240,7 [3]	100 [5]	240,7	-	-
Flächenbedarf Erzeugung Schaf-/Ziegenfleisch	26,4 [3]	10 [5]	2,6	90 [5]	23,8
Flächenbedarf Sonstiges Fleisch (Wild etc.)	30,8 [3]	10 [5]	3,1	90 [5]	27,7
Abzug Summe der Flächen zur Erzeugung tierischer Nahrungsmittel gesamt	**1.589,4** [3]	-	1.340,9	-	248,5
Flächenbedarf Erzeugung Frischmilcherzeugnisse	187,0 [4]	20 [5]	37,4	80 [5]	149,6
Flächenbedarf Erzeugung Eier und Eiererzeugnisse	22,3 [4]	100 [5]	22,3	-	-
Abzug Summe der Flächen zur Erzeugung von Nahrungsmitteln tierischen Ursprungs gesamt	**209,3** [4]	-	59,7	-	149,6
Abzug der sonstigen Flächen	**25,0** [1]	-	-	-	-
Verfügbare Fläche zur Energiepflanzenproduktion	**2.855,1**		**2.044,3**		**810,8**

[1] s. Tab. 5, S. 11
[2] s. Tab. 59, S. 82
[3] s. Tab. 60, S. 83
[4] s. Tab. 61, S. 83
[5] BELLOF, 2004

13.3.2.3 Verringerung des Biogasertrags

Tabelle 63: Täglich und jährlich anfallende Biogaserträge aus landwirtschaftlichen Abfallstoffen bei verringerter Nutztierhaltung (in Bezug auf den Nahrungsmittelbedarf)

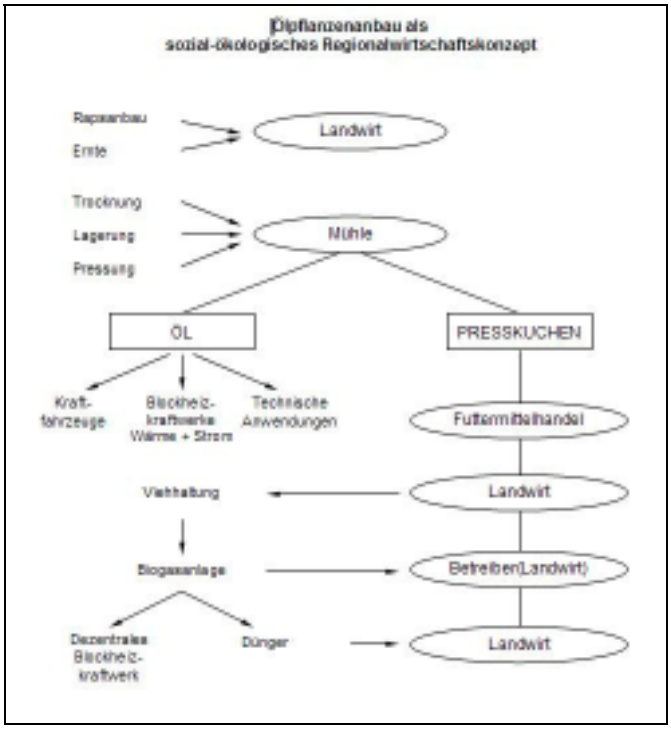
Tierart	GVE gesamt	Gasleistung pro GVE und Tag [m³] [4]	Biogasertrag pro Tag [m³]	Biogasertrag pro Jahr [m³]
Rindvieh gesamt	1.030,4 [1]	1,11	1.143,7	417.450,5
Schweine gesamt	1.926,3 [2]	0,88	1.695,1	618.711,5
Geflügel gesamt	525,9 [3]	3,75	1.972,1	719.816,5
Gesamtsumme (brutto)	**-**	**-**	**-**	**1.755.978,5**
Abzug Prozessenergie 28 %	**-**	**-**	**-**	**491.674,0**
Gesamtsumme (netto)	**-**	**-**	**-**	**1.264.304,5**

[1] Summe aus Tab. 60, S. 83 „Rind-/Kalbfleisch Benötigte GVE“ und Tab. 61, S. 83 „Milchkuh Benötigte GVE“
[2] s. Tab. 60, S. 83 „Benötigte GVE“
[3] Summe aus Tab. 60, S. 83 „Geflügelfleisch benötigte GVE“ und Tab. 61, S. 83 „Legehenne Benötigte GVE“
[4] SCHULZ, 2001:28

13.3.3 Nachhaltige Erzeugung von Pflanzenöl und Bioethanol

13.3.3.1 Pflanzenölgewinnung: Dezentrales Konzept

Abbildung 3: Ölpflanzenbau als sozial-ökologisches Regionalwirtschaftskonzept nach SERGIS-CHRISTIAN, 1999:12



Das dezentrale Konzept verfolgt einen gewissen Grundsatz: Ein Landwirt muss in der Regel maximal 25 km zurücklegen, um seine Ernte vom Feld zu seinem Abnehmer (Genossenschaft, Lagerhaus, Mühle, ...) zu bringen. An einer im Mittelpunkt der Region und somit dezentral gelegenen Ölmühle liefern die Landwirte die Ölsaat ab. Alle erforderlichen weiteren Bearbeitungsschritte wie Trocknen, Reinigen, Kaltpressen und die Lagerung erfolgen ebenfalls an diesem Standort. Zusätzliche Transportwege, die bei einem zentralen System mit Großmühlen erforderlich wären, können so vermieden werden, was für eine optimierte CO_2–Bilanz unabdingbar ist. Bei der Kaltpressung entstehen Pflanzenöl, das als Kraftstoff oder technisches Öl zum Einsatz kommt und Presskuchen (=Rückstand, der bei der Kaltpressung von Raps anfällt), ein sehr hochwertiges Futtermittel, das von viehhaltenden Landwirten abgenommen werden kann. So können gleichzeitig Erdöl- und Sojaschrotimporte substituiert werden (SERGIS-CHRISTIAN, 1999:11).

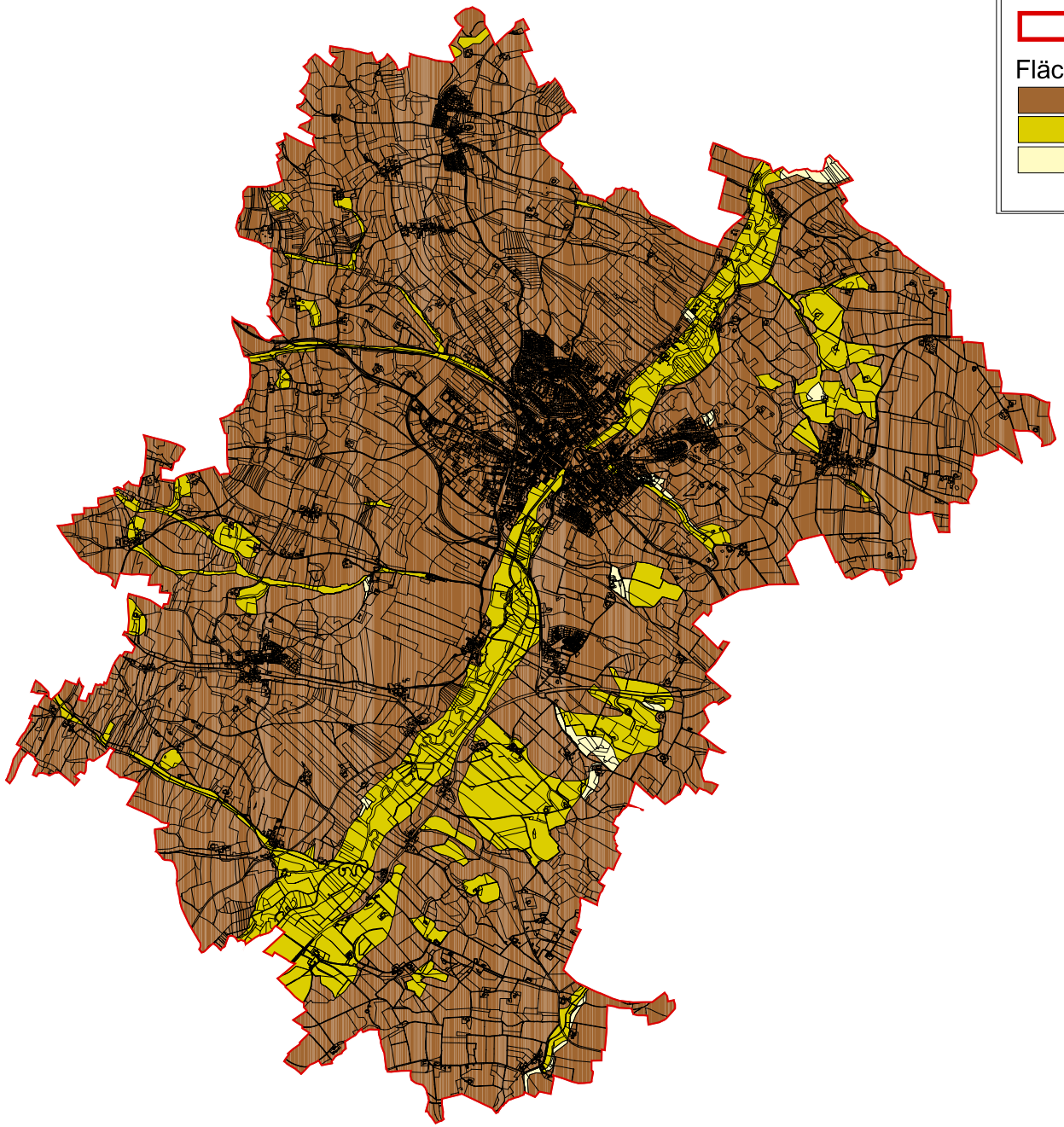
13.3.3.2 Konzept einer nachhaltigen Bioethanolerzeugung

Die Herstellung von Bioethanol in großtechnischen Erzeugungsanlagen wird nach wie vor eher kritisch gesehen, da bisherige Studien jeweils eine nur knapp positive Energiebilanz aufzeigen. Hinzu kommt, dass der Reduktion der Emissionen von Treibhausgasen (CO_2-Äquivalenten) eine Erhöhung von Gasen mit Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalenten) gegenüber steht. Eine Energiebilanz der großtechnischen Alkoholproduktion aus Weizen, einschließlich erforderlicher Schlempetrocknung, zeigt auf, dass unter Einsatz von 1 MJ in Form von fossiler Energie 1,3 MJ in Form von Ethanol gewonnen werden können. Unter Anwendung modernster Destillations- und Trocknungstechnik sollte eine Steigerung des Input:Output-Verhältnisses von 1:1,6

erreichbar sein. Diese Technologie ist jedoch nur für Anlagen mit einer täglichen Ethanolerzeugung von mindestens 100.000 l umsetzbar. Eine Studie zur Bilanzierung der Ethanolproduktion in mittelständischer Größenordnung und Einbeziehung einer Biogasproduktion zeigt eine Alternative zur großtechnischen Ethanolerzeugung auf (SENN, 2003:29-30). Das Konzept einer nachhaltigen Bioethanolproduktion wird anhand eines Beispiels erläutert.

Beispiel: In einem ethanolerzeugenden landwirtschaftlichen Betrieb wird die erforderliche Getreidemenge produziert, zusätzlich erfolgt der Anbau einer Blattfrucht (Fruchtfolge) als Kosubstrat für die Biogasproduktion. Das Getreide wird in der Brennerei zu Ethanol verarbeitet, wobei je Liter Ethanol etwa 10 Liter Schlempe anfallen. Diese Schlempe wird von den Feststoffanteilen befreit, welche als Futtermittel dienen können, sofern ein Absatzmarkt besteht. Die Dünnschlempe wird zusammen mit dem Kosubstrat in der Biogasanlage vergärt. Das entstehende Biogas wird in der Brennerei zur Dampferzeugung genutzt. Überschüssiges Biogas kann zur Verstromung in einem BHKW eingesetzt werden, wobei wiederum zumindest teilweise nutzbare Wärme entsteht. Das ausgefaulte Material dient als Dünger für die genutzten Flächen. So kann neben dem Kohlenstoff-Kreislauf auch der Stickstoff-Kreislauf zu mindestens 60 % geschlossen werden (SENN, 2003:31).

Zur Umsetzung einer nachhaltigen Ethanolerzeugung auf den gleichen Flächen ist auf einem **Drittel der Fläche** zur Sicherung der Fruchtfolge die Produktion von Silomais, Raps, Gras oder Grassilage oder sonstigen geeigneten Rohstoffen zur Biogasgewinnung vorgesehen. Auf der Basis dieses dezentralen, nachhaltigen Konzeptes zur Ethanolerzeugung kann beispielsweise bei Getreide- und Rapsproduktion die nachfolgende Energiebilanz erzielt werden: Mit 1 MJ fossiler Energie können 2,5 MJ an Energie in Form von Ethanol, Strom und Wärme bereitgestellt werden. Untersuchungen zur Wirtschaftlichkeit der nachhaltigen Ethanolerzeugung zeigen, dass je nach Gegebenheiten Produktionskosten von unter 45 Cent/l erreicht werden können. Aus volkwirtschaftlicher Sicht kann der Schluss gezogen werden, dass die nachhaltige Ethanolerzeugung bereits heute sinnvoll und wirtschaftlich ist (SENN, 2003:34-36).



LEGENDE

Gemeindegrenze

Flächen nach natürlichen Standortbedingungen

- Flächen mit günstigen Erzeugungsbedingungen
- Flächen mit durchschnittlichen Erzeugungsbedingungen
- Flächen mit ungünstigen Erzeugungsbedingungen

Das Potenzial der Bioenergien in Vilsbiburg /Lkrs. Landshut

Karte 1

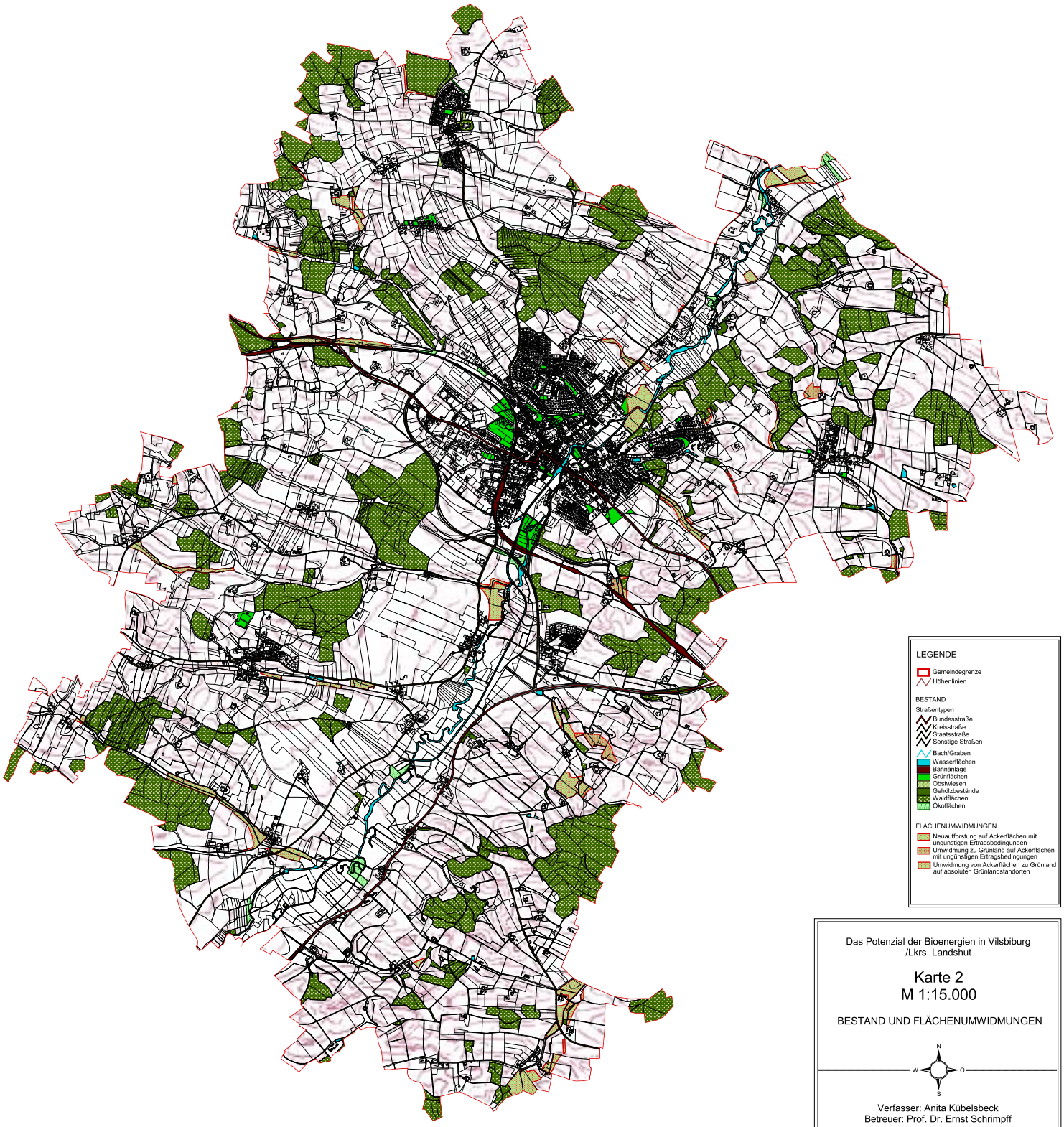
M 1:50.000

FLÄCHEN NACH NATÜRLICHEN STANDORTBEDINGUNGEN

N
W O
S

Verfasser: Anita Kübelsbeck
Betreuer: Prof. Dr. Ernst Schrimpff

Dezember 2004



Das Potenzial der Bioenergien in Vilsbiburg /Lkrs. Landshut

Karte 2
M 1:15.000

BESTAND UND FLÄCHENUMWIDMUNGEN

N
W
O
S

Verfasser: Anita Kübelsbeck
Betreuer: Prof. Dr. Ernst Schrimpff

Dezember 2004