

Programm Biomasse

Energetisch nutzbares Biomassepotential in der Schweiz sowie Stand der Nutzung in ausgewählten EU-Staaten und den USA

ausgearbeitet durch
die Arbeitsgemeinschaft (ARGE) 'Biomassepotential'

J.-L. Hersener, Ingenieurbüro HERSENER, 8542 Wiesendangen
U. Meier, MERITEC GmbH, 8356 Ettenhausen

im Auftrag des
Bundesamtes für Energie

April 1999

Schlussbericht

Vorwort

Die Studie ist in zwei Teile aufgebaut. Der erste Teil beinhaltet eine Kurzfassung mit den wichtigsten Ergebnissen. Die ausführlichen Ergebnisse, Annahmen und Literaturhinweise finden sich im zweiten Teil.

Für die freundliche Unterstützung bei der Ausarbeitung dieser Studie bedanken wir uns bei allen Beteiligten herzlich. Namentlich erwähnen möchten wir die Herren M. Hinderling vom Bundesamt für Energie, Dr. U. Gantner vom Bundesamt für Landwirtschaft, R. Waldis und Dr. R. Kettler vom Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, A. Keel von der Schweizerischen Vereinigung für Holzenergie (VHe) sowie Herrn R. Berchthold von der PRO NATURA in Basel. Weiter gilt unser Dank Herrn F. Johner von der ETH Bibliothek, der uns bei der Datenbeschaffung sehr behilflich war.

I. Teil: Kurzfassung

Die in dieser Studie erarbeiteten Daten sollen eine Entscheidungsgrundlage ermöglichen, um zukünftige Schwerpunkte im Bereich der Energie- und Umweltpolitik abzuleiten.

Folgende Themen wurden bearbeitet :

- Biomassepotential in der Schweiz
- Aktuelle und zukünftig realisierbare Nutzung der Biomasse in der Schweiz
- Vergleich der Biomassenutzung in der Schweiz mit ausgewählten Ländern der EU sowie den USA.

Ergebnisse Schweiz

In Abbildung 1 ist der Stellenwert der Biomasse im Vergleich zu anderen Energieträgern dargestellt. Gesamthaft beträgt der Endenergieverbrauch in der Schweiz rund 822 PJ (1996). Die heutige Biomassenutzung liegt bei rund 41 PJ, was einem Anteil von etwa 5% des Endenergieverbrauchs entspricht.

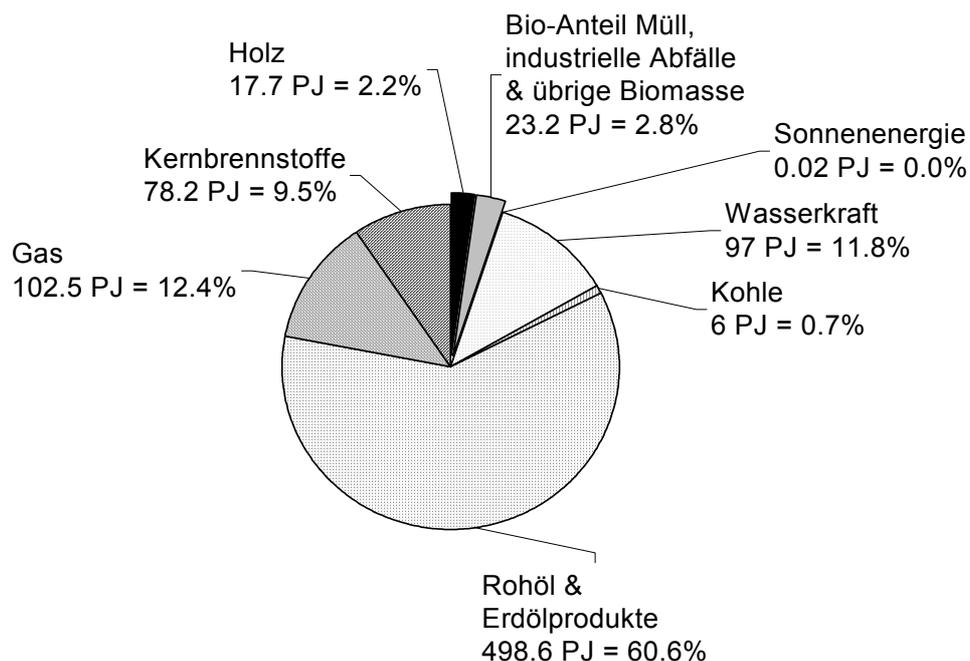


Abbildung 1: Endenergieverbrauch nach Energieträgern in der Schweiz

Der gesamte Stromverbrauch in der Schweiz liegt bei etwa 55'000 GWh (brutto). Die Wasserkraft und Kernenergie tragen zusammen 96% dazu bei. Bezogen auf die Stromproduktion aus erneuerbaren Energiequellen liegt die Biomasse mit 1.2% nach der Wasserkraft an zweiter Stelle. Andere Quellen wie Wind und Sonne tragen zur Zeit nur gerade 0.01% zur Stromproduktion bei (siehe Abbildung 2).

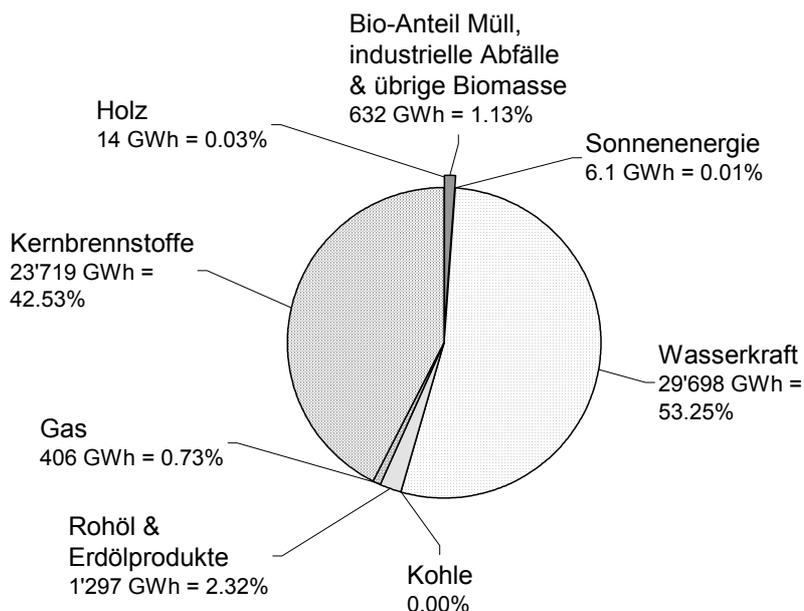


Abbildung 2: Stromerzeugung nach Energieträgern in der Schweiz

Bei der heutigen Nutzung der Biomasse ist ersichtlich, dass innerhalb der einzelnen Biomassensortimente alle Abfälle sowie die Abwasserreinigung mit über 50% den grössten Anteil der Primärenergie ausmachen. Bei Abfällen in KVA's wird nur derjenige Anteil als Biomasse angerechnet, der biogenen Ursprungs ist (50%). An zweiter Stelle steht Holz mit 43%. Die landwirtschaftliche Biomasse wird heute als Energieträger nur marginal genutzt.

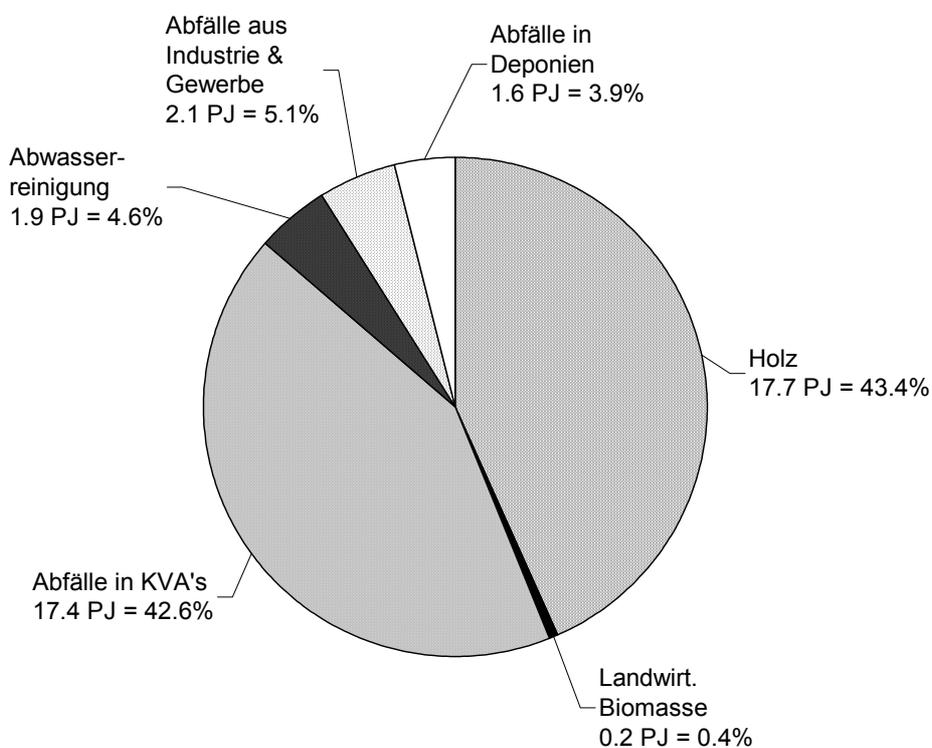


Abbildung 3: Aktuelle Energie nach Biomasseträgern

Gerade die landwirtschaftlichen Ernterückstände, Hofdünger und Nachwachsenden Rohstoffe (NWR) stellen hingegen mit 85 PJ die Hälfte des gesamten Potentials an Biomasse dar (Abbildung 4).

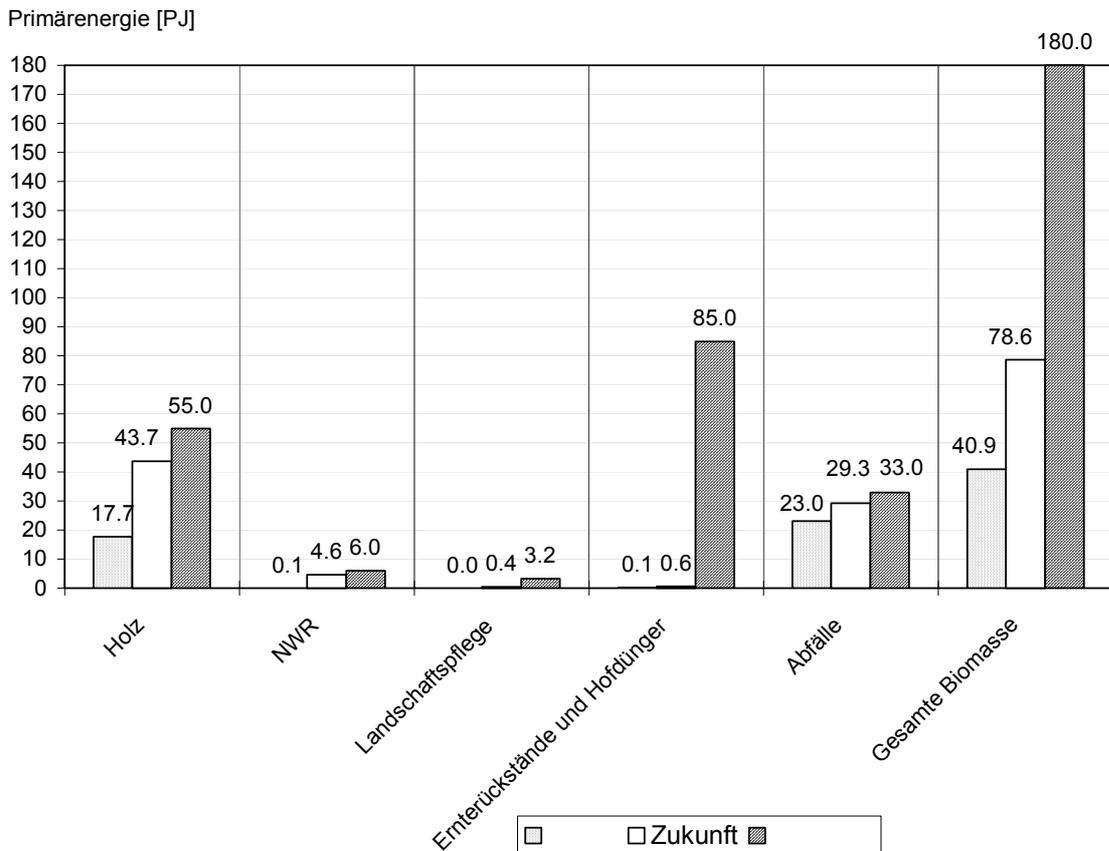


Abbildung 4: Energie aus Biomasse heute, in Zukunft und im Vergleich zum Potential

Die Gegenüberstellung der heutigen Nutzung, der mittelfristigen realisierbaren Nutzung und des maximal möglichen Potentials zeigt Abbildung 4. Würde die gesamte Biomasse in der Schweiz, die für energetische Zwecke technisch nutzbare wäre, genutzt, könnten zwischen 160 und knapp 200 PJ bereitgestellt werden.

Eine kurzfristige Steigerung der Biomassenutzung ist bei Holz und Abfällen möglich. Insbesondere diejenigen Abfälle, die zukünftig nicht mehr in Deponien eingelagert werden, stellen kurzfristig für die energetische Nutzung in KVA's ein Potential von rund 5 PJ.

Eine mittelfristig realisierbare Ausweitung der Biomasseenergie unter dem Gesichtspunkt einer nachhaltigen Bewirtschaftung ermöglicht eine Steigerung um etwa 33 PJ auf 78 PJ. Dies entspräche einem Biomasseanteil von 9% an der Primärenergie.

Dabei werden vor allem folgende Steigerungsmöglichkeiten in Betracht gezogen:

- Ausbau der Holzenergie (zusätzlich 26 PJ oder 70% Steigerung)
- Nutzung der zukünftig nicht mehr deponierbaren festen Abfälle in KVA's (5 PJ oder 30%)

- Energetische Nutzung von landwirtschaftlichen Ausgleichs-, Natur- und Landschaftspflegeflächen (plus 5 PJ)
- Mist und Gülle als Energieträger (plus 1 PJ).

Um die energetische Nutzung der Biomasse in der Schweiz zu steigern, müssten klare Prioritäten unter Berücksichtigung technischer, ökonomischer, ökologischer und politischer Bedingungen gesetzt werden.

Biomassenutzung im Ausland und im Vergleich zur Schweiz

Folgende Länder wurden für den Vergleich mit der Schweiz herangezogen:

Italien, Frankreich, Deutschland, Dänemark, Österreich, Niederlande und USA.

Der Vergleich basiert auf vorhandenen Daten der EUROSTAT (Statistisches Amt der europäischen Gemeinschaften) bzw. IEA (International Energy Agency). Aufgrund des höheren Detaillierungsgrades wurde der Vergleich Ausland-Schweiz, sofern vorhanden und plausibel, mit den aktuell verfügbaren Daten von EUROSTAT durchgeführt. Die Daten der USA beruhen ausschliesslich auf Angaben der IEA. Die Angaben zu Österreich basieren auf ÖSTAT (Österreichisches statistisches Zentralamt), da sie nur teilweise mit denjenigen der EUROSTAT übereinstimmen.

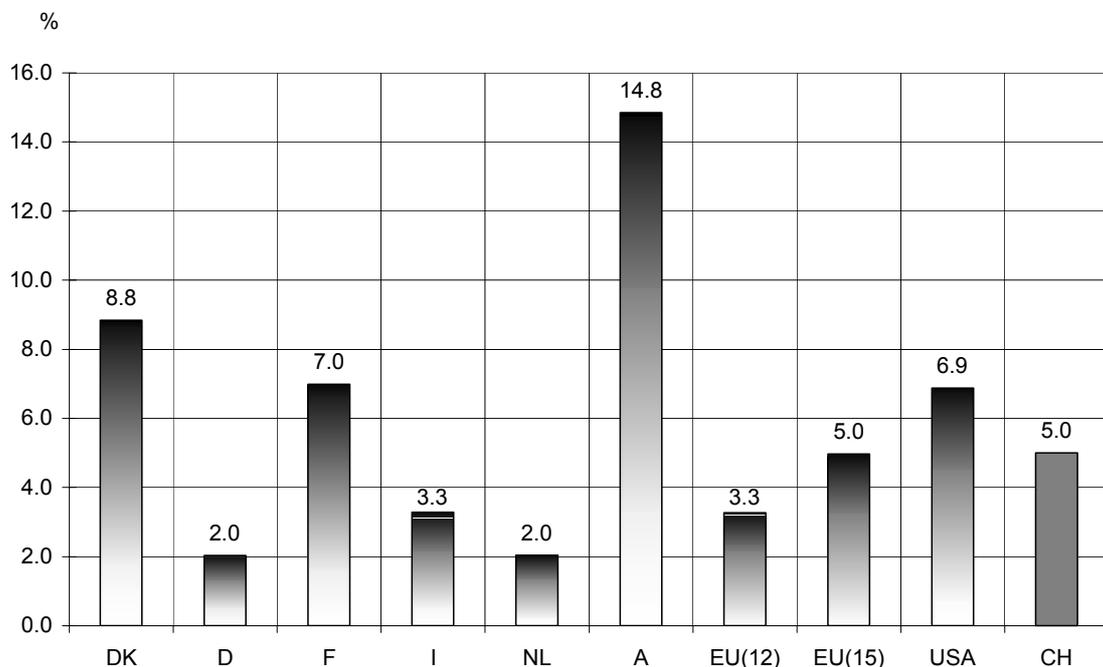


Abbildung 5: Anteil der Biomasse am Endenergieverbrauch der untersuchten Länder im Vergleich zur Schweiz

Die EU(15) weist zur Zeit einen Biomasseanteil von rund 5% am Endenergieverbrauch auf (Stand 1994). Der Anteil der Biomasseenergie an der Stromproduktion liegt bei etwa 1.1%.

An der Spitze der gesamten Biomassenutzung liegen Österreich mit 14,8% und Dänemark mit 8,8% des Endenergieverbrauchs.

Die Biomassenutzung in der Schweiz ist prozentual mit derjenigen der EU(15) vergleichbar.

Pro Einwohner betrachtet, liegt die Schweiz etwas über dem europäischen Durchschnitt. Österreich, die USA und Dänemark weisen die höchsten Biomasseanteile am Primärenergieverbrauch pro Kopf auf.

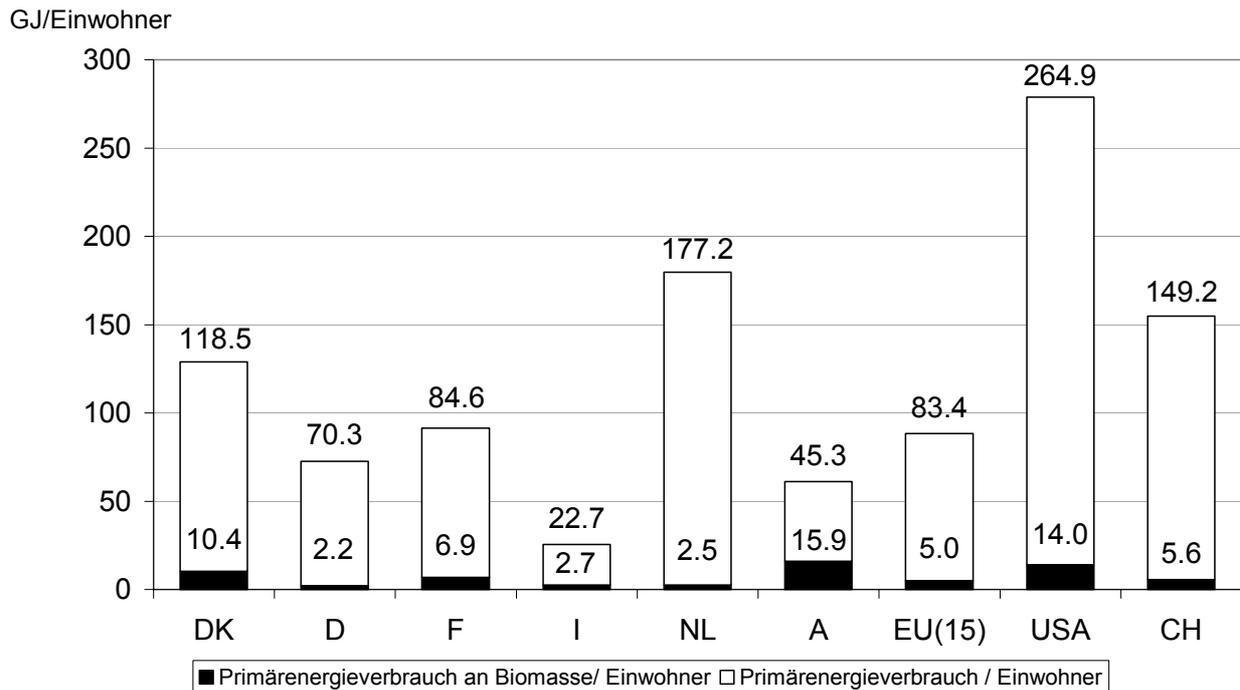


Abbildung 6: Anteil der Biomasse am Primärenergieverbrauch pro Einwohner

Die Ziele der EU-Energiepolitik (Weissbuch) sehen eine Steigerung des Anteils an Biomasseenergie um 85% bis zum Jahr 2010 vor. Die Umsetzung dieser Ziele wird in den einzelnen Ländern unterschiedlich gehandhabt.

Vergleich der Biomassenutzung in den Niederlanden, Dänemark, Österreich und der Schweiz

Abbildung 7 zeigt in logarithmischer Darstellung die verschiedenen Biomassesortimente, die je nach Land unterschiedlich genutzt werden. Beispielsweise werden Holz und feste Brennstoffe sowie Haushalts- und feste Industrieabfälle in allen Ländern am meisten für die energetische Nutzung verwendet. Österreich deckt seinen Anteil an Biomasseenergie zu mehr als 93% aus Holz und festen Brennstoffen ab. In Dänemark beträgt dieser Anteil 60%.

Die restliche Biomasseenergie stammt vorwiegend aus Haushalt- und Industrieabfällen. Klärschlamm und Deponiegas spielen in den Niederlanden und der Schweiz mit 10% bzw. 20% ebenfalls eine Rolle.

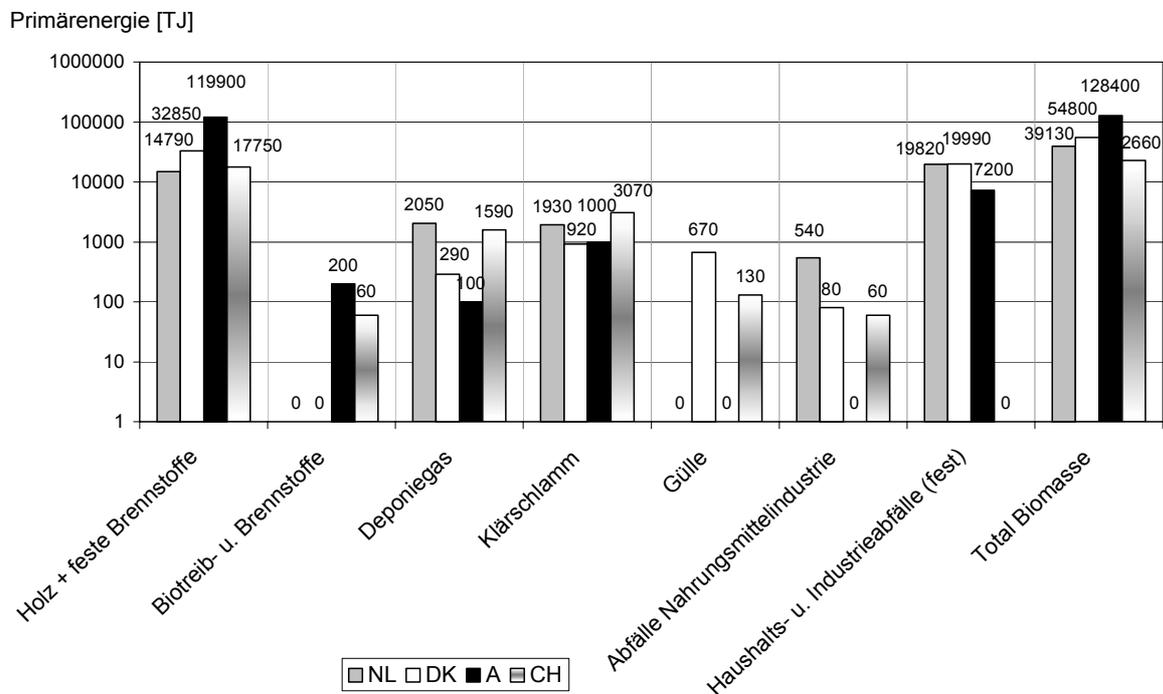


Abbildung 7: Aktuelle Biomassenutzung ausgewählter Länder im Vergleich zur Schweiz

Schlussfolgerungen

- Die aktuelle Biomassenutzung der Schweiz liegt mit 5 % am Energie-Endverbrauch im Durchschnitt der Europäischen Union.
- Die Stromproduktion aus Biomasse in der Schweiz ist mit 1.2 % etwas höher als in der Europäischen Union mit 1.1 %.
- Die Biomassesortimente Holz und Abfall weisen insgesamt mit rund 88 % oder 37 PJ den grössten Anteil an der energetischen Nutzung auf.
- Das gesamte Potential beläuft sich auf 160 bis 195 PJ. Davon tragen die Hofdünger und Ernterückstände rund die Hälfte bei, werden aber zur Zeit praktisch nicht energetisch genutzt.
- Der Vergleich mit dem Ausland ist schwierig, weil einerseits in der Literatur unterschiedliches Datenmaterial verwendet wird, andererseits die Einteilung der Biomassesortimente nicht einheitlich definiert ist. Die Datenquellen von EUROSTAT und IEA weisen zum Teil gute Übereinstimmungen einzelner Länder auf. Bei anderen Ländern wiederum sind Unterschiede bis zu 60 % zu verzeichnen. Die Differenzen sind nicht systematisch, sodass keine Rückschlüsse auf die jeweilige Datenerhebung oder -quelle gezogen werden können.
- Der höhere Detaillierungsgrad der EUROSTAT-Daten erlaubt eine fundiertere und nachvollziehbarere Beurteilung von Einzeldaten und ist darum für einen Vergleich geeigneter.
- Will die Schweiz die gleichen Ziele erreichen wie die Europäische Union, nämlich eine Steigerung der Biomasseenergie um 85 % bis zum Jahr 2010, kann dies anhand einer mittelfristig realisierbaren Ausweitung der Nutzung umgesetzt werden. Dazu sind folgende Massnahmen denkbar:
 - Ausbau der Holzenergie (zusätzlich 26 PJ oder 70% Steigerung).
 - Nutzung derjenigen Abfälle, welche zukünftig nicht mehr auf Deponien eingelagert werden, sondern in KVA's verbrannt werden sollen (5 PJ oder 30% Steigerung).
 - Energetische Nutzung von landwirtschaftlichen Ausgleichs-, Natur- und Landschaftspflegeflächen (plus 5 PJ).
 - Mist und Gülle als Energieträger (plus 1PJ).

Insgesamt ergibt sich daraus eine Steigerung von zur Zeit 41 PJ auf 78 PJ Primärenergie aus Biomasse.

Die obigen Überlegungen basieren auf einer nachhaltigen Nutzung der Biomasse. D.h., dass über längere Zeiträume (Generationen) ein gleichbleibender, umweltschonender Nutzungsgrad der Biomasse aufrecht erhalten werden kann.

Inhaltsverzeichnis

VORWORT	I
I. TEIL: KURZFASSUNG	II
Ergebnisse Schweiz	II
Biomassenutzung im Ausland und im Vergleich zur Schweiz	V
Vergleich der Biomassenutzung in den Niederlanden, Dänemark, Österreich und der Schweiz	VII
Schlussfolgerungen	VIII
INHALTSVERZEICHNIS	IX
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	XII
TABELLENVERZEICHNIS	XIII
ABKÜRZUNGEN	XIV
UMRECHNUNGEN	XV
II. TEIL: AUSFÜHRLICHER BERICHT	1
1 EINLEITUNG	1
1.1 Ausgangslage	1
1.2 Zielsetzung und Abgrenzung	1
2 VORGEHEN UND METHODIK	2
2.1 Datensammlung.....	2
2.2 Definitionen	2
2.3 Annahmen bezüglich Konversionsarten	4
2.4 Berechnung des Energie-Potentials	5

3	ERGEBNISSE SCHWEIZ	8
3.1	Aktuell technisch nutzbares Biomassepotential in der Schweiz	8
3.2	Dateninterpretation	11
3.3	Stand der energetischen Nutzung	12
3.3.1	Aktuell genutzte Energie aus Biomasse in der Schweiz	12
3.3.2	Dateninterpretation, Annahmen.....	15
3.3.3	Aktuelle Biomassenutzung in der Schweiz analog EUROSTAT	17
3.4	Realisierbare energetische Nutzung der Biomasse in der Schweiz	19
3.4.1	Getroffene Annahmen für die Berechnung.....	19
3.4.2	Mittelfristige Perspektive	21
4	ENERGETISCHE NUTZUNG DER BIOMASSE IM AUSLAND	23
4.1	Aktuelle Biomassenutzung und Dateninterpretation	23
4.1.1	Dänemark	24
4.1.2	Deutschland	25
4.1.3	Frankreich	27
4.1.4	Italien.....	28
4.1.5	Niederlande.....	29
4.1.6	Österreich	31
4.1.7	Europäische Gemeinschaft.....	32
4.1.8	U.S.A.....	34
5	DISKUSSION	36
5.1	Diskussion Schweiz	36
5.1.1	Aktuelle Biomassenutzung	36
5.1.2	Aggregation der wichtigsten Daten und Perspektiven.....	38
5.2	Diskussion Ausland	39
5.2.1	Datenvergleich EUROSTAT mit IEA (Stand 1993).....	39
5.2.2	Datenplausibilität.....	41
5.3	Aggregation	43
5.4	Vergleich CH-DK-NL-A	45
6	SCHLUSSFOLGERUNGEN	50
7	LITERATUR	51
8	ANHANG.....	54
8.1	Ergänzende Daten zur Biomasseenergie bzw. zum Biomasseaufkommen (nicht länderspezifisch).....	54

8.2	Länderspezifische, ergänzende Daten zum Biomasseanfall	56
8.2.1	Deutschland	56
8.2.2	Frankreich	56
8.2.3	Österreich	56
8.2.4	Europa (EU12 und EU15).....	59

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Endenergieverbrauch nach Energieträgern in der Schweiz	II
Abbildung 2: Stromerzeugung nach Energieträgern in der Schweiz	III
Abbildung 3: Aktuelle Energie nach Biomasseträgern	III
Abbildung 4: Energie aus Biomasse heute, in Zukunft und im Vergleich zum Potential	IV
Abbildung 5: Anteil der Biomasse am Endenergieverbrauch der untersuchten Länder im Vergleich zur Schweiz	V
Abbildung 6: Anteil der Biomasse am Primärenergieverbrauch pro Einwohner	VI
Abbildung 7: Aktuelle Biomassenutzung ausgewählter Länder im Vergleich zur Schweiz ..	VII
Abbildung 8: Heizwerte ausgewählter frischer Biomassesortimente (Faaij 1997).....	7
Abbildung 9: Aufteilung der Biomassesortimente nach ihrer Nutzung	36
Abbildung 10: Stromproduktion aus Biomasse.....	37
Abbildung 11: Anteil der Biomasse an der Stromproduktion	37
Abbildung 12: Aktuelle und zukünftige Nutzung der Biomasse im Vergleich	zum Potential..... 38
Abbildung 13: Vergleich IEA-EUROSTAT Daten (Stand 1993).....	41
Abbildung 14: Biomasseanteil am Energie-Endverbrauch	44
Abbildung 15: Vergleich der Primärenergie aus Biomasse NL, DK und CH	47
Abbildung 16: Vergleich der Primärenergie aus Biomasse pro Einwohner	49

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Umrechnungen.....	XV
Tabelle 2: Heizwerte unterschiedlicher Biomassbrennstoffe bei 100% TS.....	6
Tabelle 3: Aktuell technisch nutzbares Biomassepotential in der Schweiz.....	9
Tabelle 4: Aktuell genutzte Energie aus Biomasse.....	13
Tabelle 5: Energiebereitstellung aus Holz 1994	15
Tabelle 6: Energieträger in der Schweiz analog EUROSTAT, soweit Daten vorhanden	18
Tabelle 7: Umnutzung 'freiwerdender Flächen' im Jahr 2002 (in ha, Basisjahr1992).....	20
Tabelle 8: Zukünftig, energetisch nutzbares Biomassepotential in der Schweiz	22
Tabelle 9: Biomasseenergie in Dänemark (1994).....	24
Tabelle 10: Biomasseenergie in Deutschland nach EUROSTAT(1994).....	25
Tabelle 11: Energetische Nutzung von Biomasse in Deutschland (Stand 1994).....	26
Tabelle 12: Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien und Abfällen	26
Tabelle 13: Biomasseenergie in Frankreich (1994)	27
Tabelle 14: Biomasseenergie in Italien (1994).....	28
Tabelle 15: Biomasseenergie in den Niederlanden (1994).....	29
Tabelle 16: Energie aus Biomasse in den Niederlanden (Stand 1995)	30
Tabelle 17: Biomasseenergie in Österreich (1994).....	31
Tabelle 18: Biomasseenergie in Europa (EU12, Stand 1994)	32
Tabelle 19: Biomasse in Europa (EU15).....	33
Tabelle 20: Biomasseenergie in den USA	35
Tabelle 21: Datenvergleich IEA-EUROSTAT (Stand 1993).....	40
Tabelle 22: Kennzahlen der untersuchten Länder	42
Tabelle 23: Kennzahlen zum Biomasseanfall	42
Tabelle 24: Berechnete maximale Primärenergie aus Holz und Müll	42
Tabelle 25: Biomasseenergie im Vergleich nach EUROSTAT und ÖSTAT (Stand 1994) bzw. IEA (Stand 1993)	44
Tabelle 26: Gegenüberstellung von Kenngrößen.....	48
Tabelle 27: Gesamtfläche und landwirtschaftliche Fläche in der Schweiz, EU und USA (in 1000 ha Stand 1994).....	54
Tabelle 28: Tierbestand in der Schweiz, EU und den USA (Stand 1994).....	54
Tabelle 29: Produktion von Biomasse in der Schweiz, EU und USA (Angaben in kt EA, 1995, LN in 1000 ha).....	55
Tabelle 30: Biomassenutzung in der Schweiz, EU und USA (Stand 1987)	55
Tabelle 31: Biomasseaufkommen in Deutschland.....	56
Tabelle 32: Allgemeine Kennzahlen zu Österreich	56
Tabelle 33: Viehbestand in Österreich (1993)	56
Tabelle 34: Anfall Energiepflanzen in Österreich.....	57
Tabelle 35: Zusammensetzung der genutzten Biomasse in Österreich	57
Tabelle 36: Zusammensetzung der Biomasse in Österreich nach 'energy 2/96'	57
Tabelle 37: Zusammensetzung der Abfälle aus der Wasseraufbereitung, Abwasseraufbereitung und Gewässernutzung in Österreich	58
Tabelle 38: Brennholz, brennbare Abfälle und andere biogene Brenn- und Treibstoffe in Österreich (1992)	58
Tabelle 39: Elektrizität und Wärme aus Biomasse in Europa (EU15, Stand 1995)	59

Abkürzungen

A	Österreich
a	anno bzw. Jahr
atro	absolut trocken
BFE	Bundesamt für Energie
BLW	Bundesamt für Landwirtschaft
BUWAL	Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft
CH	Schweiz
CDN	Kanada
D	Deutschland
DGVE	Düngergrössvieheinheit
DK	Dänemark
Σ	Summe
η_{el}	elektrischer Wirkungsgrad
η_{alk}	Wirkungsgrad bei der Alkoholherstellung
η_{th}	Wirkungsgrad bei der Wärmebereitstellung
E	Einwohner
EA	Erdöläquivalent
el	elektrisch
etc	et cetera
EtOH	Ethanol
EU	Europäische Union
EUROSTAT	Statistisches Amt der europäischen Gemeinschaften
GJ	Gigajoule
GWh	Gigawattstunden
F	Frankreich
Hu	unterer Heizwert
ha	Hektar
I	Italien
IEA	International Energy Agency
IP	Integrierte Produktion
J	Joule
kg	Kilogramm
KKW	Kernkraftwerk
KVA	Kerichtsverbrennungsanlage
kW	Kilowatt
kWh	Kilowattstunden
Mia	Milliarde
Mio	Million
MJ	Megajoule
MW	Megawatt
MWh	Megawattstunden
ne	nicht energetische Nutzung
NL	Niederlande
OS	organische Substanz (in % der TS oder Glühverlust)
ÖSTAT	Österreichisches Statistisches Zentralamt
ρ	Dichte, spezifisches Gewicht [kg/m ³]
PE	Primärenergie
PJ	Petajoule
REN	Renewable Energy (erneuerbare Energie)
SBB	Schweizerische Bundesbahnen
t	Tonne
th	thermisch
Tr	Treibstoff
TS	Trockensubstanz
USA	Vereinigte Staaten von Amerika
VHe	Schweizerische Vereinigung für Holzenergie
WKK	Wärmeerkraftkoppelung

Umrechnungen

Tabelle 1: Umrechnungen

Faktor	Einheit		Faktor	Einheit
1	Kilo (k)	=	10³	Tausend
1	Mega (M)	=	10⁶	Million
1	Giga (G)	=	10⁹	Milliarde
1	Tera (T)	=	10¹²	Billion
1	Peta (P)	=	10¹⁵	Billiarde
1	Exa (E)	=	10¹⁸	Trillion
1	J	=	1	Ws
1	KJ	=	0.277	Wh
1	MJ	=	0.277	kWh
1	MJ	=	0.0238	kg EA
1	MJ	=	238.9	Kcal
1	GJ	=	0.277	MWh
1	TJ	=	0.277	GWh
1	PJ	=	277	GWh
		=		
1	cal	=	4.185	J=Ws
1	kcal	=	1.16	Wh
1	kcal	=	1.16 10⁻³	kWh
1	kcal	=	0.99 10⁻³	kg EA
		=		
1	Ws	=	1	J
1	kWh	=	3.6	MJ
1	kWh	=	0.085	kg EA
1	kWh	=	860	kcal
1	MWh	=	3.6	GJ
1	MWh	=	0.85	t EA
1	MWh	=	8.6*10 ⁵	kcal
		=		
1	kg EA	=	41.9	MJ
1	kg EA	=	11.63	kWh
1	kg EA	=	10012	kcal
		=		
1	rm* Holz (Ster)	=	0.44	Festmeter
1	Festmeter (m3)	=	0.5	Tonnen (80% TS)
		=		
1	kg Holz(80%TS)	=	14.65	MJ
1	kg Holz(80%TS)	=	4.07	kWh
1	kg Holz(80%TS)	=	0.245	kg EA
1	kg Holz(80%TS)	=	3500	kcal

rm* = Raummeter

Wichtige bzw. meist verwendete Umrechnungsfaktoren sind fett gedruckt

II. Teil: Ausführlicher Bericht

1 Einleitung

1.1 Ausgangslage

Die in dieser Studie erarbeiteten Daten sollen eine Entscheidungsgrundlage ermöglichen, um zukünftige Schwerpunkte im Bereich der Energie- und Umweltpolitik abzuleiten.

Die Daten sollen es erlauben, den Stand der Biomassenutzung der Schweiz im internationalen Umfeld zu vergleichen und zu bewerten. Bisherige Untersuchungen über Potentiale sind vielenorts erhoben und dokumentiert worden. Eine für die Schweiz zusammenfassende und vergleichende Studie mit aktuellen Werten fehlt hingegen.

Schwerpunkt der Studie bildet der Vergleich mit den angrenzenden Nachbarstaaten der EU. Um eine Gegenüberstellung mit kleinen europäischen Staaten und der Schweiz zu ermöglichen, wurden die Niederlande, Österreich sowie Dänemark miteinbezogen. Als Beispiel eines grossflächigen Landes werden die Vereinigten Staaten von Amerika im Vergleich berücksichtigt.

1.2 Zielsetzung und Abgrenzung

Folgende Ziele sollen erreicht werden :

- Abschätzen des aktuellen mengenmässigen Biomassepotentials in der Schweiz
- Stand der heutigen energetischen Nutzung (Stand 1996) in der Schweiz
- Vergleich der schweizerischen Situation mit den ausgewählten Staaten
- Zukünftige theoretische Nutzungsmöglichkeiten des Biomassepotentials in der Schweiz ohne Berücksichtigung anderer Staaten

Es werden keine Prognosen für die Zukunft erstellt. Hierfür müssten Modellrechnungen und Simulationen erarbeitet werden.

2 Vorgehen und Methodik

2.1 Datensammlung

Die Sammlung der Daten erfolgte mittels Literaturrecherchen, Internet und persönlicher Auskünfte. Bei divergierenden Werten wurde auf die am besten belegte Quellenangabe zurückgegriffen.

Die Plausibilität der Daten wurde durch Quervergleich unterschiedlicher Quellen überprüft. Um allfällige Diskrepanzen aufzuzeigen, wurden die entsprechenden Daten hochgerechnet und mit jeweiligen Kennzahlen verglichen.

Daten, die auf Schätzungen basieren bzw. deren Plausibilität nicht klar erbracht werden konnte, werden kursiv dargestellt.

Die ermittelten Daten sind anschliessend zusammengefasst und vergleichend beurteilt worden. Diese Vorgehensweise beschränkt sich auf aggregierte Daten wie z.B. Zusammenstellungen pro Land.

Die Aktualität der Daten bezieht sich, wenn nicht anders vermerkt, auf den Stand von 1996. Der Datenumfang erfolgte für die Schweiz so detailliert als möglich und für das Ausland entsprechend den vorhandenen Literaturangaben.

2.2 Definitionen

Biomasse

Der Energieträger „**Biomasse**“ lässt sich als Sammelbegriff für die Gesamtmenge aller durch Photosynthese erzeugten organischen Materie definieren. Biomasse fällt in fester oder flüssiger Form an. Eine weitere Unterscheidung in „feucht“ bzw. „trocken“ ist bei festen Stoffen sinnvoll.

Dem Begriff der „**erneuerbaren Biomasse**“ ist eine zeitliche Komponente hinzugefügt, die sich auf den Kohlenstoffkreislauf der organischen Materie bezieht. Erneuerbar ist Biomasse, wenn der Kohlenstoffkreislauf in sich wiederholenden Zeiteinheiten vorliegt [Potenagel, I. 1995].

Die Nutzung von erneuerbarer Energie ist solange umweltneutral und nachhaltig, wie ihre absolute Menge nicht verändert wird.

Biomasse selbst kann nach Potenagel, I. 1995 in zwei Kategorien unterteilt werden:

- Biomasse, die als organischer Reststoff und Abfallprodukt in der Land- und Forstwirtschaft sowie in der Industrieproduktion anfällt und
- Biomasse, die für Energiezwecke eigens erzeugt wird (Energiepflanzen).

Unter „**Biomasse**“ verstehen wir in dieser Arbeit folgende Stoffe:

- Holzsortimente wie: Wald-, Rest-, Altholz und Rinden
- Nachwachsende Rohstoffe (Raps, Chinaschilf, Hanf, Gräser etc.)
- Landschaftspflegematerial (Schilf, Seggen, Rasenschnitt, Holzschnitt)

- Ernterückstände bzw. landwirtschaftliche Reststoffe (Hofdünger, Stroh, etc.)
- Abfälle (aus Industrie, Gewerbe und Haushaltungen, Lebensmittelverarbeitung, Schlämme aus der Abwasserreinigung, Grossküchenabfälle)

Holz

Waldholz: Holz aus dem Wald, das direkt einer Nutzung zugeführt wird.

Restholz: Produktionsabfälle aus der Holzverarbeitung (Sägereien, Schreinereien, Zimmereien etc.). Dies beinhaltet Schwarten, Spreissel, Hobelspäne und Sägemehl, Spanplattenabschnitte.

Altholz: Stammt aus Gebäudeabbruch, Verpackungen, Renovationen und alten Möbeln. Altholz ist nicht naturbelassen und muss in speziellen Feuerungen verbrannt werden.

Rinden: Baumrinden, welche in Sägereien oder im Wald bei der Holzaufbereitung anfallen.

Nachwachsende Rohstoffe (NWR)

Unter dem Begriff NWR werden Pflanzen bzw. Pflanzenprodukte verstanden, die der energetischen oder der stofflichen Verwertung dienen. In dieser Studie werden nur Pflanzen berücksichtigt, die in der Landwirtschaft angebaut und der energetischen Nutzung zugeführt werden. Darunter fallen Raps, Klee graswiesen oder Mais, die sich z.B. aufgrund ihrer Inhaltsstoffe für die Treibstoffherstellung (RME, Alkohol) eignen. Weiter gehören Pflanzen wie Chinaschilf, Hanf, Sonnenblumen, Gräser bzw. Heu von wenig intensiv bis extensiv genutzten Wiesen dazu. Aufgrund ihrer Struktur und ihres hohen TS-Gehaltes eignen sich diese Pflanzen besonders für die thermische Konversion. Hecken, Feldholz, ökologische Ausgleichsflächen können ebenfalls im weiteren Sinn den NWR zugeteilt und thermisch genutzt werden.

Landschaftspflegematerial

Hierunter fällt Biomasse, die bei der Pflege und Erhaltung von Naturschutzflächen, Schilfgürteln, Mooren etc. anfällt. Dieses Material besteht teilweise aus Gräsern, Seggen, Schilfpflanzen oder verholztem Material. Sofern es nur feucht geerntet vorliegt, steht die Nutzung via Biogas im Vordergrund. Falls das Material einen TS-Gehalt von über 50% aufweist oder verholzt ist, kommt die thermische Nutzung in Frage.

Ebenfalls in diese Kategorie gehört Mähgut aus öffentlichen Parkanlagen, entlang von Bahnlinien und Autostrassen sowie Biomasse aus Oberflächengewässern z.B. Algen, Seegras. Nicht berücksichtigt ist angeschwemmtes Material (Treibgut).

Ernterückstände (landwirtschaftliche Reststoffe)

Unter diese Rubrik fallen Ernterückstände (Stroh) sowie Hofdünger (Mist, Gülle). Getreidebruch und andere Reststoffe aus der Futtermittelproduktion sind ebenfalls enthalten.

Abfälle

Dazu zählen Küchen- und Gartenabfälle sowie Abfälle aus der Nahrungs- bzw. Genussmittelproduktion, wie z.B. Kartoffelschalen, Tabakblattrippen etc.. Weiter fallen industrielle und kommunale Abwässer sowie Pferdemist aus Reitsportanlagen in diese Kategorie.

Potential

Der Begriff „Potential“ wird als die Gesamtheit aller für einen bestimmten Zweck zur Verfügung stehenden Mittel definiert [Lexikothek, 1985].

Das „Biomassepotential“ bezeichnet das gesamte Angebot bzw. den Anfall an Biomasse [Kaltschmitt, M. et al., 1993].

Primärenergie

Als Primärenergie werden die am Anfang der Energieumwandlungsketten stehenden Energieträger bezeichnet. Beispiele sind Erdöl, Erdgas oder Biomasse.

Endenergie

Für den Anwender in nutzbarer Form vorliegende Energie wie Fernwärme, Gas, Strom.

Erneuerbare Energie

Energieträger, die sich nicht im Zeitraum von wenigen Generationen erschöpfen, sondern längerfristig zur Verfügung stehen wie Sonnenenergie, Biomasse, Wind, Gezeiten, Geothermie, etc.

2.3 Annahmen bezüglich Konversionsarten

Für die Abschätzung des schweizerischen Biomasse-Potentials werden ausschliesslich die folgenden vier Konversionsarten berücksichtigt :

1. Vergärung der Biomasse zu Biogas und anschliessende Umwandlung in Strom und Wärme mittels Gasmotor-Generator.
2. Verbrennen der Biomasse zur Wärmeengewinnung.
3. Umesterung von Pflanzenölen zu Rapsmethylester (RME).
4. Vergärung der Biomasse zu Ethanol (EtOH) als Treibstoff.

Die Auswahl der Konversionsart hängt von den Eigenschaften der Biomasse ab und basiert auf folgenden Überlegungen:

- Ausgangsmaterial für die Strom und Wärmeengewinnung via Biogas stellen feuchte Biomassesortimente dar. Die Vergasungstechnologie findet keine Berücksichtigung, weil sie bei kleineren Anlagen (<1MW) noch zuwenig ausgereift ist und somit die verfahrenstechnischen Daten schlecht abgeschätzt werden können. Ebenso werden WKK (Dampf etc.) ausgeklammert.
- Zur Umwandlung in Wärme werden trockenes (>50% TS) und verholztes Material angenommen.
- Die Treibstoffproduktion erfolgt aus Material von Klee graswiesen bzw. Mais, der zur Treibstoffproduktion (Ethanol) verwendet wird. Raps als Ölpflanze wird zu Treibstoff

(RME) umgewandelt. Weitere Konversionsarten, die ebenfalls Treibstoffe (Methanol) produzieren, bleiben ausgeklammert.

2.4 Berechnung des Energie-Potentials

Das Energiepotential eines bestimmten Biomasse-Energieträgers berechnet sich aus der energetisch nutzbaren Masse und deren Energieinhalt. Die Konversionsart wird durch einen Umwandlungsfaktor ($\eta_{\text{Konversion}}$) einkalkuliert. Das Energiepotential (Epot) berechnet sich aus folgender Formel:

$$\mathbf{E_{pot}(W\ddot{a}rme, Strom, Diesel\ddot{a}quivalent) = M [kg] * Hu [MJ/kg] * \eta_{Konversion}[\%]}$$

wobei:	M	=	Masse [kg TS]
	$\eta_{\text{Konversion}}$	=	Umwandlungsfaktor abhängig von der gewählten Konversionsart bzw. -technologie
	Hu	=	unterer Heizwert
	TS	=	Trockensubstanz

Die Heizwerte verschiedener Biomasse sind in Tabelle 2 aufgeführt. Diese sind abhängig vom Feuchtegehalt und deren Zusammensetzung.

Tabelle 2: Heizwerte unterschiedlicher Biomassbrennstoffe bei 100% TS

Material	Heizwert (Hu) MJ/kg	Quelle
Holz mit Rinde	18.1	Rügamer, A., 1998
Holz mit Rinde	18.5	Strehler, A. in : Flaig, H. et al., 1993
Durchforstungsholz	21.0	Potenagel, I. 1995
Nutzholz	19.7	Potenagel, I. 1995
Brennholz	20.0	Potenagel, I. 1995
Rinde	16.2	Flaig, H., Mohr, H. 1993
Stroh (Getreide)	~ 17.3	Kaltschmitt, M., Wiese, A. 1993
Stroh	17.4	Potenagel, I. 1995, Strehler, A. 1989;
Stroh	16.9	Rügamer, A. 1998, Brenndörfer, N. 1984
Weizenstroh	16.9	zitiert in Kaltschmitt, M. 1994
Gerstenstroh	16.3	zitiert in Kaltschmitt, M. 1994
Roggenstroh	17.5	zitiert in Kaltschmitt, M. 1994
Haferstroh	16.6	zitiert in Kaltschmitt, M. 1994
Maisstroh	14.0	zitiert in Kaltschmitt, M. 1994
Winterrapsstroh	16.5	zitiert in Kaltschmitt, M. 1994
Getreide-Ganzpflanzen	17.5	Strehler, A. in : Flaig, H. et al., 1993
Energiepflanzen C-3	17.5	Potenagel, I. 1995
Landschaftspflegeheu	17.1-18.0	Rügamer, A. 1998
Anweilksilage	16.9	Rügamer, A. 1998
Rohrglanzgras-Honiggras	17.3	Rügamer, A. 1998
Energiepflanzen C-4	17.5	Potenagel, I. 1995
Chinaschilf	16.3 - 17.4	zitiert in Kaltschmitt, M. 1994 Rügamer, A. 1998
Rapsöl	36.9	Wolfensberger, U. 1993
RME	37.3	Wolfensberger, U. 1993
Ethanol	26.8	Hartmann, H, Strehler, A., 1995
Methanol	19.7	Hartmann, H, Strehler, A., 1995
Rindergülle	15.0	Potenagel, I. 1995
Schweinegülle	17.0	Potenagel, I. 1995
Hühnergülle	13.6	Potenagel, I. 1995
Haus-Gewerbemüll	22.0	Potenagel, I. 1995
Gemüse	17.5	Potenagel, I. 1995
Papier/Pappe	17.0	Potenagel, I. 1995
Klärschlamm	17.0	Potenagel, I. 1995
Biogas (pro N m3 Gas)		
aus Rindergülle	20	Kleemann, M., Meliss, M. , 1993
aus Schweinegülle	23	Kleemann, M., Meliss, M. , 1993
aus Hühnerkot	23	Kleemann, M., Meliss, M. , 1993
Biogas-Gemisch	21.5	Wellinger, A. et al., 1984
Methan (rein)	35.8	Kohmanns, B. et al., 1995

In Abbildung 8 sind die Heizwerte verschiedener Biomassesortimente in frischem Zustand, d.h. direkt zum Anfall bzw. Erntezeitpunkt dargestellt. Dabei ist ersichtlich, dass :

- Holz sich für die thermische Nutzung aufgrund seines natürlich hohen TS-Gehaltes sehr gut eignet.
- Frisches, unverholztes Pflanzenmaterial sich ohne Trocknung nur bedingt für eine thermische Nutzung verwerten lässt. Bei diesen Materialien steht daher die Vergärung im Vordergrund.
- Gülle wegen des hohen Wassergehaltes einen geringen Heizwert aufweist. Die thermische Nutzung ist erst nach einer entsprechenden Vorbehandlung (Separierung oder Trocknung) möglich. Hingegen lässt sich Gülle gut vergären.

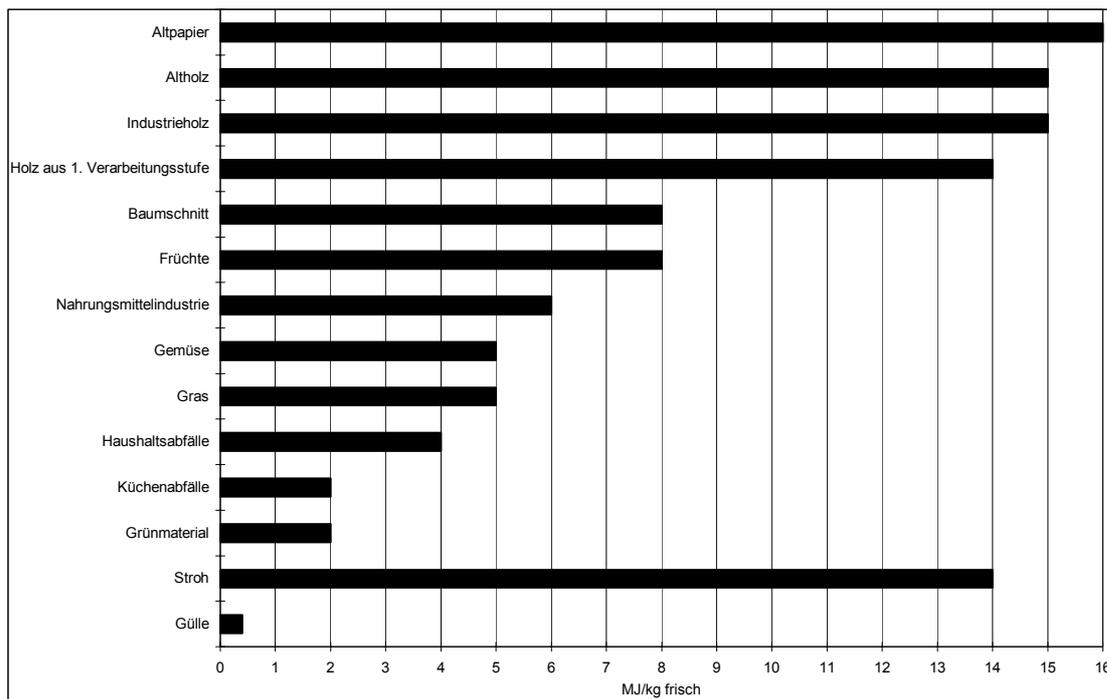


Abbildung 8: Heizwerte ausgewählter frischer Biomassesortimente (Faaij 1997)

Da die Verbrennung die einfachste und kostengünstigste sowie effizienteste Nutzungsform darstellt, werden traditionell Holz bzw. trockene, feste Brennstoffe vorrangig genutzt.

3 Ergebnisse Schweiz

3.1 Aktuell technisch nutzbares Biomassepotential in der Schweiz

Die Zusammenstellung des heutigen Biomasseanfalls in der Schweiz (Tabelle 3) bezieht sich auf eine nachhaltige Produktion und beinhaltet Biomassesortimente, die zur energetischen Nutzung geeignet sind. Unter einer nachhaltigen Produktion wird hier die Erhaltung der Produktionsfaktoren, z.B. Wald oder Landwirtschaftliche Nutzfläche (LN) über einen Zeitraum von mehreren Generationen verstanden.

Generell berücksichtigt wird Biomasse, die technisch verwertbar ist, heute bereits anderweitig verwendet wird, in Zukunft aber auch energetisch genutzt werden könnte.

Nicht berücksichtigt sind:

- der kurzfristige Anfall, der sich z.B. in der Waldnutzung aus Sturmschäden, Rodung, etc. ergibt
- der Anfall nicht technisch nutzbarer Biomasse wie z.B. der Blattfall des Waldes, Anfall von Seegras aus Oberflächengewässern, etc.

Die in Tabelle 3 enthaltenen Daten basieren auf einem Zeitraum zwischen 1990 und 1996.

Biomasse fällt hauptsächlich in der Landwirtschaft, im Wald oder als Reststoff tierischen oder anthropogenen Ursprungs an. Daher werden in einem ersten Schritt die Mengen bzw. Flächen angegeben, auf denen Biomasse anfällt.

Die Dateninterpretation von Tabelle 3 findet sich in Kapitel 3.2.

Die in den Tabellen eingegebenen Werte basieren jeweils auf den entsprechenden Quellenangaben. Bei mehreren Quellenangaben zeigt der Schrägstrich / an, auf welche Spalte sich die Angaben beziehen.

Die ausführlichen Literaturangaben sind im Literaturverzeichnis zu finden.

Eigene Schätzungen sind *kursiv* geschrieben.

Tabelle 3: Aktuell technisch nutzbares Biomassepotential in der Schweiz

Energieträger	Annahmen	Masse 1000 t TS/a	Masse 1000 m ³ /a	Fläche ha	Heizwert MJ/kg TS	E-pot. PJ	Quelle
Holz							
Waldholz	Schätzungen der Expertengruppe	1'400	3'100		20	28	/1/1./2/.
Restholz	Energieszenarien EGES und	700	1'400		19	13	/1/1./2/.
Altholz	Impulsprogramm PACER	400	900		20	8	/1,3/1,2,3/.
Rinden		300	700		16	5	/1/1./2/.
Total Holz		2'800	6'100			50-60	
NWR aus Landwirtschaft							
Raps	Gesamte aktuell genutzte Rapsfläche	40		14'000	37	0.6	/4,1/./5
Halmgutartige (Chinaschiff, Hanf etc.)	Umnutzung bestehender Flächen	40		2'500	17	0.7	/1/./5
Ausgleichsflächen (Gras, Hecken)	Umnutzung bestehender Flächen	230		75'000	17	3.9	/1/./5
Total NWR aus Landwirtschaft		310		91'500		5-6	
Landschaftspflegematerial							
Naturschutzflächen	Umnutzung bestehender Flächen	120		40'000	17	2	/1/./6,7
Mähgut	Umnutzung bestehender Flächen	70		65'000	17	1	/8/./8
Total Landschaftspflegematerial		190		105'000		3	
Ernterückstände (landw. Reststoffe)							
Hofdünger (ohne Einstreu)	energetische Nutzung des Gesamtanfalls	3'800	38'300		16	61	/1/1/1/.
Feststoffe aus Hofdüngeraufbereitung	Aktueller Anfall energetisch genutzt	100	400		16	2	/1/1/.
Ernterückstände (ohne Stroh)	Kartoffelkraut, Zwischenfutter (Wiesen)	540			17	9	/1, 10/./1.
Stroh	Getreidestroh, Rapsstroh	640		173'522	17	11	/1/1/./9
Total Ernterückstände		5'080				80-90	
Abfälle							
Küchenabfälle	aus Grossküchen, Restaurationsbetrieben	30			14	0	/2/./1.
Gartenabfälle	Kompostierbares aus Haushalten etc.	490			17	8	/2/./1.
Abfälle aus Nahrungsmittelproduktion	Verarbeitendes Gewerbe, Industrie	970			15	15	/2/./1.
Abfälle aus Industrie und Gewerbe	Papierindustrie, chem.-pharmaz. Industrie	110			22	2	/2/./1.
Abwasserreinigung	Kläranlagen	210			17	4	/2/./1.
Pferdemist	energetische Nutzung des Gesamtanfalls	140	602		17	2	/1/1/.
Total Abfälle		2'000				30-35	
Biomasseanfall total		10'400				165-195	

Quellenangaben siehe nächste Seite.

Quellenangaben zu Tabelle 3

- 1) Eigene Berechnungen
- 2) PACER, Projektieren automatischer Holzfeuerungen, 1995
- 3) INFRAS, 1994
- 4) FAT Bericht Nr. 427, 1993
- 5) Gantner U., BLW, 1996, pers. Mitteilung
- 6) Berchtold, pers. Mitteilung, 1998
- 7) BUWAL, 1998
- 8) Arbi-probag, 1993
- 9) BFS, Statistisches Jahrbuch der Schweiz, 1998
- 10) Müller, D. et al., 1995
- 11) Schweizerischer Bauernverband, 1998. Statistische Erhebungen und Schätzung 1997
- 12) Löttscher, R., Hungerbühler, N., 1997

3.2 Dateninterpretation

Im folgenden werden die Datengrundlagen bzw. Annahmen der Tabelle 3 dargestellt und die Datenqualität abgeschätzt:

Holz

Das theoretische Energieholzpotential beträgt etwa 6 Mio m³ pro Jahr (Pacer 1995). Aufgrund dieser Angabe wurden die einzelnen Holzsortimente um den Faktor 1.3 hochgerechnet. Die Daten zur Waldholzmenge schwanken zwischen 1.5 und 2.8 Mio m³. Die Menge an Restholz liegt bei 1.1 Mio m³, die Altholzmenge bei 0.7 Mio m³ (Pacer, 1995). Die Berechnung der Rindenmenge ergibt sich aus der Differenz des gesamten Energieholzpotentials und oben aufgeführten Holzsortimenten.

Die Massenangaben für Holz berechnen sich aus der Menge in m³ multipliziert mit dem spezifischen Gewicht von 0.55 t/m³ bei einem TS-Gehalt von 85%.

NWR aus Landwirtschaft

Für die Berechnung der Massen wurde folgende Flächenerträge angenommen:

Raps	3 t TS/ha; Anbau auf 14'000 ha
Chinaschilf	18 t TS/ha (Hersener et al., 1996);
Hanf	12 t TS/ha
Kenaf	3 t TS/ha
Anbau von Chinaschilf, Hanf und Kenaf	auf insgesamt 2'500 ha
Ausgleichsflächen	3 t TS/ha; 75'000 ha

Naturschutz

Der Holzanfall auf Naturschutzflächen ist unter der Rubrik Holz integriert. In der Energiestatistik werden 180 000 m³ Holz erwähnt, welche ausserhalb der Waldfläche anfallen. Man kann davon ausgehen, dass ein Teil auf Naturschutzflächen anfällt. Die genaue Menge ist jedoch nicht quantifizierbar. Die 180 000 m³ sind daher unter der Rubrik Holz aufgeführt. Diese Überlegungen werden gestützt durch die persönliche Auskunft von Herrn Berchthold, pro natura, 1998.

Landschaftspflege

Die Massenangaben basieren für Naturschutzflächen auf Flächenerträgen von 3 t TS/ha. Weiter wurden folgende Daten (Arbi-probag, 1993) verwendet: 3000 t TS von Ufergebieten, 40000 t TS von Rasenflächen, 6000 t TS von Strassen- und Bahnböschungen sowie 20000 t TS von Laub (Annahme rund 33% TS).

Ernterückstände

Hofdünger berechnet sich aus den Gesamttierzahlen der einzelnen vom BFS aufgeführten Tiergruppen (Rinder, Schweine, Schafe, Pferde, Hühner und Ziegen) sowie deren Gülle- bzw. Mistanfall gemäss Umrechnung in DGVE (Wirz Kalender, 1998). Beim Anfall handelt sich um unverdünnte Gülle- bzw. Mistmengen mit einem durchschnittlichen TS-Gehalt von 10%. Die im Mist enthaltene Strohmenge ist nicht enthalten.

Bei den Feststoffmengen gehen wir davon aus, dass zur Zeit rund 1% aller DGVE einer Separierung zugeführt werden. Die Feststoffe weisen einen TS-Gehalt von durchschnittlich 25% auf (Meier, 1994). Die Feststoffe werden aktuell als Dünger verwendet, könnten hingegen vollumfänglich energetisch genutzt werden.

Ernterückstände ohne Stroh wurden aus der EAWAG Studie (1995) entnommen. Die Strohmenge basiert ebenfalls auf Angaben der EAWAG. Diese Zahl stimmt weitgehend mit den Angaben des Schweizerischen Bauernverbandes (1998) mit 700 000 t TS überein.

Abfälle

Die Daten ausser für Pferdemist basieren auf Angaben des IUL (Lötscher, R., 1997) und wurden soweit möglich mit Daten des BFS, Umwelt in der Schweiz 1997 unterstützt.

Der Anfall an Pferdemist berechnet sich aus der Anzahl Pferde mit 43000 Stück x 0.7 (DGVE-Faktor) x 20 m³/DGVE (Mistanfall). Der TS-Gehalt wird mit 24% (Hersener, Bühler, 1998) angenommen.

3.3 Stand der energetischen Nutzung

3.3.1 Aktuell genutzte Energie aus Biomasse in der Schweiz

Tabelle 4 zeigt die aktuelle Nutzung der Biomasse in der Schweiz. Die getroffenen Annahmen finden sich stichwortartig in der Tabelle. Die ausführliche Beschreibung folgt im nächsten Abschnitt zusammen mit der Dateninterpretation (siehe 3.3.2)

Tabelle 4: Aktuell genutzte Energie aus Biomasse

Energieträger	Bemerkungen	aktuell genutzte Masse in 1000 t/TS	Primärenergie kt EA	P _J	Strom GWh	Wärme kt EA	Quelle
Holz							
Waldholz	Umrechnung der Volumenangaben in Masse mit einem mittleren spez. Gewicht von 550 kg/m ³	413	173	7.2			1/2/./.
Restholz		449	162	6.8			1/2/./.
Altholz		55	24.6	1.0			1/2/./.
Rinden		167	64	2.7			3/2/./.
Total Holz		1084	424	17.7	14	316	././4/4
NWR aus Landwirtschaft							
Raps als RME	Heutige NWR Fläche	3.7	1.3	0.1			5/2/./.
Halmgutartige (Chinaschilf, Hanf etc.)	Aktuell keine energetische Nutzung	0	0	0.0			5/././
Ausgleichsflächen (Gras, Hecken)	Aktuell keine energetische Nutzung	0	0	0.0			5/././
Total NWR aus Landwirtschaft		3.7	1.3	0.1			
Landschaftspflegematerial							
Naturschutzflächen	Holz und Hecken im Total Holz enthalten	0	0	0.0			6/
Mähgut	Aktuell keine energetische Nutzung	0	0	0.0			6/
Total Landschaftspflegematerial		0	0	0.0			
Ernterückstände (landw. Reststoffe)							
Hofdünger	Umwandlung via Biogas	7.8	3.0	0.1	1.7	0.4	2/7/7/7
Feststoffe aus Hofdüngeraufbereitung	Aktuell keine energetische Nutzung	0	0	0.0			6/
Ernterückstände (ohne Stroh)	Aktuell keine energetische Nutzung	0	0	0.0			6/
Stroh	Aktuell keine energetische Nutzung	0	0	0.0			6/
Total Ernterückstände		7.8	3.0	0.1	1.7	0.4	
Abfälle							
Küchenabfälle	Ein Drittel via Vergärung genutzt, Rest als Futter	7	1.7	0.1	2.8	0.7	3./2/2/2/2/2
Gartenabfälle	120 kt via KVA, 30 kt via Deponie (Biogas)	150	35.8	1.5	40.0	21.5	3./2/2/2/2/2
Abfälle aus Nahrungsmittelproduktion	4 kt in KVA's, Heizwert mit 15 MJ/kg angenommen	4	1.4	0.1	1.66	0.9	3./2/2/2/2/2
Abfälle aus Industrie und Gewerbe	50 kt in KVA's, Heizwert mit 22 MJ/kg angenommen	50	11.9	0.5	13.85	7.2	3./2/2/2/2/2
Abwasserreinigung	rund 70 kt in KVA, rund 40 kt in Deponien (Biogas)	111.4	45.2	1.9	76.6	21.0	3./8./2/2/9./2/2./9
Pferdmist	Aktuell keine energetische Nutzung	0	0	0.0	0	0	6/
Abfälle in KVA's	1.98 Mio t FS mit durchschnittlich 40% TS	792	415	17.4	464	96	10/././2/2
Abfälle in Deponien	Umwandlung via Biogas	105	38	1.6	50.0	2	3/2/2/8/8
Total Abfälle mit KVA und Deponien		1219	549	23.0	649.3	149.5	3./6/6/
Total Abfälle ohne KVA's und Deponien		427	96	4.0	184.9	53.1	3./2/2/2/2
Biomassenutzung heute (1996)		2315	976.7	40.9	665	466	

Quellenangaben siehe nächste Seite

Quellenangaben zu Tabelle 4:

- 1.) VHe, Erarbeitung einer Schweizerischen Holzenergiestatistik. Teil 'Brennstofforientierte Erhebungen', 1996
- 2.) eigene Berechnungen
- 3.) Löttscher, R., Hungerbühler, N., (1997)
- 4.) Jahresbericht E2000, 1998, erneuerbare Energien, Basis 1996
- 5.) pers. Mitteilung, BLW, (1998), Stand 1996
- 6.) keine detaillierten Angaben, Schätzung der Autoren, Holznutzung auf Naturschutzflächen in Rubrik Holz integriert
- 7.) Egger, K.: Schweizerische Statistik erneuerbarer Energieträger. Teilstatistik Biogasanlagen 1996
- 8.) Schweizerische Gesamtenergiestatistik, 1996
- 9.) Jahresbericht E2000, 1998
- 10.) BUWAL, Umweltbericht 1997, Daten, Fakten, Perspektiven

3.3.2 Dateninterpretation, Annahmen

Holz

Die Daten in Tabelle 4 basieren auf Umrechnungen aus Tabelle 5. Diese Angaben werden auch durch die Schweiz. Gesamtenergiestatistik 1996 mit einer Brennholznutzung von 17.7 PJ (1996) untermauert. Die Umrechnung basiert auf einem mittleren spezifischen Gewicht von 550 kg/m³ für Brennholz.

Tabelle 5: Energiebereitstellung aus Holz 1994

Herkunft des Energieholzes / Feuerungskategorie	Energie [MWh/a]	Energie [PJ/a]	Umrechnungsfaktor 1 m ³ = x MWh
Waldholz	2030900	7.33	x= 2.30
Flur- und Feldholz	22000	0.079	x= 2.20
Sägereibranche	672000	2.42	x= 2.10
Schreinereibranche	500000	1.80	x= 2.50
Zimmereien und übrige Betriebe	437500	1.58	x= 2.50
Plattenproduktion	475000	1.71	x= 2.50
Papier- und Zellstoffindustrie	556800	2.01	x= 2.40
Altholz	289100	1.07	x= 2.45
Total Energieholzverbrauch	4 983 800	17.99	

Quelle: Basler&Hofmann: *Schweizerische Holzenergiestatistik, Ersterhebung 1990 bis 1996*, BFE/ BFS/ BUWAL/ BWL, 1998.

NWR

Die Daten des BLW stammen aus dem Jahr 1996. Die RME-Produktion aus der Anlage in Etoy ist darin enthalten. Diese Anlage ist bis heute die einzige, die Raps zu Treibstoffzwecken nutzt. Das Energiegras/Feldholz Projekt fand bis dato keine Umsetzung, weshalb die energetische Nutzung von 'Halmgutartigen' nicht berücksichtigt ist.

Landschaftspflegematerial

Zur energetischen Nutzung konnten keine konkreten Daten gefunden werden. Hecken und Sträucher, auch von Naturschutzflächen, sind in der Kategorie Holz oder Gartenabfälle enthalten. Man kann davon ausgehen, dass rund 1/3 der Naturschutzflächen mit Wald bedeckt sind. Rund 2000 t TS aus Gärten, Haushalten Industrie und Gewerbe werden vergoren. Die Aufschlüsselung nach Landschaftspflegematerial ist aufgrund der uns bekannten Datenlage nicht möglich. Nach Lötscher, A. 1997 werden 120'000 t TS kompostierbare Abfälle den KVA's zugeführt. Die Aufschlüsselung dieser Daten findet sich in der Rubrik 'Abfälle'. Wir gehen davon aus, dass die Masse der Gräser und Sträucher aus der Pflege öffentlicher Anlagen sowie Rasenschnitt von Haushaltungen in der Kategorie Gartenabfälle aufgeführt sind.

Ernterückstände und Hofdünger

Die Daten zu Hofdünger stammen aus der Schweizerischen Statistik erneuerbarer Energieträger, 1997 (Stand 1996). Darin wird eine Bruttogasproduktion von 14981 MWh/Jahr ausgewiesen. Die Umrechnung erfolgte aufgrund folgender Annahmen: 1kg OS ergibt 400 Liter Biogas bzw. 1kg TS 320 Liter. Der Heizwert wurde mit 21,5 MJ/m³ Biogas zu Grunde gelegt (siehe Tabelle 2).

Nach unserer Kenntnis werden in der Schweiz aktuell keine Feststoffe, Ernterückstände sowie Stroh energetisch genutzt.

Abfälle

Knapp ein Drittel der Küchenabfälle (Gastronomie), 7'000 t TS von insgesamt 25'000 t TS (Lötscher, R.) gelangt nach eigenen Annahmen in die Vergärung (KOMPOGAS bzw. Co-Vergärungsanlagen). Der Rest wird verfüttert.

Bei den Gartenabfällen gelangen nach Lötscher 120'000 t TS jährlich via Kehrichtabfuhr in die Verbrennung. Bei der Umwandlung in den KVA's wird für die Wärme ein Konversionsfaktor von 0.6 und für den Strom ein Faktor von 0.1 des Primärenergiegehaltes angenommen. 30'000 t TS gelangen in Deponien (Biogas).

Abfälle aus der Nahrungsmittelindustrie werden zu einem hohen Grad (78%) als Futtermittel wiederverwertet. Rund 4'000 t TS (Lötscher, R.) gelangen jährlich in KVA's. Dabei handelt es sich um 1'000 t TS aus der Gemüseverarbeitung und 3'000 t TS aus der Kaffeeverarbeitung. Für die Umrechnung auf den Primärenergiegehalt ist ein Heizwert von 15 MJ/kg TS berechnet worden (Faaij, 1997). Für die Umwandlung in Strom und Wärme wurden die gleichen Faktoren wie bei den Gartenabfällen angenommen.

Die Energie aus Abfällen der Industrie und des Gewerbes basieren auf den Annahmen von Lötscher, R. mit 50'000 t TS/a, wobei die gesamte Menge mit einem Heizwert von 22 MJ/kg TS (Potenagel, I., 1995) den KVA's zugeführt wird. Für die Umwandlung in Strom und Wärme wurden die gleichen Faktoren wie bei den Gartenabfällen angenommen.

Die Rubrik „Abwasserreinigung“ umfasst den Klärschlamm mit einer Menge von insgesamt etwa 210-220'000 t TS/a. Davon werden nach Lötscher rund 115'000 t TS pflanzenbaulich verwertet. Die restlichen 107'000 t TS (BUWAL-Abfallstatistik 1996, 1998) teilen sich auf in rund 70'000 t TS, die in KVA's gelangen bzw. in etwa 40'000 t TS, die deponiert werden. Ein Teil der gesamten Klärschlammes wird vergoren. Aus den Energiezahlen der Schweizerischen Gesamtenergiestatistik (1996) kann die vergorene Klärschlammmenge entsprechend den angegebenen Zahlen für Strom und Wärme der Klein-WKK-Anlagen zurückgerechnet werden. Dies ergibt 110'000 t TS/a.

Pferdemist wird bis heute nicht energetisch genutzt bzw. in Statistiken geführt.

3.3.3 Aktuelle Biomassenutzung in der Schweiz analog EUROSTAT

Um den aktuellen Stand der Schweiz mit dem Ausland vergleichen zu können, sind in der unterstehenden Tabelle 6 die Daten gemäss der EUROSTAT-Einteilung aufgelistet.

Die EUROSTAT und IEA-Daten basieren auf einer jeweils eigenen Einteilung der einzelnen Biomassesortimente, die nur teilweise untereinander und mit denen der Schweiz kompatibel sind.

EUROSTAT listet „Holz und feste Biomasse“ gemeinsam in der gleichen Rubrik auf, unterteilt aber nach deren energetischer Nutzung. Das Total der Rubrik „Holz, feste Biomasse“ in Tabelle 6 entspricht somit dem Total „Holz“ der Tabelle 4. Stroh und feste Ernterückstände, welches nach EUROSTAT ebenfalls in dieser Rubrik aufgelistet werden, spielen in der Schweiz als Brennstoff keine Rolle.

Die Rubrik „Total Bio-Treib- und Brennstoffe“ entspricht der Rubrik „NWR aus Landwirtschaft“ in Tabelle 4. Die Naturschutz- bzw. Mähgutflächen werden ebenfalls dieser Rubrik zugeteilt.

Die Rubrik „Deponiegas“ in Tabelle 6 entspricht den „Abfällen in Deponien“ aus Tabelle 4.

„Klärschlamm“ stammt aus Tabelle 4, wo es unter „Abwasserreinigung“ geführt wird.

„Gülle“ in Tabelle 6 setzt sich zusammen aus den Daten „Hofdünger“, „Feststoffe aus der Hofdüngeraufbereitung“ und „Pferdemist“.

„Abfälle aus der Nahrungsmittelproduktion“ nach EUROSTAT entspricht dem gleichen Titel in Tabelle 4.

„Haushalts- und Industrieabfälle (fest)“ setzt sich zusammen aus „Küchenabfälle“, „Gartenabfälle“, „Abfälle aus Industrie und Gewerbe“ und „Abfälle aus KVA's“.

In der Schweiz werden momentan rund 41 PJ aus Biomasse genutzt. Dies entspricht einem Anteil am Endenergieverbrauch von 5 %.

Innerhalb der erneuerbaren Energieträger weist die Biomasse einen Anteil von 17 % auf.

Rund die Hälfte der Biomasseenergie wird zur Wärmeproduktion genutzt.

Tabelle 6: Energieträger in der Schweiz analog EUROSTAT, soweit Daten vorhanden

Energieträger	Primärenergie		Strom GWh	Wärme kt EA
	kt EA	PJ		
Holz, feste Biomasse				
Haushalt	0	0		0
Wärmeverbund	0	0		0
Industrie	0	0		0
WKK	0	0	0	0
Total Holz, feste Biomasse	423.6	17.7	14.0	316.0
Bio-Treib-bzw. Brennstoffe	1.3	0.1	0.0	0.0
Total Bio-Treib-und Brennstoffe	1.3	0.1	0.0	0.0
Deponiegas	38.1	1.6	50.0	2.0
Total Deponiegas	38.1	1.6	50.0	2.0
Klärschlamm	45.2	1.9	76.6	21.0
Total Klärschlamm	45.2	1.9	76.6	21.0
Gülle	3.0	0.1	1.7	0.4
Total Gülle	3.0	0.1	1.7	0.4
Abfälle aus Nahrungsmittelproduktion	1.4	0.1	1.7	0.9
Total Abfälle aus Nahrungsmittelproduktion	1.4	0.1	1.7	0.9
Haushalts- und Industrieabfälle (fest)	464.1	19.4	521.0	125.7
Total Haushalts- und Industrieabfälle (fest)	464.1	19.4	521.0	125.7
Total Biomasse	976.7	40.9	665.1	465.9
Primärenergieerzeugung	25819	1081.8		
Primärenergieerzeugung aus REN	4403	184.5		
Brutto-Inlandverbrauch	25738	1078.4		
Energie-Endverbrauch	19540	821.0		
Anteil REN an der Primärenergieproduktion	17.1%			
Anteil REN am Inlandenergieverbrauch	17.1%			
Anteil REN an Stromproduktion	56.9%			
Biomasseanteil an Primärenergieerzeugung	3.8%			
Biomasseanteil am Brutto-Inlandverbrauch	3.8%			
Biomasseanteil an Stromproduktion	1.2%			
Biomasseanteil am Energie-Endverbrauch	5.0%			

3.4 Realisierbare energetische Nutzung der Biomasse in der Schweiz

3.4.1 Getroffene Annahmen für die Berechnung

Für die zukünftige energetische Nutzung der Biomasse in der Schweiz finden nur bereits heute eingesetzte bzw. anwendbare Technologien Berücksichtigung. Theoretische bzw. erst in ferner Zukunft einsatzfähige technische Möglichkeiten bleiben ausgeklammert. Ebenfalls wurden weder politische noch ökonomische Rahmenbedingungen in die Überlegungen mit einbezogen.

3.4.1.1 Biomassesortimente

Zur Berechnung des möglichen Energiepotentials wurden folgende Biomassesortimente mit den entsprechenden Annahmen zu Grunde gelegt:

Holz

Nach einer Aufsummierung (Rutschmann, C., 1994) der verschiedenen kantonalen Energieholzkonzepte ergibt sich für die Schweiz ein sofort bis mittelfristig nutzbares Energieholzpotential von 3,6-4,9 Mio. m³ oder etwa 1800 bis 2500 t TS.

NWR

Bei der auf landwirtschaftlicher Nutzfläche erzeugten Biomasse ist zu unterscheiden zwischen Grünland und Ackerfläche. Nach Masterplan (1995) werden aufgrund der Extensivierung bzw. Ökologisierung in der Landwirtschaft rund 20'000 ha Ackerland sowie rund 50'000 ha Grünland umgenutzt (vgl. Tabelle 7).

Aufgrund der Auflagen sind die Flächen weniger für den intensiven Futterbau zu nutzen und stehen somit alternativen Nutzungen, wie der Energieproduktion zur Verfügung. Aufgrund der heutigen ökonomischen Bedingungen werden diese jedoch vorrangig für eine minderwertige Futtergewinnung (Galkühe, Rindermast) eingesetzt.

Aktuell werden rund 2900 ha Bunt- bzw. Grünbrachen angebaut (BFS, 1997), die ebenfalls energetisch genutzt werden könnten.

Die Daten basieren auf der Annahme, dass entweder eine Verteuerung der Energiepreise (Energiesteuer) oder die Nutzungskosten auf Seite der Landwirtschaft sinken werden.

Tabelle 7: Umnutzung 'freiwerdender Flächen' im Jahr 2002 (in ha, Basisjahr1992)

	2002
Tierische Produktion	
Ausdehnung Mutterkuhhaltung	35'000
Schafe, Ziegen	4'500
Pferde	5'500
Pflanzliche Produktion	
Zuckerrüben	3'500
Proteinfrüchte (Eiweisserbsen, Ackerbohnen)	3'000
Ölsaaten	1'000
Alternative Flächennutzung	
Flächenstilllegung, NWR	20'000
Ökologisierung der Landwirtschaft	
ökologische Ausgleichsflächen	13'000
biologischer Landbau, IP	15'000
Freizeit und Erholung	1'000
Aufforstung, natürliche Bewaldung	?
Verlust an LN	20'000
Total	121'500

Quelle: Expertenkommission Pflanzenbau, Masterplan Pflanzenbau, Bericht der Expertenkommission zur Neuorientierung im Pflanzenbau, 1994

Landschaftspflegematerial

Die Verwertung erfolgt heute entweder über den Weg der Kompostierung (ohne Energienutzung), durch die Landwirtschaft oder teilweise noch durch Deponierung bzw. Verrottung des Pflanzenmaterials an Ort und Stelle.

Durch geeignete Feuerungsanlagen und Logistikkonzepte wären die Landschaftspflege- bzw. Naturschutzflächen ebenfalls energetisch nutzbar. Die Berechnungen gehen davon aus, dass 10% dieser Flächen (10'500 ha) bereits heute energetisch nutzbar wären.

Abfälle

Basierend auf den Masseangaben in Tabelle 3 wurde bei der Nutzung der einzelnen Abfallfraktionen von folgenden Annahmen ausgegangen:

- Die anfallenden Küchenabfälle (v.a. aus Grossküchen) werden maximal zu 30% energetisch genutzt, die restlichen 70% gelangen in die Schweinefütterung. Ausgehend von den heutigen Energiepreisen erscheint ein Wechsel unwahrscheinlich, da kein zusätzlicher Gewinn erzielt werden kann. Für die energetische Nutzung wird beim Ausgangsmaterial 80% OS angenommen mit einer Gausausbeute von 0,45 m³ Biogas/ kg OS.
- Gartenabfälle: Der grösste Teil wird auch in Zukunft in die Kompostierung gehen. Daher wird in Tabelle 8 von 10% der heute anfallenden Menge ausgegangen. Annahmen: 75% OS, Gausausbeute:0.45 m³/kg OS.
- Nahrungsmittelproduktion: gleiche Annahmen wie bei den Gartenabfällen aber 70% OS
- Abwasserreinigung: Klärschlamm geht in Pflanzenbau (55%), 28% in KVA, Rest in Depo- nie (Lötscher, R. 1997).

3.4.1.2 Konversionsmöglichkeiten

Zu Strom

Die Konversion zu Strom erfolgt via Biogas.

Der Umrechnung liegen folgende Faktoren zu Grunde:

$\eta_{el}=0.1$, wenn man davon ausgeht, dass nur 10 % der Bruttogasproduktion bei Biogasanlagen in der Landwirtschaft in Strom umgewandelt wird und 30% als genutzte Wärme zur Verfügung stehen [Egger, K., 1997].

- 1 ha Grünland = 5 t TS Ertrag; als Grassilage mit 38 % TS und 92 % OS; durchschnittliche Gasausbeute von 365 l Gas/kg OS [Baserga, U., 1998]
≅ 1700 m³ Gas/ha Grünland ≅ 36500 MJ Bruttogasproduktion
≅ 950 kWh el und
≅ 3000 kWh th Nutzwärme .
- 1 t Grünabfälle (FS) mit 40% TS und 90% OS [Faaij , A., 1997]
≅ Gasausbeute 450l/ kg OS, 162 m³ Gas ≅ 3483 MJ Bruttogasproduktion,
≅ 90 kWh el und
≅ 290 kWh th als Nutzwärme

Zu Wärme

Die Umwandlung erfolgt durch Verbrennen.

Folgende Flächenerträge, Massen, Heizwerte und Umrechnungsfaktoren wurden angenommen:

- Umrechnungsfaktor bzw. Wirkungsgrad: $\eta_{th}= 0.9$
- 1 ha Schilf, Naturschutzflächen (Moore, Uferböschungen), Grünland (extensiv genutzt), ökologische Ausgleichsflächen ≅ 3 t TS /ha ≅ 10000 kWh
angenommener Heizwert (Hu) ≅ 16.5 MJ/kg TS bzw. 4.6 kWh/kg TS
- 1 ha Chinaschilf ≅ 18 t TS/ha Jahr ≅ 60000 kWh
angenommener Heizwert (Hu) ≅ 16.5 MJ/kg TS bzw. 4.6 kWh/kg TS
- 1 ha Wald ≅ 2-3 t TS ≅ 3-5 m³ Zuwachs/Jahr ≅ 10000 kWh
angenommener Heizwert (Hu) ≅ 20 MJ/kg TS bzw. 5.5 kWh/kg
- 1 Pferd ≅ 3.3 t TS Mist ≅ mit einem Heizwert (Hu) ≅ 16.5 MJ/kg TS ≅ 1500 kWh Bruttoenergie ≅ 1350 kWh th
- 1 DGVE ≅ 1.8 t TS brennbare Gülle-/Mistbestandteile
angenommener Heizwert (Hu) ≅ 16.0 MJ/kg TS
≅ 8000 kWh th
(1 DGVE = 1 Kuh, 18 Mastschweine, 250 Mastpoulet , 100 Legehennenplätze oder 1,4 Pferde).

3.4.2 Mittelfristige Perspektive

Tabelle 8: Zukünftig, energetisch nutzbares Biomassepotential in der Schweiz

Energieträger	Annahmen	mittelfristig nutzbare Masse in 1000 t/TS	Primär- energie		Strom GWh	Wärme kt EA	Quelle
			kt EA	PJ			
Holz							
Waldholz	2300000 m3	1'075	512	21			1/2/2/./.
Restholz inkl. Flurholz	1400000 m3	655	312	13			1/2/2/./.
Altholz	700000 m3	327	156	7			1/2/2/./.
Rinden	alle Rinde	167	64	3			3/2/2/./.
Total Holz	siehe 4.)	2'224	1'044	44	34	778	././4,2/4,2/4,2
NWR aus Landwirtschaft							
Raps als RME	5000 ha	15	5	0.2			2/2/2/./.
Halmgutartige (Chinaschilf, Hanf etc.)	5000 ha	90	35	1.5		30	2/2/2/./.
Ausgleichsflächen (Gras, Hecken)	50000 ha	200	69	2.9		58	5,2/2/2/./.
Total NWR aus Landwirtschaft		305	109	4.6	0	88	
Landschaftspflegematerial							
Naturschutzflächen	10% des aktuellen	12	5	0.2		4	2,6,7/2/2/./.
Mähgut	10% des aktuellen	13	5	0.2	1	3	2/8,2/2,9/10,2/10,2
Total Landschaftspflegematerial		25	10	0.4	1	8	
Ernterückstände (landw. Reststoffe)							
Hofdünger	Verdoppelung Biogas	16	6	0.2	3	7	2/2/2/2/2
Feststoffe aus Hofdüngeraufbereitung	von 25000 DGVE	15	6	0.2		5	11,2/2/2
Ernterückstände (ohne Stroh)	1% des Anfalls	6	2	0.1		2	2,12/2/2/./2
Stroh	1% des Anfalls	2	1	0.0		0	2,12/2/2/./2
Total Ernterückstände		38	14	0.6	3	14	
Abfälle							
Küchenabfälle	30% des Potentials via Biogas	7.50	2	0.1	3	1	2/2/2/2/2
Gartenabfälle	plus 10% via Biogas	199	47	2	56	26	2/2/2/2/2
Abfälle aus Nahrungsmittelproduktion	+10% des Potentials via Biogas	101	24	1	40	11	2/2/2/2/2
Abfälle aus Industrie und Gewerbe	+10% des Potentials via Biogas	61	15	1	0	4	2/2/2/2/2
Abwasserreinigung	keine Steigerung	111	45	2	77	21	Tabelle heut. Stand
Pferdemist	10% vom Pferdemist	14	5	0.2		5	2/2/2/./2
Abfälle in KVA's	plus 600 kt FS (Deponieaufhebung)	897	470	22.7	464	96	
Abfälle in Deponien	Gasertrag 50%, sinkend auf 0	53	19	0.8	25	1	
Total Abfälle		1'443	627	29.31	665	165	
Total		4'036	1'805	78.6	704	1'054	

- 1.) VHe, persönliche Mitteilung, basierend auf kantonale Konzepte Minimum
- 2.) eigene Berechnungen
- 3.) eigene Berechnungen basierend auf aktuellem Anfall nach Lötscher, R., Hungerbühler, N., 1997
- 4.) basierend auf Holzenergiestatistik, eigene Berechnungen; sofort nutzbares Potential 1'812'800 fm/a , langfristiges Potential 2'126'100 m3/a, nach: VHe, Erarbeitung einer Schweizerischen Holzenergiestatistik, Teil Brennstofforientierte Erhebungen
- 5.) Masterplan des Bundesamtes für Landwirtschaft
- 6.) BUWAL, persönliche Mitteilung, R. Waldis, 1998
- 7.) Berchtold, pro natura, persönliche Mitteilung, 1998
- 8.) arbi-probag Studie, Annahme: 10% der Flächen, Erträge: Naturschutzflächen: 3t TS/ha a, thermisch genutzt; Mähgut/Bahnböschungen: 2 t TS/ha a Nutzung Mähgut via Biogas, Bahnböschungen thermisch
- 9.) Wellinger, A.: Biogas Handbuch
- 10.) Egger, K.: Schweizerische Statistik erneuerbarer Energieträger, Teilstatistik Biogas, 1996
- 11.) Koller, P.: persönliche Mitteilung, überschüssige Anzahl DGVE im Kanton Luzern
- 12.) Müller, D. et al.: Regionale Bewirtschaftung von Biomasse (1995)

4 Energetische Nutzung der Biomasse im Ausland

4.1 Aktuelle Biomassenutzung und Dateninterpretation

Die Ergebnisse der einzelnen Staaten basieren auf den Daten von EUROSTAT, Stand 1994. Diese Zahlen stellen die aktuellste und bestdetaillierte Quelle dar. Daher werden diese Zahlen immer aufgeführt und dienen als Basis für die weiteren Untersuchungen.

Zur Verifikation werden sie mit der Literatur verglichen. Neben einzelnen länderspezifischen Publikationen dienen die IEA Zahlen aus dem Jahr 1993 als Vergleich. Die unterschiedlichen Jahreszahlen lassen jedoch nur eine grobe Überprüfung der Zahlengröße zu. Dort, wo grosse Abweichungen vorhanden sind, wurden die EUROSTAT Daten von 1993 zugezogen. Zur Verdeutlichung, welche Daten von EUROSTAT erfasst werden, ist untenstehend eine Zusammenfassung der Methodik dargestellt:

EUROSTAT

Die Datensammlung basiert auf einer einheitlichen Methodik. Sie geht von drei grundsätzlichen Konversionsarten aus:

1.) Direkte Verbrennung

- Kehricht (feste Haushaltsabfälle) zur Wärme- und/oder Stromerzeugung mit Einspeisung in Strom- und /oder Wärmenetz.
- Holz, Holzabfälle und andere feste, brennbare Abfälle:
Wärmeproduktion in Haushalten, in Heizzentralen (Wärmeverbund), zur Verwendung als Prozesswärme in der Industrie.
Stromproduktion für Eigenbedarf und zur Netzeinspeisung.

2.) Vergärung zu Biogas

- Abfälle aus Deponien
 - Klärschlamm
 - Gülle
 - Nahrungs- und Futtermittelindustrie
- Nutzung des Biogases sowohl als Wärme wie auch als Strom.

3.) Biomasse als Brenn- und Treibstoffe

- Zucker- und stärkehaltige Pflanzen
Ethanol zur Verwendung als Treibstoffadditiv bzw. -substitut
- Ölpflanzen
Verwendung als Dieselölersatz

4.1.1 Dänemark

Tabelle 9 zeigt einen Überblick zur energetischen Nutzung der Biomasse in Dänemark. Die EUROSTAT Daten werden durch die IEA Daten für Primärenergie und Strom weitgehend bestätigt (Primärenergie aus Biomasse 52,9 PJ, Strom aus Biomasse 567 GWh). Die Daten für Wärme werden bei der IEA hingegen mit umgerechnet 542 kt EA angegeben. Es fehlen bei der IEA jedoch die Angaben zu industriellen Abfällen, so dass die Werte der EUROSTAT angenommen werden.

Tabelle 9: Biomasseenergie in Dänemark (1994)

Energieträger	Primärenergie kt EA	PJ	Strom GWh	Wärme kt EA
Holz, feste Biomasse				
Haushalt	368	15.42		331
Wärmeverbund	222	9.30		174
Industrie	142	5.95		142
WKK	52	2.18	189	27
Total Holz, feste Biomasse	784	32.85	189	674
Bio-Treib- bzw. Brennstoffe		0.00		
Total Bio-Treib- und Brennstoffe	0	0.00	0	0
Deponiegas	7	0.29	24	2
Total Deponiegas	7	0.29	24	2
Klärschlamm	22	0.92	38	14
Total Klärschlamm	22	0.92	38	14
Gülle	16	0.67	27	10
Total Gülle	16	0.67	27	10
Abfälle aus Nahrungsmittelproduktion	2	0.08	0	2
Total Abfälle aus Nahrungsmittelproduktion	2	0.08	0	2
Haushalts- und Industrieabfälle (fest)	477	19.99	525	343
Total Haushalts- und Industrieabfälle (fest)	477	19.99	525	343
Total Biomasse	1308	54.81	803	1045
Primärenergieerzeugung	14900	624.3		
Primärenergieerzeugung aus REN	1413	59.2		
Brutto-Inlandverbrauch	20003	838.1		
Energie-Endverbrauch	14800	620.1		
Anteil REN an der Primärenergieproduktion	9.5%			
Anteil REN am Inlandenergieverbrauch	7.0%			
Anteil REN an Stromproduktion	4.9%			
Biomasseanteil an Primärenergieerzeugung	8.78%			
Biomasseanteil am Brutto-Inlandverbrauch	6.54%			
Biomasseanteil an Stromproduktion	2.00%			
Biomasseanteil am Energie-Endverbrauch	8.84%			

Quelle: EUROSTAT, 1996: Renewable energy sources statistics, 1989-1994, Stand 1994

4.1.2 Deutschland

Die Daten von EUROSTAT (siehe Tabelle 10) werden von der IEA 1993 nicht bestätigt. Primärenergie aus Biomasse (103.7 PJ), Elektrizität (5837 GWh) und Wärme umgerechnet (820 kt EA) weichen stark von den unten angegebenen Daten ab. Tabelle 11 zeigt, dass ohne Berücksichtigung der Abfälle bzw. des Klärschlammes bereits über 100 PJ Primärenergie berechnet wurden. Tabelle 12 deutet auf eine geringere Stromproduktion als bei EUROSTAT hin. Es fehlen in dieser Tabelle jedoch die Anteile fester Biomasse, welche in etwa die Differenz ausmachen können. Aufgrund der Kontinuität der EUROSTAT Daten von 1989 bis 1994, sowie der Literaturangaben von Magerl bzw. Hartmann bzw. (siehe Tabelle 12 und Tabelle 11), wird im folgenden auf der Basis von EUROSTAT 1994 weiter gerechnet.

Tabelle 10: Biomasseenergie in Deutschland nach EUROSTAT(1994)

Energieträger	Primärenergie		Strom GWh	Wärme kt EA
	kt EA	PJ		
Holz, feste Biomasse				
Haushalt	2188	91.68		2188
Wärmeverbund	0	0.00		0
Industrie	255	10.68		255
WKK	533	22.33	415	144
Total Holz, feste Biomasse	2976	124.69	415	2587
Bio-Treib- bzw. Brennstoffe	27	1.13		
Total Bio-Treib- und Brennstoffe	27	1.13	0	0
Deponiegas	0	0.00	524	1
Total Deponiegas	0	0.00	524	1
Klärschlamm	326	13.66	45	75
Total Klärschlamm	326	13.66	45	75
Gülle	2	0.08	6	0
Total Gülle	2	0.08	6	0
Abfälle aus Nahrungsmittelproduktion	4	0.17	13	1
Total Abfälle aus Nahrungsmittelproduktion	4	0.17	13	1
Haushalts- und Industrieabfälle (fest)	1066	44.67	2612	407
Total Haushalts- und Industrieabfälle (fest)	1066	44.67	2612	407
Total Biomasse	4401	184.40	3615	3071
Primärenergieerzeugung	141100	5912.1		
Primärenergieerzeugung aus REN	6133	257.0		
Brutto-Inlandverbrauch	333900	13990.4		
Energie-Endverbrauch	217000	9092.3		
Anteil REN an der Primärenergieproduktion	4.4%			
Anteil REN am Inlandenergieverbrauch	1.9%			
Anteil REN an Stromproduktion	4.7%			
Biomasseanteil an Primärenergieerzeugung	3.12%			
Biomasseanteil am Brutto-Inlandverbrauch	1.32%			
Biomasseanteil an Stromproduktion	0.69%			
Biomasseanteil am Energie-Endverbrauch	2.03%			

Quelle: EUROSTAT, 1996: Renewable energy sources statistics, 1989-1994, Stand 1994

Tabelle 11: Energetische Nutzung von Biomasse in Deutschland (Stand 1994)

Energieträger	Nutzung in PJ/a
Stroh	0.48
Wald-Restholz inkl. Landschaftspflege	96.5
Tierische Abfälle (Biogas)	0.1
Energiepflanzen	3.6
Total	100.7

Quelle: Hartmann, H., 1996: Bereitstellung von Biomasse in: von Ohheimb, R., Energieversorgung und Landwirtschaft, Zusammenstellung der KTBL, Darmstadt

Tabelle 12: Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien und Abfällen

Energieträger	Einspeisung [GWh]
Müll (EVU und kommunale Anlagen)	2100
Biomasse	
Biogas	242.1
feste Brennstoffe	0
flüssige Brennstoffe	0.2
nicht EVU-Anlagen (netzgekoppelt)	
Biomasse	
Biogas	275.9
feste Brennstoffe	51.2
flüssige Brennstoffe	0.5
Total Einspeisung Biomassestrom ins gesamte Netz	2669.9

Quelle: Magerl, H.:Stand der Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland in: Energie-Dialog 4/1995

4.1.3 Frankreich

Die IEA Vergleichsdaten weisen nur feste Biomasse zur energetischen Nutzung aus. Diese Rubrik wird mit 175,6 PJ angegeben und liegt bei rund der Hälfte der EUROSTAT Daten (1994) für Holz. Auch mit den EUROSTAT Daten 1993, welche 438.2 PJ aufweisen, findet sich keine Übereinstimmung. Aufgrund des besseren Detaillierungsgrades und der konstanten Datenentwicklung seit 1989, wird im Folgenden mit den Daten von EUROSTAT (1994) gerechnet.

Tabelle 13: Biomasseenergie in Frankreich (1994)

Energieträger	Primärenergie kt EA	PJ	Strom GWh	Wärme kt EA
Holz, feste Biomasse				
Haushalt	7151	299.63		7151
Wärmeverbund	9	0.38		8
Industrie	1421	59.54		1421
WKK	118	4.94	692	37
Total Holz, feste Biomasse	8699	364.49	692	8617
Bio-Treib- bzw. Brennstoffe	98	4.11		0
Total Bio-Treib- und Brennstoffe	98	4.11	0	0
Deponiegas	21	0.88	119	10
Total Deponiegas	21	0.88	119	10
Klärschlamm	10	0.42	22	0
Total Klärschlamm	10	0.42	22	0
Gülle	0	0.00	0	0
Total Gülle	0	0.00	0	0
Abfälle aus Nahrungsmittelproduktion	0	0.00	0	0
Total Abfälle aus Nahrungsmittelproduktion	0	0.00	0	0
Haushalts- und Industrieabfälle (fest)	804	33.69	551	467
Total Haushalts- und Industrieabfälle (fest)	804	33.69	551	467
Total Biomasse	9632	403.58	1384	9094
Primärenergieerzeugung	118000	4944.2		
Primärenergieerzeugung aus REN	16564	694.0		
Brutto-Inlandverbrauch	225800	9461.0		
Energie-Endverbrauch	137700	5769.6		
Anteil REN an der Primärenergieproduktion	13.7%			
Anteil REN am Inlandenergieverbrauch	7.2%			
Anteil REN an Stromproduktion	16.9%			
Biomasseanteil an Primärenergieerzeugung	8.16%			
Biomasseanteil am Brutto-Inlandverbrauch	4.27%			
Biomasseanteil an Stromproduktion	0.29%			
Biomasseanteil am Energie-Endverbrauch	6.99%			

Quelle: EUROSTAT, 1996: Renewable energy sources statistics, 1989-1994, Stand 1994

Die Biodieselproduktion erfuhr in Frankreich nach 1994 eine enorme Steigerung. 1997 wurden bereits 250'000 t RME hergestellt. Dies entspricht in etwa der halben EU- Produktion. Diese Daten können jedoch auf Vergleichsbasis 1994 nicht berücksichtigt werden (Staat, F. 1998).

4.1.4 Italien

Die IEA Daten (1993) liegen mit 40.2 PJ für die Primärenergie um mehr als das dreifache tiefer als EUROSTAT 1994. Ein Vergleich mit EUROSTAT 1993 zeigt keine markant geringeren Werte. Obwohl die IEA Daten detailliert in vier Kategorien aufgeschlüsselt sind, können auch einzelne Werte wie z.B. feste Abfälle nicht verglichen werden. Die IEA Werte liegen beim Beispiel feste Abfälle um Faktor 5 tiefer (1.9 PJ). Die Angaben für Elektrizität übersteigen hingegen EUROSTAT um mehr als das Doppelte (696 GWh). Die Angaben, welche nicht die Biomasse (z.B. Stromproduktion) betreffen, stimmen hingegen mit EUROSTAT überein. Aufgrund der konstanten Datenentwicklung und der Nachvollziehbarkeit wird mit den EUROSTAT Daten (1994) gerechnet.

Tabelle 14: Biomasseenergie in Italien (1994)

Energieträger	Primärenergie kt EA	PJ	Strom GWh	Wärme kt EA
Holz, feste Biomasse				
Haushalt	2252	94.36		2252
Wärmeverbund	0	0.00		0
Industrie	946	39.64		946
WKK	68	2.85	60	29
Total Holz, feste Biomasse	3266	136.85	60	3227
Bio-Treib- bzw. Brennstoffe	126	5.28		0
Total Bio-Treib- und Brennstoffe	126	5.28	0	0
Deponiegas	7	0.29	24	0
Total Deponiegas	7	0.29	24	0
Klärschlamm	1	0.04	2	0
Total Klärschlamm	1	0.04	2	0
Gülle	2	0.08	6	0
Total Gülle	2	0.08	6	0
Abfälle aus Nahrungsmittelproduktion	1	0.04	3	0
Total Abfälle aus Nahrungsmittelproduktion	1	0.04	3	0
Haushalts- und Industrieabfälle (fest)	265	11.10	189	37
Total Haushalts- und Industrieabfälle (fest)	265	11.10	189	37
Total Biomasse	3667	153.65	281	3264
Primärenergieerzeugung	31200	1307.3		
Primärenergieerzeugung aus REN	9827	411.8		
Brutto-Inlandverbrauch	154100	6456.8		
Energie-Endverbrauch	111800	4684.4		
Anteil REN an der Primärenergieproduktion	31.5%			
Anteil REN am Inlandenergieverbrauch	6.4%			
Anteil REN an Stromproduktion	20.9%			
Biomasseanteil an Primärenergieerzeugung	11.75%			
Biomasseanteil am Brutto-Inlandverbrauch	2.38%			
Biomasseanteil an Stromproduktion	0.12%			
Biomasseanteil am Energie-Endverbrauch	3.28%			

Quelle: EUROSTAT, 1996: Renewable energy sources statistics, 1989-1994, Stand 1994

4.1.5 Niederlande

Die in Tabelle 15 aufgeführten EUROSTAT Daten werden durch die Literaturangaben von Kwant untermauert (siehe Tabelle 16). Die Daten der IEA (1993) sind unvollständig, stimmen aber bei der Elektrizität mit denen von EUROSTAT weitgehend (1458 GWh) überein.

Tabelle 15: Biomasseenergie in den Niederlanden (1994)

Energieträger	Primärenergie kt EA	PJ	Strom GWh	Wärme kt EA
Holz, feste Biomasse				
Haushalt	320	13.41		320
Wärmeverbund	0	0.00		0
Industrie	33	1.38		33
WKK	0	0.00	0	0
Total Holz, feste Biomasse	353	14.79	0	353
Bio-Treib-bzw. Brennstoffe	0	0.00		0
Total Bio-Treib-und Brennstoffe	0	0.00	0	0
Deponiegas	49	2.05	120	3
Total Deponiegas	49	2.05	120	3
Klärschlamm	46	1.93	104	19
Total Klärschlamm	46	1.93	104	19
Gülle	0	0.00	0	0
Total Gülle	0	0.00	0	0
Abfälle aus Nahrungsmittelproduktion	13	0.54	2	1
Total Abfälle aus Nahrungsmittelproduktion	13	0.54	2	1
Haushalts- und Industrieabfälle (fest)	473	19.82	1208	31
Total Haushalts- und Industrieabfälle (fest)	473	19.82	1208	31
Total Biomasse	934	39.13	1434	407
Primärenergieerzeugung	66200	2773.8		
Primärenergieerzeugung aus REN	965	40.4		
Brutto-Inlandverbrauch	70700	2962.3		
Energie-Endverbrauch	45800	1919.0		
Anteil REN an der Primärenergieproduktion	1.5%			
Anteil REN am Inlandenergieverbrauch	1.4%			
Anteil REN an Stromproduktion	2.2%			
Biomasseanteil an Primärenergieerzeugung	1.41%			
Biomasseanteil am Brutto-Inlandverbrauch	1.32%			
Biomasseanteil an Stromproduktion	1.79%			
Biomasseanteil am Energie-Endverbrauch	2.04%			

Quelle: EUROSTAT, 1996: Renewable energy sources statistics, 1989-1994, Stand 1994

Tabelle 16: Energie aus Biomasse in den Niederlanden (Stand 1995)

Biomasse	Bereitstellung [PJ/a]
KVA	14.5
Holzfeuerung in Haushalten	8.0
Biomasseverbrennung in Industrie	5.0
Zufueuerung in Kohlekraftfeuerungen	0.1
Wärmeverbund	0
Biogas inkl. Deponien	5.0
Total Biomasse-Energie (ohne KVA)	18.1
Total Biomasse-Energie (inkl. KVA)	32.6

Quelle: Kwant, K.W. et al., 1998

4.1.6 Österreich

Die in Tabelle 17 aufgeführten Biomassedaten wurden direkt von ÖSTAT mitgeteilt. Die EUROSTAT (1994) Daten sind aufgrund der Neuaufnahme Österreichs zur EU noch nicht detailliert vorhanden. Das Total der Primärenergie wird hingegen von EUROSTAT (94) bereits ausgewiesen (130,2 PJ) und stimmt mit den ÖSTAT Daten überein. Gemäss Aussage von ÖSTAT stimmt jedoch das EUROSTAT-Total für Strom mit 2871GWh nicht. Die korrekte Zahl wird unten aufgeführt. Die Aufschlüsselung erfolgt nicht gleich wie EUROSTAT, daher fehlen die ausführlichen Holzangaben.

Weitere ergänzende Angaben aus der Literatur finden sich im Anhang 9.2.7

Tabelle 17: Biomassenergie in Österreich (1994)

Energieträger	Primärenergie kt EA	PJ	Strom GWh	Wärme kt EA
Holz				
Haushalt	0	0		0
Wärmeverbund	0	0		0
Industrie	0	0		0
WKK	0	0	0	0
Total Holz	2853.73	119.9	990	392.93
Bio-Treib- bzw. Brennstoffe	0	0	0	0
Total Bio-Treib- und Brennstoffe	5.89	0.2	0	0
Deponiegas	2.10	0.1	4.81	0.62
Total Deponiegas	2.10	0.1	4.81	0.62
Klärschlamm	24.43510776	1.0	25.009	4.2273
Total Klärschlamm	24.43510776	1.0	25.009	4.2273
Gülle	0.228949931	0	0.2888	0.0778
Total Gülle	0.228949931	0	0.2888	0.0778
Abfälle aus Nahrungsmittelproduktion	0.82589332	0	4.0228	0.157
Total Abfälle aus Nahrungsmittelproduktion	0.82589332	0	4.0228	0.157
Haushalts- und Industrieabfälle (fest)	170.9452688	7.2	73	83.665
Total Haushalts- und Industrieabfälle (fest)	170.470041	7.2	73.278	83.665
Total Biomasse	3058.16	128.1	1096.9	481.68
Primärenergieerzeugung	8700	364.5		
Primärenergieerzeugung aus REN	6280	263.1		
Brutto-Inlandverbrauch	26000	1089.4		
Energie-Endverbrauch	20600	863.1		
Anteil REN an der Primärenergieproduktion	71.3%			
Anteil REN am Inlandenergieverbrauch	24.1%			
Anteil REN an Stromproduktion	72.8%			
Biomasseanteil an Primärenergieerzeugung	35.2%			
Biomasseanteil am Brutto-Inlandverbrauch	11.8%			
Biomasseanteil an Stromproduktion	2.0%			
Biomasseanteil am Energie-Endverbrauch	14.8%			

Quelle der Biomasseangaben: ÖSTAT, Stand 1994, pers. Auskunft 1998

Quelle der allgemeinen Energiekennzahlen: EUROSTAT 1994

4.1.7 Europäische Gemeinschaft

Die detaillierte Zusammenstellung der EU Zahlen findet sich mit Stand 1994 nur für 12 Länder der EU. Ein weniger detaillierter Zusammenzug, ist bereits für die 15 Mitgliedstaaten verfügbar (siehe Tabelle 19: Biomasse in Europa (EU15). Die IEA Daten von 1993 stimmen mit 1106 PJ Primärenergie überein. Die Werte für Elektrizität aus Biomasse liegen mit 21806 GWh ebenso wie die Werte für Wärme (48790 kt EA) rund doppelt so hoch.

Aufgrund der Abweichungen und Erklärungen bei den einzelnen betrachteten Ländern wird mit den Werten von EUROSTAT weitergerechnet. Korrigiert werden müsste jedoch die Rubrik Strom aus Biomasse, da die Werte von Österreich um rund 1774 GWh zu hoch liegen (ÖSTAT) und somit der korrekte Wert nicht bei 11352 GWh sondern bei 9578 GWh liegt.

Tabelle 18: Biomassenergie in Europa (EU12, Stand 1994)

Energieträger	Primärenergie		Strom GWh	Wärme kt EA
	kt EA	PJ		
Holz, feste Biomasse				
Haushalt	17532	735		17495
Wärmeverbund	231	10		182
Industrie	4856	203		4856
WKK	1601	67	2839	290
Total Holz, feste Biomasse	24220	1015	2839	22823
Bio-Treib- bzw. Brennstoffe	258	11		
Total Bio-Treib- und Brennstoffe	258	11	0	0
Deponiegas	282	12	1365	36
Total Deponiegas	282	12	1365	36
Klärschlamm	578	24	574	163
Total Klärschlamm	578	24	574	163
Gülle	21	1	40	11
Total Gülle	21	1	40	11
Abfälle aus Nahrungsmittelproduktion	45	2	19	27
Total Abfälle aus Nahrungsmittelproduktion	45	2	19	27
Haushalts- und Industrieabfälle (fest)	3696	155	6515	1339
Total Haushalts- und Industrieabfälle (fest)	3696	155	6515	1339
Total Biomasse	29100	1219	11352	24399
Primärenergieerzeugung	672967	28197.3		
Primärenergieerzeugung aus REN	48203	2019.7		
Brutto-Inlandverbrauch	1232715	51650.8		
Energie-Endverbrauch	890000	37291.0	approx.	
Anteil REN an der Primärenergieproduktion	7.2%			
Anteil REN am Inlandenergieverbrauch	3.9%			
Anteil REN an Stromproduktion	10.3%			
Biomasseanteil an Primärenergieerzeugung	4.3%			
Biomasseanteil am Brutto-Inlandverbrauch	2.4%			
Biomasseanteil an Stromproduktion	0.6%			
Biomasseanteil am Energie-Endverbrauch	3.3%			

Quelle: EUROSTAT, 1996: Renewable energy sources statistics, 1989-1994, Stand 1994

Tabelle 19: Biomasse in Europa (EU15)

Energieträger	Primärenergie		Strom GWh	Wärme kt EA
	kt EA	PJ		
Holz, feste Biomasse				
Haushalt	0.00	0.00		0
Wärmeverbund	0.00	0.00		0
Industrie	0.00	0.00		0
WKK	0.00	0.00	0	0
Total Holz, feste Biomasse	39281	1646	3525	21377
Bio-Treib- bzw. Brennstoffe		0		168
Total Bio-Treib- und Brennstoffe	0	0	0	168
Deponiegas	1139	48	1351	85
Total Deponiegas	1139	48	1351	85
Klärschlamm	0	0	0	0
Total Klärschlamm	0	0	0	0
Gülle	0	0	133	245
Total Gülle	0	0	133	245
Abfälle aus Nahrungsmittelproduktion	0	0	0	0
Total Abfälle aus Nahrungsmittelproduktion	0	0	0	0
Haushalts- und Industrieabfälle (fest)	4275	179	20149	10272
Total Haushalts- und Industrieabfälle (fest)	4275	179	20149	10272
Total Biomasse	44695	1873	25158	32147
Primärenergieerzeugung	739500	30985		
Primärenergieerzeugung aus REN	73294	3071		
Brutto-Inlandverbrauch	1366800	57269		
Energie-Endverbrauch	898800	37660		
Anteil REN an der Primärenergieproduktion	9.9%			
Anteil REN am Inlandenergieverbrauch	5.4%			
Anteil REN an Stromproduktion	14.3%			
Biomasseanteil an Primärenergieerzeugung	6.0%			
Biomasseanteil am Brutto-Inlandverbrauch	3.3%			
Biomasseanteil an Stromproduktion	1.1%			
Biomasseanteil am Energie-Endverbrauch	5.0%			

Quelle: EUROSTAT, Stand 1995

4.1.8 U.S.A.

Die Daten für die USA stammen aus den IEA (1993) Statistiken für OECD Länder. Die Werte wurden anhand der 'Statistical Abstracts of the US, 1997, mittels Überprüfen einzelner Kennzahlen verifiziert. Die hier angegebenen Werte für die gesamte Primärenergieproduktion (1714940 kt EA) wie auch die gesamte Primärenergieerzeugung aus erneuerbaren Energien stimmt überein. Der Wert für Biomasse-Primärenergieerzeugung stimmt dagegen nicht mit den Statistical Abstracts (3060 PJ) überein. Der ebenfalls dort angegebene geschätzte Biomassenergieverbrauch liegt bei 3165 PJ (1994) bzw. 2954 PJ (1993). Hall et al., 1994, hingegen weisen 3482 PJ aus. Diese Werte liegen somit rund 10% bis 20% unter den IEA Daten. Die Abschätzung der Daten für die USA ist daher schwierig. Die Stromeinspeisung aus Biomasse, Wind und Photovoltaik wird vom Department of Energy mit 6136 GWh angegeben. Die unten aufgeführten IEA Zahlen sind um Faktor 10 höher. An anderer Stelle wird vom gleichen Departement die Netzeinspeisung aus den Energieträgern Holz und Müll mit 20 Mia. kWh angegeben. Dies entspricht 20'000 GWh. Faaij, 1997 geht von rund 7000 MWh el aus. Die Datenlage ist unklar.

Tabelle 20: Biomasseenergie in den USA

Energieträger	Primärenergie		Strom GWh	Wärme kt EA
	kt EA	PJ		
Holz				
Haushalt				
Wärmeverbund				
Industrie				
WKK				
Total Feste Biomasse & tierische Produkte	76041.9	3195.0	41602	660.83
		0.0		
Total Bio-Treib-und Brennstoffe	0.0	0.0		
	3201.3	134.5		
Total Gas und flüssige Biomasse	3201.3	134.5	3304	0.0714
Total Klärschlamm	0.0	0.0		
Total Gülle	0.0	0.0		
	0.0	0.0		
Total Abfälle aus Nahrungsmittelproduktion	0.0	0.0		
Haushalts- und Industrieabfälle (fest)	9852.2	414.0	23364	
Total Haushalts- und Industrieabfälle (fest)	9852.2	414.0	23364	246.64
Total Biomasse	89095	3743.5	68270	907.54
Primärenergieerzeugung	1693778	70969.3		
Primärenergieerzeugung aus REN	158086	6623.8		
Brutto-Inlandverbrauch	2228122	93358.3		
Energie-Endverbrauch	1297000	54344.3		
Anteil REN an der Primärenergieproduktion	9.3%			
Anteil REN am Inlandenergieverbrauch	7.1%			
Anteil REN an Stromproduktion	11.5%			
Biomasseanteil an Primärenergieerzeugung	5.3%			
Biomasseanteil am Brutto-Inlandverbrauch	4.0%			
Biomasseanteil an Stromproduktion	2.0%			
Biomasseanteil am Energie-Endverbrauch	6.9%			

5 Diskussion

5.1 Diskussion Schweiz

5.1.1 Aktuelle Biomassenutzung

Die Abbildung 9 zeigt, welche Biomasse zur Zeit energetisch genutzt wird. Holz und Abfälle stehen mit gesamthaft mehr als 85 % bzw. knapp 39 PJ klar im Vordergrund.

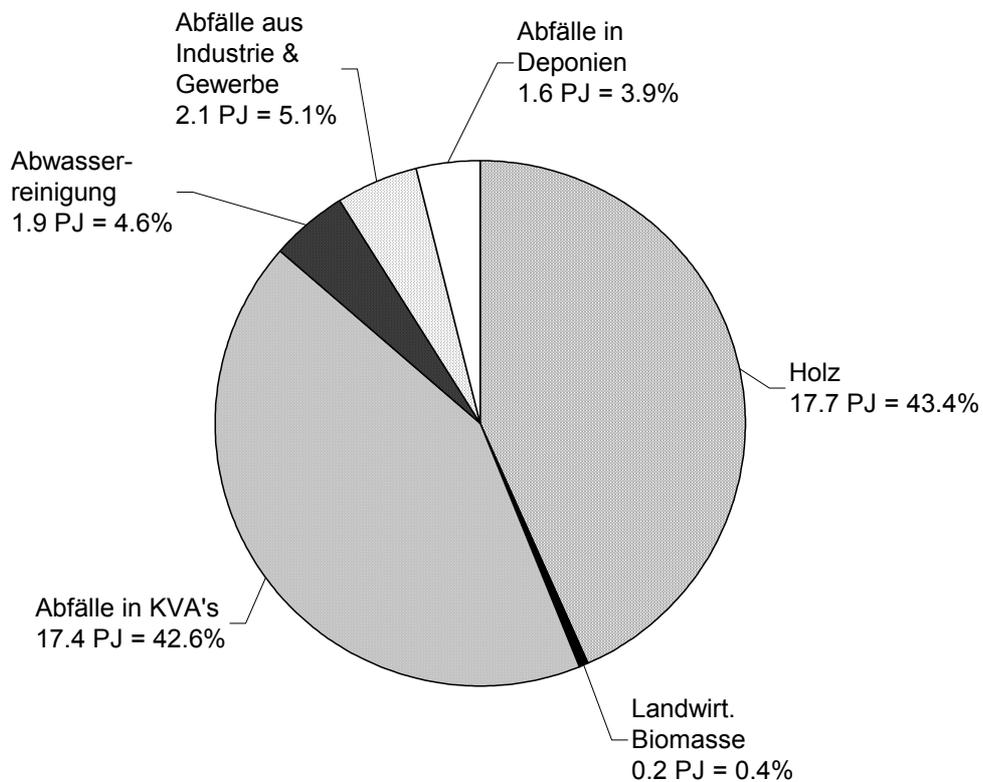


Abbildung 9: Aufteilung der Biomassesortimente nach ihrer Nutzung

Für die Stromproduktion spielen die Abfälle (Küchen-, Garten-, Nahrungsmittel- und Industrieabfälle) sowie die Abwasserreinigung mit einem Beitrag von 98 % die wichtigste Rolle (Abbildung 10). Bei den Abfällen in KVA's sind nur 50 % als Biomasseenergie angerechnet, da nur die Hälfte biogenen Ursprungs ist (Gesamtenergiestatistik, 1996).

Die Stromproduktion aus Holz sowie aus landwirtschaftlichen Stoffen ist zurzeit nicht verbreitet und liegt bei nur 2 %.

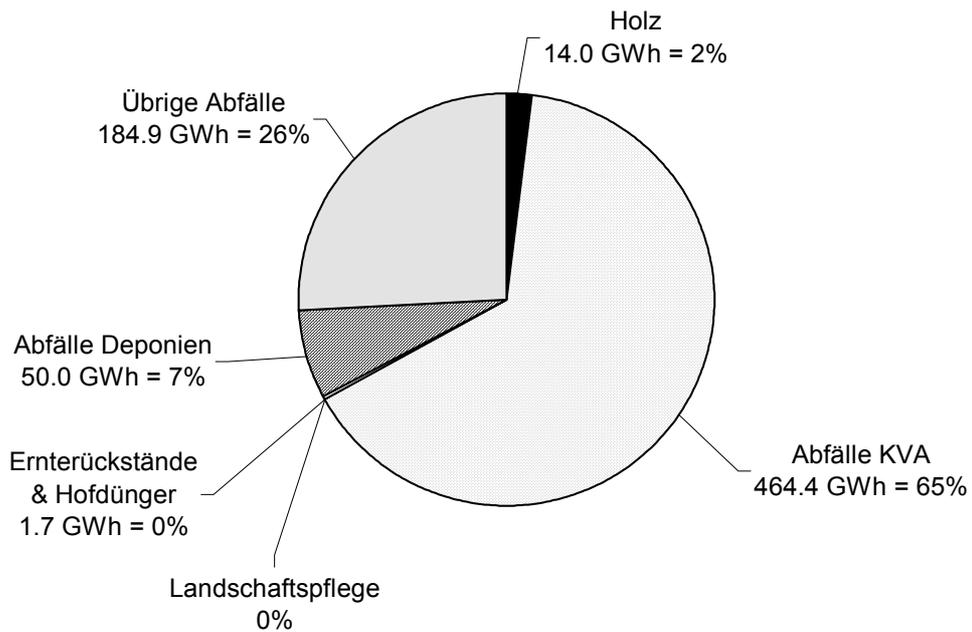


Abbildung 10: Stromproduktion aus Biomasse

Bei der Stromproduktion aus erneuerbaren Energieträgern ist die Wasserkraft am wichtigsten, gefolgt von der Biomasse, welche immerhin noch 1.2 % beiträgt. Der Anteil aus Wind und Sonnenenergie liegt im Vergleich dazu bei rund 0.01 % (Gesamtenergiestatistik, 1996).

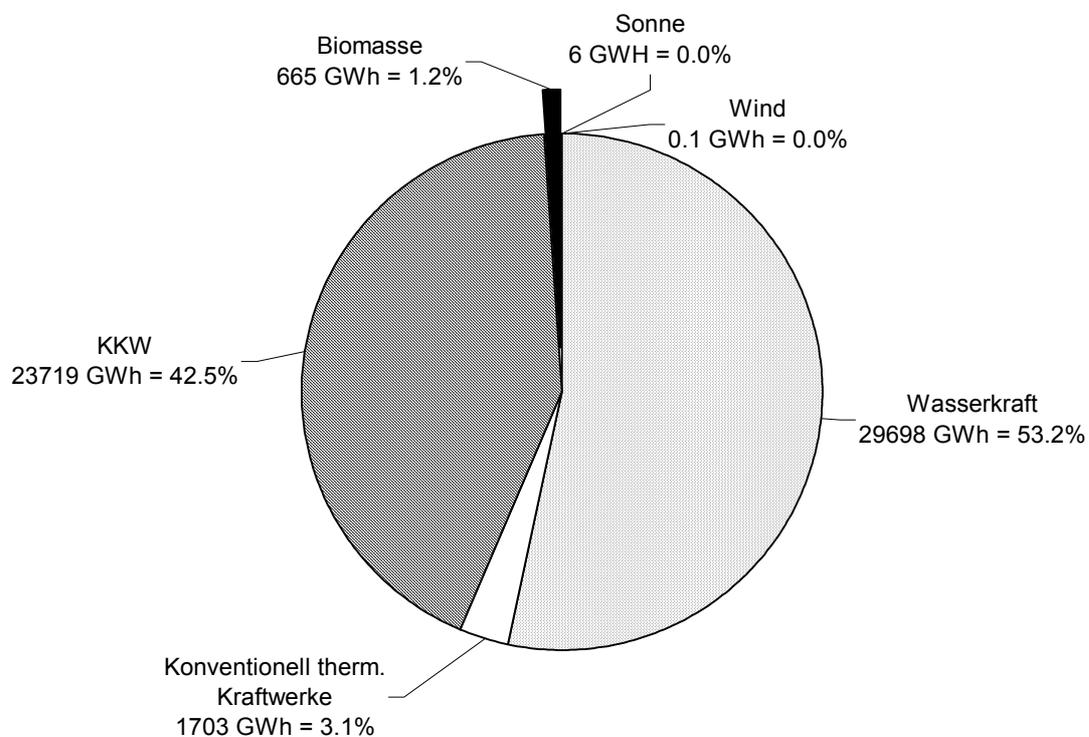


Abbildung 11: Anteil der Biomasse an der Stromproduktion

5.1.2 Aggregation der wichtigsten Daten und Perspektiven

Abbildung 12 zeigt, welchen Stand die aktuelle Biomassenutzung in der Schweiz im Verhältnis zur möglichen Nutzung bzw. zum maximalen Potential aufweist. Es wird deutlich, dass die Nutzung der Abfälle bereits weitgehend ausgeschöpft ist. Die zur Zeit noch deponierten 600 Jahrestonnen Frischsubstanz könnten in naher Zukunft noch in KVA's energetisch genutzt werden. Die gesetzlichen Rahmenbedingungen sind bereits vorhanden, sodass diese Steigerung der Biomasseenergie als sicher angenommen werden kann.

Die Waldnutzung kann noch klar gesteigert werden. Die Realisierung der Zunahme ist aufgrund der vorhandenen Technologie bereits kurzfristig machbar, bedingt aber einen Ausbau der vorhandenen Kapazitäten an Holzfeuerungsanlagen zur Wärmeproduktion.

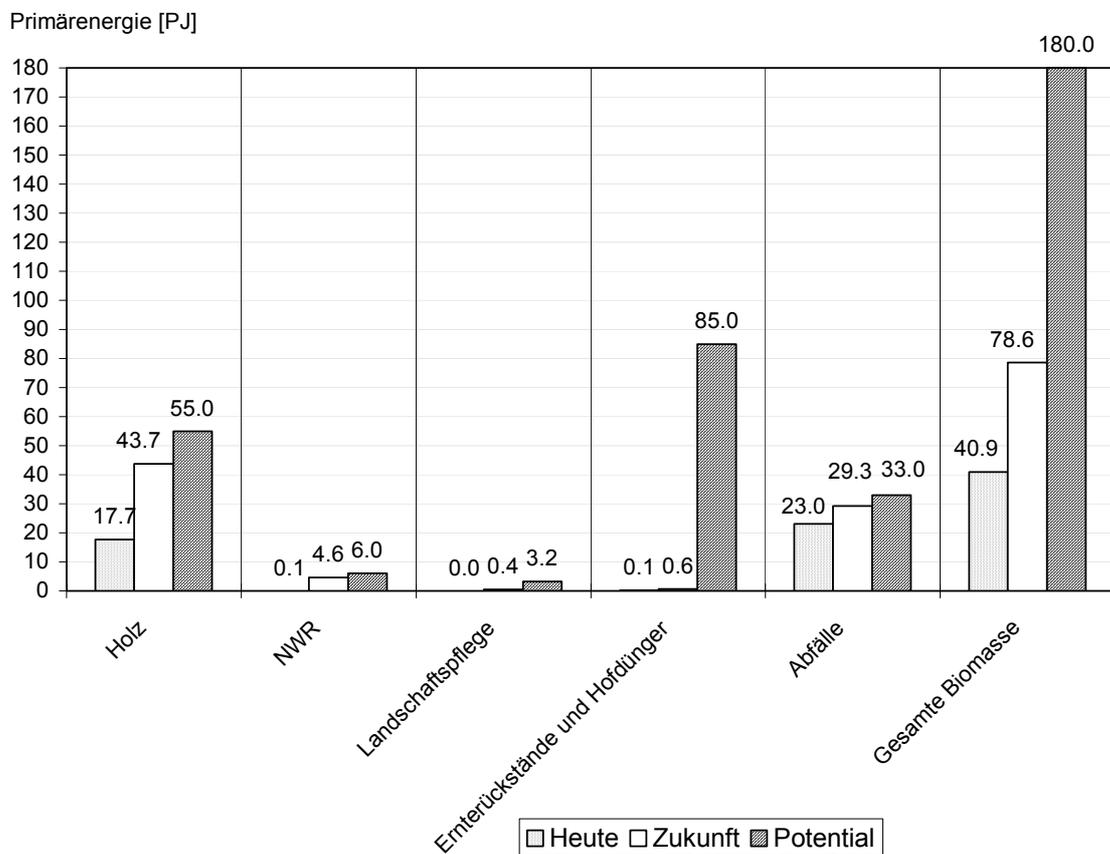


Abbildung 12: Aktuelle und zukünftige Nutzung der Biomasse im Vergleich zum Potential

Rund 80 PJ des gesamten Potentials von rund 160 bis 190 PJ stammen aus Hofdüngern, die hingegen aktuell am wenigsten genutzt werden. Entsprechende Technologien, wie die Vergärung sind vorhanden, können sich aber unter den aktuellen Rahmenbedingungen nicht auf dem Markt verbreiten. Die thermische Nutzung ist technologisch noch nicht marktreif.

Stroh als Ernterückstand wird in der Schweiz energetisch nicht genutzt, obwohl 700 000 t TS anfallen, was knapp 17 PJ entspricht (10 % vom Gesamtpotential, 40 % der heutigen Biomassenutzung). Stroh wird aber auch in Zukunft kaum energetisch genutzt, weil es in der Tierhaltung als Einstreumaterial verwendet wird. Aufgrund der zunehmenden Auflagen bezüglich artgerechter Tierhaltung ist sogar mit einer Verknappung (Import) von Stroh zu rechnen.

Unter gleichbleibenden Produktionsbedingungen in der Landwirtschaft tragen die NWR und das Landschaftspflegematerial zusammen nur etwa 5 % am Gesamtpotential bei. Eine massive Ausdehnung auf Kosten der Futter- bzw. Nahrungsmittelproduktion ist kaum wahrscheinlich. Die Nutzung der Biomasse von ökologischen Ausgleichsflächen und Landschaftspflegeflächen ist bereits heute technisch machbar, scheitert jedoch noch an den ökonomischen Rahmenbedingungen. Dieser kurzfristig verfügbare Anteil könnte mit rund 2 PJ zur Biomasseenergie beitragen (vgl. Tabelle 3).

5.2 Diskussion Ausland

5.2.1 Datenvergleich EUROSTAT mit IEA (Stand 1993)

Die verfügbaren Daten der IEA basieren auf dem Stand 1993. Der Vergleich mit EUROSTAT-Daten wurde daher ebenfalls mit Daten von 1993 vollzogen.

Da die Einteilung der Daten bei IEA anders aufgebaut ist als bei EUROSTAT, wurden die EUROSTAT-Daten dementsprechend angepasst bzw. aggregiert.

Dabei wurden folgende EUROSTAT Rubriken analog der IEA zusammengefasst:

- Die Rubrik 'feste Biomasse und tierische Abfälle' entspricht folgenden EUROSTAT Rubriken: Holz in Hausfeuerungen, Wärmeverbund, Holz aus der Industrie, Wärme-Kraft-Koppelungsanlagen, Gülle
- Die Rubrik 'Gas- und Treibstoffe' der IEA umfasst folgende EUROSTAT-Rubriken: Deponegas, Biotreibstoffe, Klärschlamm
- Die Rubrik 'Abfälle Haushalt' entspricht der EUROSTAT Rubrik 'Feste Haus- und Industrieabfälle'
- Die Rubrik 'Abfälle Industrie' entspricht der EUROSTAT-Rubrik 'Abfälle aus der Nahrungsmittelindustrie'.

Tabelle 21: Datenvergleich IEA-EUROSTAT (Stand 1993)

Land	Primärenergie Biomasse			Primärenergie aus				Total Wärme produktion [PJ]	Total Strom- produktion [GWh]
	[kt EA]	[PJ]	Mittel- wert	{1} [PJ]	{2} [PJ]	{3} [PJ]	{4} [PJ]		
DK EUROSTAT	1'246	52	53	32.1	1.1	19.0	0.1	43.8	602
DK IEA		53		32.5	1.5	19.0	n.a.	22.8	567
D EUROSTAT	4'330	181	143	123.9	14.1	43.4	0.0	127.4	3168
D IEA		104		53.7	n.a.	39.0	11.0	37.5	5837
F EUROSTAT	10'459	438	307	402.4	2.3	33.3	0.0	419.1	1305
F IEA		176		175.6	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1030
I EUROSTAT	3'431	144	92	132.6	0.2	9.0	0.7	133.8	279
I IEA		40		34.6	0.2	1.9	3.6	n.a.	696
NL EUROSTAT	904	38	27	15.0	3.6	18.7	0.6	17.3	1315
NL IEA		16		n.a.	4.2	11.9	n.a.	0.0	1458
A EURO-ÖSTAT	3'021	127	126	119.9	0.3	7.2	0.0	n.a.	n.a.
A IEA		126		20.0	n.a.	25.6	83.6	5.4	355
EU(12) EUROSTAT	29'386	1'231	887	1048.9	36.2	143.2	2.9	1'056	9991
EU(12) IEA		544		n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
EU(15) EU	43'248	1'812	1'459	0.0	0.0	0.0	0.0	n.a.	19995
EU(15) IEA		1'106		851	19	134	103	1'164	21'806
USA EUROSTAT		n.a.		n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
USA IEA		3'744	3'744	3195.0	134.5	240.7	173.3	38.1	68270
CH(eigene)		41	41	17.9	3.5	19.4	0.0	19.5	665
CH IEA		41		12.7	n.a.	19.6	9.7	9.4	419

Legende:

{1} Feste Biomasse und tierische Abfälle

{2} Gas und Treibstoffe

{3} Abfälle Haushalt

{4} Abfälle Industrie

n.a.: keine Daten verfügbar

Da weder die einzelnen Rubriken der IEA noch der EUROSTAT klar definieren, welche Biomassesortimente tatsächlich erfasst werden, bleibt der Vergleich innerhalb der Rubriken schwierig. Das Total hingegen kann verglichen werden.

Es lassen sich aufgrund der Daten jedoch keine systematischen Unterschiede z.B. bei der Datenerhebung erkennen. Einzelne Staaten (z.B. Dänemark) weisen eine hohe Übereinstimmung auf, während andere (z.B. Deutschland) starke Unterschiede erkennen lassen. Auch der Vergleich einzelner Rubriken wie feste Biomasse, flüssige und gasförmige Treib- und Brennstoffe deutet auf keine systematischen Abweichungen hin.

Für den Vergleich Schweiz-Ausland sind die Abweichungen der unterschiedlichen Datenquellen innerhalb einzelner Staaten insbesondere bei Dänemark und den Niederlanden relevant. Da die Primärenergie-Daten für die Niederlande bei der IEA mit 19PJ bei EUROSTAT jedoch mit 39 PJ angegeben werden, wurden weitere Literaturwerte hinzugezogen. Kwant, 1998 weist für die Niederlande bei der Primärenergie 35 PJ (Stand 1995) aus. Es kann daher davon ausgegangen werden, dass die IEA Angaben nicht zutreffen.

In Abbildung 13 werden die Unterschiede bezüglich ihres Gesamttotals an Primärenergie zwischen IEA und EUROSTAT grafisch dargestellt.

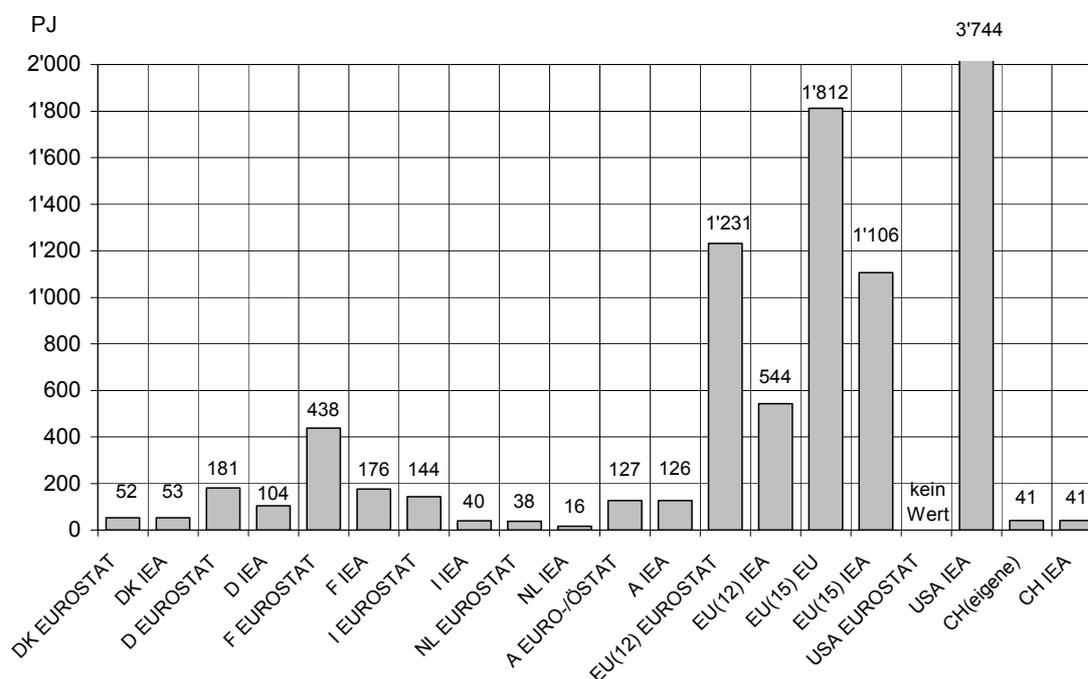


Abbildung 13: Vergleich IEA-EUROSTAT Daten (Stand 1993)

Für die USA und die Schweiz existieren keine Angaben der EUROSTAT. Daher wurden für die Schweiz die eigenen (vgl. Tabelle 6) und IEA-Daten bzw. für die USA nur die Angaben der IEA verwendet.

Die Daten Österreichs nach EUROSTAT wurden hinsichtlich des Totals durch Angaben der ÖSTAT berichtigt (EUROSTAT mit 130 PJ, ÖSTAT mit 127 PJ).

5.2.2 Datenplausibilität

Vergleicht man die Daten von EUROSTAT mit denen der IEA, sind zum Teil grosse Unterschiede ersichtlich. Es lassen sich jedoch wie oben beschrieben keine generellen Tendenzen ableiten. Anhand von verschiedenen Datenbeziehungen soll daher ihre Plausibilität überprüft werden. Die im folgenden ausgewiesenen Kennzahlen bzw. Datenrelationen lassen eventuell mögliche Fehlerquellen erkennen. Prinzipiell dürfen die Einzelwerte aus den Statistiken der EUROSTAT und IEA die Werte in Tabelle 24 nicht übertreffen.

In Tabelle 22 werden die wichtigsten Länder charakterisierenden Kennzahlen erwähnt und dienen als Basis für die weiteren Plausibilitätsuntersuchungen.

Tabelle 22: Kennzahlen der untersuchten Länder

Land	Bevölkerung in Mio Einwohner	Gesamtfläche (Stand 1990) [1000 ha]	Waldfläche (Stand 1990) [1000 ha]	LN [1000 ha]	Stilllegungs- flächen [1000ha]	DGVE in 1000 Stück
DK	5.3	4309	493	2715	252	3326
D	84.1	36695	10844	17344	1608	15228
F	58.5	54909	14688	30277	2011	15898
I	57.5	30128	6410	17994	719	8274
NL	15.7	4042	330	1981	20	6269
A	8.1	8386	3900	3449	123	2194
USA	268.0	916660	212515	426948	32000	52128
CH	7.2	3977	1130	1083	2	1410

Tabelle 23 weist die spezifischen Zahlen zum Biomasseanfall auf.

Tabelle 23: Kennzahlen zum Biomasseanfall

Land	Rohholz (Stand 1992) [1000 m ³]	Müll- aufkommen in 1000 t	Verbrennung in 1000 t	Deponie in 1000 t	Recycling in 1000 t	Hofdünger- anfall 1000 t TS
DK	2300	2377	1500	468	203	3858
D	44874	21615	6039	14219	n.a.	25696
F	44752	20500	7600	9500	740	30401
I	8393	26600	2100	22800	1700	14316
NL	1351	7602	2500	3610	578	8688
A	11492	2506	310	1700	400	3654
USA	506269	187790	32993	117028	34929	108120
CH	3994	2820	2140	650	1370	2555

Tabelle 24: Berechnete maximale Primärenergie aus Holz und Müll

Land	Rohholz- ertrag m ³ /ha	Max. nutz- bare Holz- energie (PJ)	Müll/Einw. in kg/E	Max. nutz- bare Müll- energie (PJ)	Total nutz- bare Energie PJ
DK	4.7	31	451	29	60
D	4.1	610	257	261	871
F	3.0	609	351	247	856
I	1.3	114	462	321	435
NL	4.1	18	486	92	110
A	2.9	156	311	30	187
USA	2.4	6885	701	2265	9150
CH	3.5	54	389	34	88

Tabelle 24 zeigt auf, dass DK trotz seines relativ kleinen Waldanteils an der Gesamtfläche eine intensive Waldbewirtschaftung mit hohen Flächenerträgen erzielt. Ähnliche Verhältnisse sind in NL zu verzeichnen. Die extensivste Waldbewirtschaftung weist Italien auf.

Aus dem Rohholzertrag wurde die entsprechende, maximale Primärenergie berechnet. DK weist mit 32 PJ einen höheren Primärenergiegehalt für feste Biomasse auf, als die berechneten 31 PJ in Tabelle 24 bezüglich Holzproduktion. Daraus folgt, dass DK weitere feste Bio-

masse energetisch nutzt. Dies ist mit der Nutzung von Stroh auch tatsächlich der Fall. Rund 13 PJ stammen aus der Verbrennung von Stroh, dies entspricht einem Anteil von 40% der festen Biomasse.

Bei Italien werden bei EUROSTAT 133 PJ ausgewiesen. Dies entspricht ebenfalls mehr als die maximal mögliche Primärenergie mit 114 PJ. Die IEA zeigt einen Wert von 35 PJ. Folglich müssen, wenn die EUROSTAT-Zahl zutreffen sollte, weitere feste Biomasse-Brennstoffe genutzt werden. Aus der Literatur ist kein weiterer Brennstoff ersichtlich. Trotzdem werden bei der nachfolgenden Aggregation die Daten der EUROSTAT verwendet.

Alle anderen Länder liegen im Bereich der festen Biomasse unter der maximal berechneten Primärenergie.

Alle Länder liegen bei Müll innerhalb der berechneten Maximalwerte.

Eine Datenplausibilität konnte im Bereich der Gase und Treibstoffe sowie Industrieabfälle wegen der zu wenig detaillierten Datengrundlage nicht vollzogen werden.

5.3 Aggregation

In der vorangegangenen Datenplausibilisierung wurde gezeigt, dass in den EUROSTAT-Daten im Vergleich zu den IEA-Daten teilweise grosse Unterschiede auftreten.

EUROSTAT enthält einen höheren Detaillierungsgrad und eine bessere Nachvollziehbarkeit als bei der IEA. Aus diesem Grund sind bei der Aggregation vor allem die Daten der EUROSTAT verwendet worden.

Tabelle 25 zeigt die aktuellsten, zusammengefassten Daten. Der grösste Anteil der Energie aus Biomasse wird von Holz und fester Biomasse bereitgestellt. Den zweitwichtigsten Anteil steuern Abfälle und Abwasser bei. Unbedeutend ist die heutige Nutzung der Biomasse aus der Landwirtschaft und der Landschaftspflege.

Tabelle 25: Biomasseenergie im Vergleich nach EUROSTAT und ÖSTAT (Stand 1994) bzw. IEA (Stand 1993)

Land	Primärenergie Biomasse		Anteil Energieträger			Anteil Biomasse an	
	[kt EA]	[PJ]	Holz, feste Biom. [%]	Landwirtsch. & Landschaftspf. [%]	Abfälle & Abwasser [%]	Endenergie [%]	Stromproduktion [%]
DK	1'308	55	59.9%	1.2%	38.8%	8.8%	2.0%
D	4'401	184	67.6%	0.7%	31.7%	3.1%	0.7%
F	9'632	404	90.3%	1.0%	8.7%	7.0%	0.3%
I	3'667	154	89.1%	3.5%	7.5%	3.3%	0.1%
NL	934	39	37.8%	0.0%	62.2%	2.0%	1.8%
A	3'058	128	93.3%	0.2%	3.3%	14.8%	2.0%
EU(12)	29'100	1'219	83.2%	1.0%	15.8%	3.3%	0.6%
EU(15)	44'695	1'873	87.9%	0.0%	12.1%	5.0%	1.1%
USA	89'095	3'744	85.3%	0.0%	14.7%	6.9%	2.0%
CH	977	41	43.4%	0.4%	56.2%	5.0%	1.2%

Die Biomasse-Energie spielt am Anteil der Endenergie mit 2-9% nur eine bescheidene Rolle, ausgenommen in Österreich mit knapp 15%. Der Anteil der Biomasse an der Stromproduktion beträgt maximal 2%.

Aus Abbildung 14 folgt, dass die Schweiz bezüglich Nutzung der Biomasseenergie mit der EU(15) vergleichbar ist. Österreich und Dänemark liegen mit 15 % bzw. 9 % über dem EU-Durchschnitt, die Niederlande mit 2 % liegen wesentlich darunter.

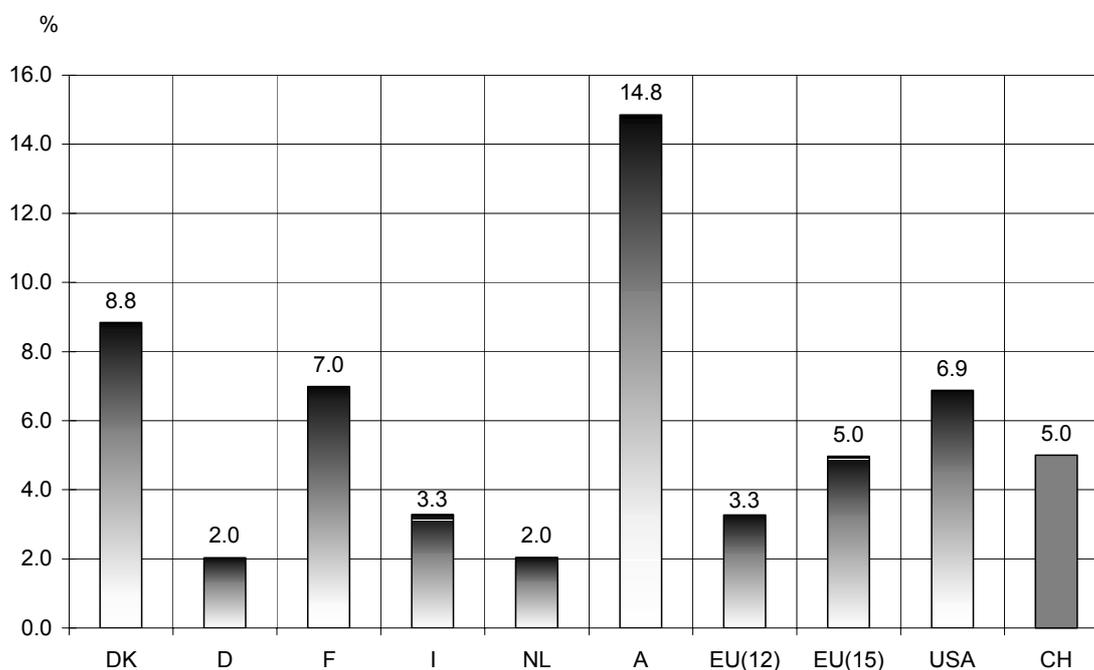


Abbildung 14: Biomasseanteil am Energie-Endverbrauch

5.4 Vergleich CH-DK-NL-A

Aufgrund ähnlicher Grösse wird die energetische Nutzung der Biomasse der Schweiz mit derjenigen von Dänemark, den Niederlanden und Österreich verglichen.

Niederlande

Die Niederlande weist rund doppelt so viele Einwohner wie die Schweiz bei praktisch gleich grosser Gesamtfläche auf. Die Hälfte dieser Fläche wird landwirtschaftlich genutzt, während in der Schweiz nur rund ein Viertel landwirtschaftlich bebaut werden. Die Waldfläche der Niederlande beträgt rund 330'000 ha, was einem Anteil von nur 8% der Gesamtfläche entspricht. Die Schweiz weist hier einen Anteil von rund 28% auf. Die Biomasseproduktion liegt mit rund 2% des Energie-Endverbrauchs tief.

Der grösste Anteil der Biomassenutzung stellt die Verfeuerung von Holz in Haushalten dar (320 kt EA Wärme) entsprechend 79% der Wärmeenergie aus Biomasse. 84% vom Biomassestrom (1200 GWh) stammt aus KVA's.

Da die Niederlande über keine Energie aus Wasserkraft verfügt, muss zur Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energieträger gemäss EU-Weissbuch vermehrt auf Biomasse und Windenergie gesetzt werden.

Dänemark

Innerhalb der erneuerbaren Energien spielen Wind und Biomasse eine zentrale Rolle. Wasserkraft ist nicht von Bedeutung. Bei der Stromproduktion stammen rund 1137 GWh aus der Windenergie, was etwa 58% des gesamten Stroms aus erneuerbaren Energien entspricht. 64% der Wärme aus Biomasse stammt aus der Verbrennung. Der Rest kommt grösstenteils aus der Müllverbrennung. Beim Strom rühren 65% aus der Müllverbrennung her. D.h. Müll spielt eine zentrale bei der Biomasseenergieversorgung. Nur 11% (rund 89 GWh) der Stromerzeugung stammen aus Biogas. Mindestens 30% der Wärmeenergie aus Biomasse stammt aus der Holz-bzw Strohverbrennung. Die Waldnutzung ist von Bedeutung, da einerseits der Nutzungsgrad mit 4.7 m³ Rohholz pro ha Wald höher liegt als z.B. in NL (4.1 m³/ha) oder CH (3.5 m³/ha), andererseits die Waldnutzung aufgrund der Topographie wesentlich einfacher ist, als in der Schweiz.

Da die Daten von EUROSTAT und der IEA Holz nicht explizit von anderer fester Biomasse unterscheiden, kann im Fall Dänemark von einem grösseren Anteil Stroh als fester Biomasseenergieträger ausgegangen werden. 1996 wurden von insgesamt 6 Mio t Stroh rund 15% für Energiezwecke genutzt. Dabei wurden 420'000 t in Hofanlagen, 290'000 t in Fernwärmanlagen, 165'000 t in Heizkraftwerken und 75'000 in Kraftwerken (Stromproduktion) verbrannt (Nikolaisen, 1998). Dies entspricht einem Primärenergieinhalt von rund 13.7 PJ. Ausgehend vom gesamten Anteil fester Biomasse mit rund 32 PJ entspricht der Strohanteil rund 40%.

Österreich

Österreich weist eine Gesamtfläche von 8.4 Mio. ha auf und ist damit rund doppelt so gross wie die Schweiz. Gleichzeitig ist die Waldfläche mit 3.5 Mio. ha um das dreieinhalbfache grösser als die schweizerische Waldfläche. Die LN ist mit 3.9 Mio. ha auch etwa 3.5 mal grösser als diejenige der Schweiz. Die Bevölkerung beträgt 8.1 Mio. Einwohner.

Schweiz

Der grösste Anteil an Biomassenergie stammt aus der Waldnutzung mit rund 18 PJ. Holz wird grösstenteils zur Wärmegewinnung eingesetzt. Zweitwichtigster Biomasseenergieträger ist Kehrriech mit rund 8 PJ. Bei der Stromproduktion sind KVA's, Kläranlagen sowie Deponien die wichtigsten Energielieferanten. 24% der Stromproduktion und 7% der Wärmeproduktion stammt aus Biogas. KVA's liefern rund 70% des Stroms und 25% der Wärme aus festen, brennbaren Haushalts- und Industrieabfällen. Das Holz trägt mit knapp 34 GWh Strom entsprechend 5% bzw. mit 327 kt EA Wärme entsprechend 68% zur Energie aus Biomasse bei.

Wie Abbildung 15 verdeutlicht, steht A mit 128 PJ Primärenergie aus Biomasse weit vor DK, CH und NL. 94 % davon stammen aus Holz und feste Brennstoffen. Bezogen auf die Primärenergie pro ha Wald erreicht A eine Energieausbeute von 77 % im Vergleich zu NL mit 74 %, DK mit 63 % und der CH mit 33 %. Dies bedeutet, dass die CH den grössten ihrer Holzproduktion für nichtenergetische Zwecke einsetzt. Betrachtet man den Rohholzertrag pro ha, so weist die CH mit 3.5 m³ eine höhere Waldnutzung als A mit 2.9 m³ auf. NL und DK hingegen erreichen Rohholzerträge von 4.1 bzw. 4.7 m³. Beide Länder sind topografisch für die Waldnutzung besser geeignet als A und CH. Ein weiterer Grund für die hohe Holznutzung von A liegt in der auch in dem grossen Anteil an Waldfläche pro Einwohner. Diese beläuft sich auf 0.48 ha für A, 0.15 ha für die CH, 0.09 ha für DK und 0.02 ha für NL.

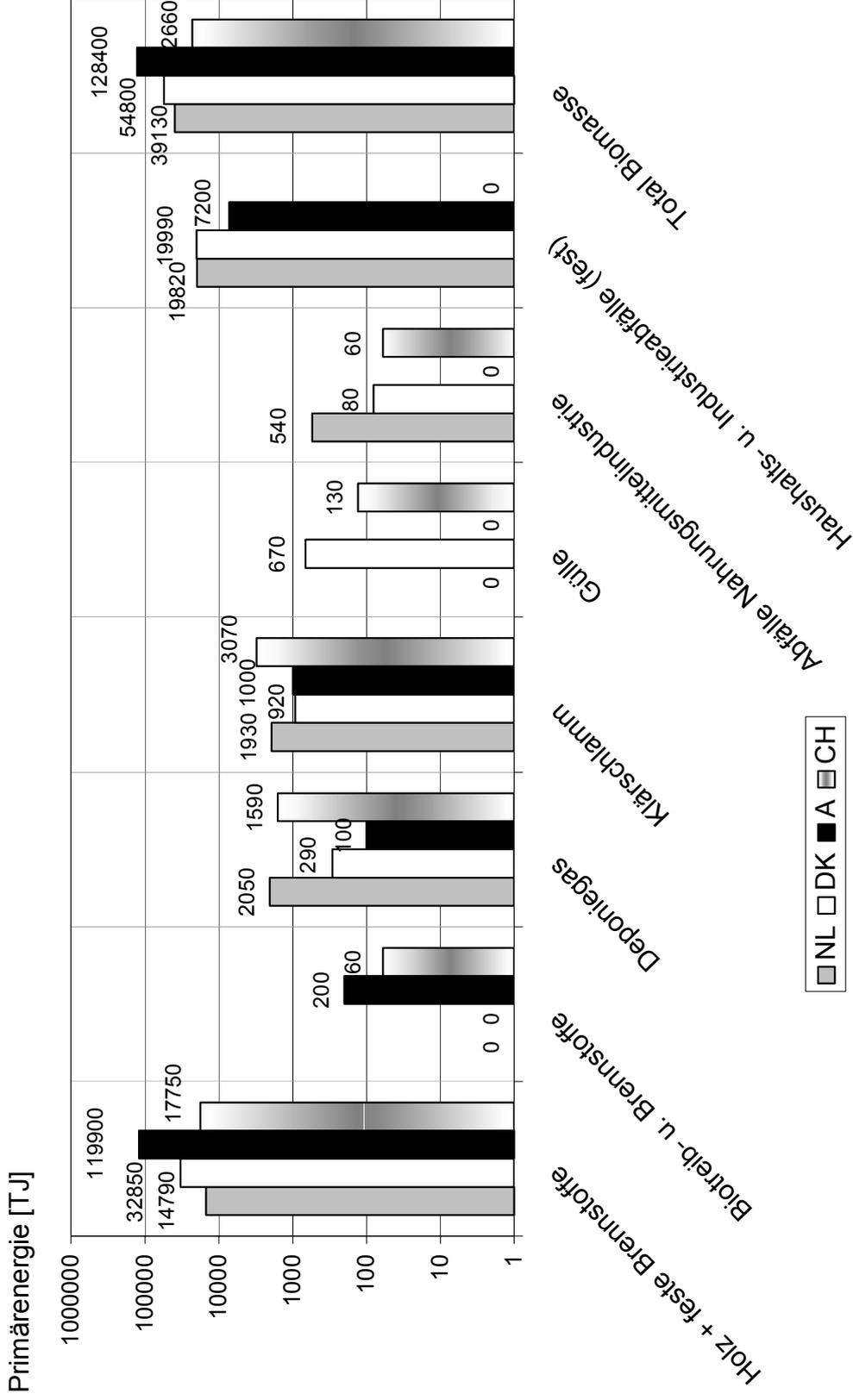


Abbildung 15: Vergleich der Primärenergie aus Biomasse NL, DK und CH

Die Darstellung der Primärenergie aus Biomasse pro Einwohner (vgl. Abbildung 16) wird deutlich, dass die CH im Vergleich zu NL, DK und A im Bereich Deponiegas, Klärschlamm und Haushalts- bzw. Industrieabfälle besser dasteht.

Im Bereich Holznutzung kann die CH trotz einer schon heutzutage besseren Nutzungsintensität selbst bei einer Verdoppelung der Nutzung nicht die Werte von A erreichen. Begrenzend wirkt sich dabei zusätzlich die Tatsache aus, dass der Waldanteil an der Gesamtfläche in der CH etwa 28 % beträgt, derjenige von A aber 47 %.

Der Biomasseanfall ist stark abhängig von der möglichen Anbaufläche. Holz, NWR sind direkte Produkte, der biogene Anteil Müll oder Exkremente sind letztendlich ebenfalls ein Produkt dieser Fläche, nachdem sie einen Vorbehandlungs- oder Verdauungsprozess durchlaufen sind.

Aus Tabelle 26 wird deutlich, dass alle Länder in etwa gleichviel Primärenergie pro ha aus Biomasse gewinnen. Dies obwohl in den einzelnen Staaten unterschiedliche topografische Verhältnisse herrschen und die Bewirtschaftung der Flächen verschiedenartig sind.

Aus dieser Perspektive weist z.B. die Schweiz einen wesentlich höheren Nutzungsgrad für Bioenergie auf, obschon der produktive Flächenanteil mit 0.3 ha pro Einwohner verhältnismässig gering ist.

Tabelle 26: Gegenüberstellung von Kenngrössen

Land		CH	A	DK	NL
Kenngrösse					
Anteil Wald an Gesamtfläche	%	28	46	11	8
Anteil LN an Gesamtfläche	%	27	41	63	50
Bevölkerung	Mio E	7.2	8.1	5.3	15.7
Wald + LN pro E	ha/E	0.3	0.9	0.6	0.1
PE aus Biomasse/ha Wald + LN	GJ/ha	18.5	17.4	17.1	16.9

Legende: PE = Primärenergie

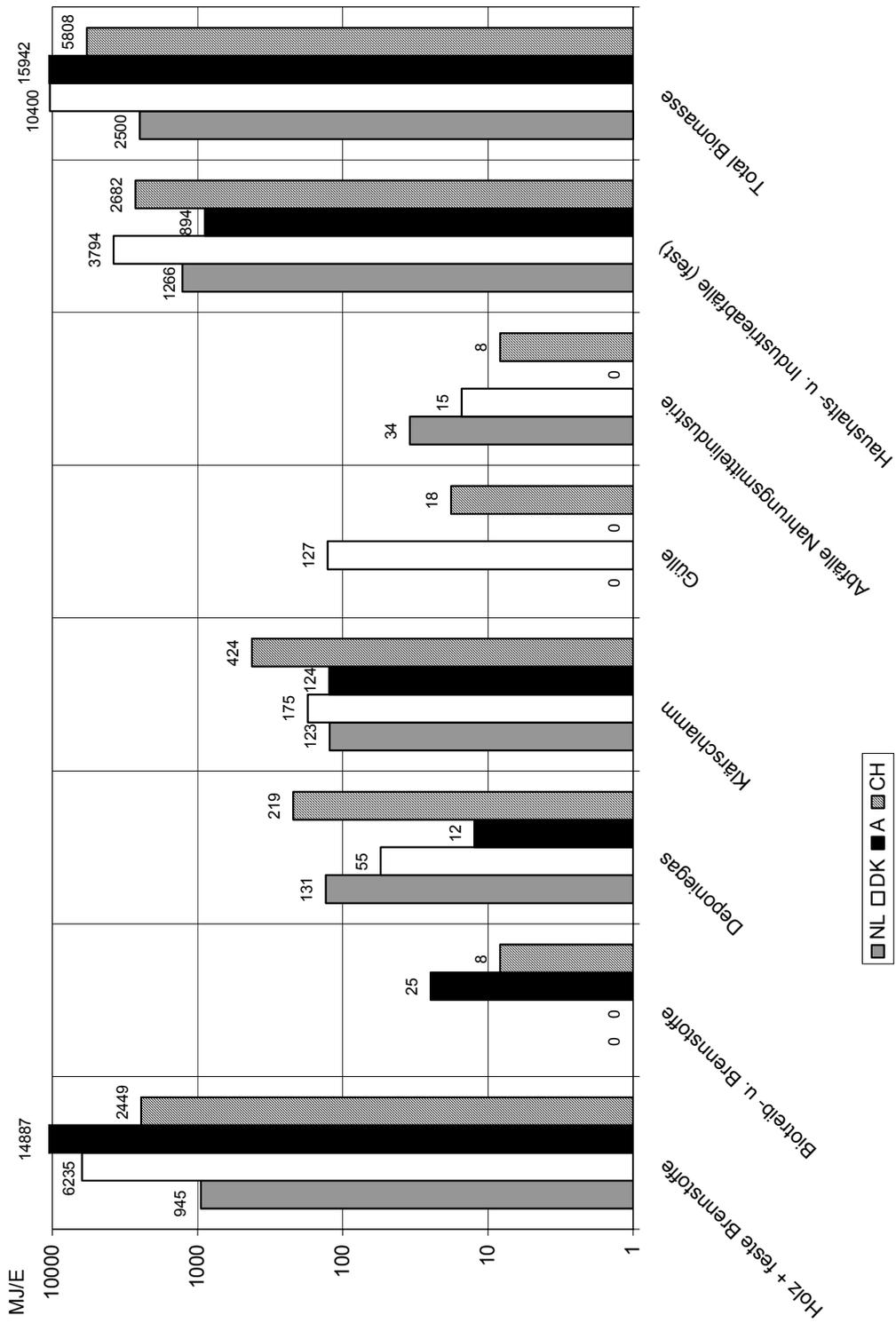


Abbildung 16: Vergleich der Primärenergie aus Biomasse pro Einwohner

6 Schlussfolgerungen

- Die aktuelle Biomassenutzung der Schweiz liegt mit 5 % am Energie-Endverbrauch im Durchschnitt der Europäischen Union.
- Die Stromproduktion aus Biomasse in der Schweiz ist mit 1.2 % höher als in der Europäischen Union mit 1.1 %.
- Die Biomassesortimente Holz und Abfall weisen insgesamt mit rund 88 % oder 37 PJ den grössten Anteil an der energetischen Nutzung auf.
- Das gesamte Potential beläuft sich auf 160 bis 195 PJ. Davon tragen die Hofdünger und Ernterückstände rund die Hälfte bei, werden aber zur Zeit praktisch nicht energetisch genutzt.
- Der Vergleich mit dem Ausland ist schwierig, weil einerseits in der Literatur unterschiedliches Datenmaterial verwendet wird, andererseits die Einteilung der Biomassesortimente nicht einheitlich definiert ist. Die Datenquellen von EUROSTAT und IEA weisen zum Teil gute Übereinstimmungen einzelner Länder auf. Bei anderen Ländern wiederum sind Unterschiede bis zu 60 % zu verzeichnen. Die Differenzen sind nicht systematisch, sodass keine Rückschlüsse auf die jeweilige Datenerhebung oder -quelle gezogen werden können.
- Der höhere Detaillierungsgrad der EUROSTAT-Daten erlaubt eine fundiertere und nachvollziehbare Beurteilung von Einzeldaten und ist darum für einen Vergleich geeigneter.
- Will die Schweiz die gleichen Ziele erreichen wie die Europäische Union, nämlich eine Steigerung der Biomasseenergie um 85 % bis zum Jahr 2010, so ist dies anhand der gezeigten Variante „zukünftig, theoretisch mögliche Nutzung“ erzielbar. Dies ist mittels folgenden Massnahmen realisierbar :
 - Ausbau der Holzenergie (zusätzlich 26 PJ oder 70% Steigerung)
 - Nutzung derjenigen festen Abfälle, die aktuell in Deponien eingelagert werden und in Zukunft in KVA's genutzt werden sollen (6 PJ oder 30%)
 - Energetische Nutzung von landwirtschaftlichen Ausgleichs-, Natur- und Landschaftspflegeflächen (plus 5 PJ)
 - Mist und Gülle als Energieträger (plus 1PJ)

Insgesamt ergibt sich daraus eine Steigerung von zur Zeit 41 PJ auf 78 PJ Primärenergie aus Biomasse.

7 Literatur

- Arbi-probag: *Vergärung biogener Abfälle aus Haushalt, Industrie und Landschaftspflege*. Schriftreihe des Bundesamtes für Energie, Studie Nr.47, 1993.
- Basler&Hofmann: *Schweizerische Holzenergiestatistik, Ersterhebung 1990 bis 1996*, BFE/ BFS/ BUWAL/ BWL, 1998.
- Berchthold, R. : Mündl. Mitteilung, 1998.
- Blumauer, E.: *European Energy Crops Overview (EECO)*, Bundesanstalt für Landtechnik (BLT), 1996.
- Bundesamt für Energiewirtschaft: *Vergärung biogener Abfälle aus Haushalt, Industrie und Landschaftspflege*, ARGE Arbi-Probag, Bern, 1993.
- Bundesamt für Energiewirtschaft: *Gesamtenergiestatistik 1997*, Bern, 1998.
- Bundesamt für Energiewirtschaft: Jahresbericht 1998. Ressort Regenerierbare Energien. Verfasser Dr. H. Eicher. 1998.
- Bundesamt für Energiewirtschaft: *Schweizerische Holzenergiestatistik 1990 - 1997*, Bern, 1998.
- Bundesamt für Konjunkturfragen: *Pacer-Kurs Projektieren automatischer Holzfeuerungen*, Bern, 1995.
- Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft: *Abfallstatistik 1996*, 1998.
- Bundesamt für Statistik: *Statistisches Jahrbuch der Schweiz*. EDMZ. 1998.
- Bundesamt für Statistik: *Umwelt in der Schweiz 1997 - Daten, Fakten, Perspektiven*. EDMZ. 1997.
- Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten: *Nachwachsende Rohstoffe, Konzept der Bundesregierung zur Förderung von Forschungs-,Entwicklungs- und Demonstrationsvorhaben 1996-2000*, Bonn, 1996, 1-47.
- Cerveny, M.: *Erneuerbare Energien: Österreich im Spitzenfeld* in: energy 1996, Die Zeitschrift der Energieverwertungsagentur 2/96.
- Egger, K.: *Schweizerische Statistik erneuerbarer Energieträger*. Teilstatistik Biogasanlagen 1996, Nova Energie GmbH, 1997.
- European Commission: EUROSTAT, Renewable Energy Sources Statistics, 1989 - 1994, Brüssel, 1996.
- European Commission: EUROSTAT, Jährliche Statistiken ENERGIE 1995, Brüssel, 1997.
- Expertenkommission Pflanzenbau, Masterplan Pflanzenbau, Bericht der Expertenkommission zur Neuorientierung im Pflanzenbau, Bundesamt für Landwirtschaft, 1994.
- Flaig, H.; Mohr, H.: *Energie aus Biomasse - eine Chance für die Landwirtschaft*, Springer Verlag, Berlin, 1993.
- Faaij, A.: *Energy from Biomass and Waste*, Univerisiteit Utrecht, Faculteit Scheikunde, Utrecht, 1997.
- Gantner, U.: persönl. Mitteilung, 1998.
- Grübl, A. et al.: *Biomasse Technolgien in Österreich*. Marktstudie, Aktion des THERMIE-Programmes BM 62 (EU), 1995.
- Hall, D. O. in: OECD/IEA: *Biomass Energy: Key Issues and Priority Needs*, Conference Proceedings, Paris, 1997.
- Hartmann, H.: *Bereitstellung von* in: Von Oheimb, R.: *Energieversorgung und Landwirtschaft*, Zusammenstellung der KTBL, Darmstadt, 1995.
- Hartmann, H. und Strehler, A.: *Die Stellung der Biomasse im Vergleich zu anderen erneuerbaren Energieträgern aus ökologischer, ökonomischer und technischer Sicht*, Schriftenreihe „Nachwachsende Rohstoff“, Band 3, Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster, 1995.

- Hersener, J.-L., Bühler, R.: *Energetische Nutzung landwirtschaftlicher Biomasse*, Band 2, 1998.
- Hersener, J.-L. et al.: Schlussbericht Energiegrasprojekt, 1996.
- IEA, *Renewable Energy Policy in IEA Countries*, Vol. 1: Overview, Stand 1993, 1996
- INFRAS: *Perspektiven zur Energienutzung biogener Abfälle in der Schweiz*, 1994.
- Jahrbuch 1992 der Wald- und Holzwirtschaft der Schweiz 1985-92 (ohne 1990).
- International Energy Agency (IEA): *Energy Statistics of OECD Countries*, 1992 - 1993, Paris 1995.
- Kaltschmitt, M.; Wiese, A.: *Erneuerbare Energieträger in Deutschland, Potentiale und Kosten*, Springer Verlag, Berlin, 1993, 130-162.
- Keel, A.: persönl. Mitteilung, 1998.
- Keel, A., Kessler, F.: *Quantifizierung der Holzenergienutzung 1989/90 bis 1993*. Ressort Regenerierbare Energien, Zürich, 1994.
- Kettler, R.: Mündl. Mitteilung, 1998.
- Kleemann, M., Meliss, M.: *Regenerative Energiequellen*, Springer Verlag, 1993, 19, 190-240.
- Kohmanns, B.; Littmann, A.; Haury, H.-J.: Energie aus nachwachsenden Rohstoffen. Seminar der zentralen Informationsstelle Umweltberatung Bayern. Band 5. GSF-Bericht 01, 1995.
- Koller, P.: persönl. Mitteilung, 1998.
- Kwant, K.W. et al.: *Acceleration of Bioenergy Development in the Netherlands* in: Biomass for Energy and Industry, Proceedings of the 10th European Conference and Technology Exhibition, 8-11 June, Würzburg, 1998.
- Lexikothek, Verlag Berthelsmann, 1985.
- Lötscher, R., Hungerbühler, N.: Abfälle zur Verwendung als Dünger, Bestandesaufnahme für die Schweiz, Interner Bericht, Versand auf Anfrage, IUL, Bern, Juli 1997.
- Magerl, H.: *Stand der Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland*, in: Energie – Dialog, 4/1995.
- Meier, U. : FAT-Bericht Nr. 445. Gülleseparierung, 1994.
- Müller, D., Oehler, D. und Baccini, P.: *Regionale Bewirtschaftung von Biomasse*. vdf Verlag, 1998.
- Nikolaisen, L. et al.: Stroh als Energieträger. Center für Biomassetechnologie Kopenhagen, 2. Aufl., 1998.
- OECD/IEA: *Biomass Energy: Key Issues and Priority Needs*, Conference Proceedings, Paris, 1997.
- ÖSTAT, Österreichisches Statistisches Zentralamt, 1998.
- Plank, J., 1994. *Produktion und Verwertung von Waldrestholz und Energieholz aus Plantagen in Österreich*, in Energetische Nutzung von Biomasse. Internationale tagung, 22. - 24. März, Jena.
- Potenagel, I. (Hrsg.): *Das Potential erneuerbarer Energien in der Europäischen Union: Ansatz zur Mobilisierung erneuerbarer Energien bis zum Jahr 2020*, Springer-Verlag, 1995.
- Rügamer, A.: *Hochwachsende Rohstoffe - Markterfahrungen und Potentiale im ökologisch orientierten Versandhandel*, in: Nachwachsende Rohstoffe im Land Brandenburg, Stand, Aktivitäten und Perspektiven einer zukunftsorientierten und umweltgerechten Entwicklung, Bornimer Agrartechnische Berichte, Heft 17. 1998.
- Schweizerischer Bauernverband, 1998. *Statistische Erhebungen und Schätzung über Landwirtschaft und Ernährung 1997*, 74. Jahreshft. Brugg.
- Sontow, J., Siegle, V., Spliethoff, H., Kaltschmitt, M., 1997. Biomassezufeuerung in Kohlekraftwerken. Energiewirtschaftliche Tagesfragen, Heft 6, 47. Jahrgang.
- Staat, F., 1998: *Development of Biodiesel Activity in France*, in: Biomass for Energy and Industry, Proceedings of the 10th European Conference and Technology Exhibition, 8-11 June, Würzburg

- Streetskamp, I., van Wijk, A.: *Exploration of the land potential for the production of biomass for energy in the Netherlands*, submitted for the publication in 'Biomass and Bioenergy', 1998.
- Strehler, A.: *Aufbereitung und Verfeuerung von Biomasse als Festbrennstoff* in: Flaig, H.; Mohr, H.: *Energie aus Biomasse - eine Chance für die Landwirtschaft*, Springer Verlag, Berlin, 1993.
- TERES II: *The European Renewable Energy Study*, The prospects for Renewable Energy in 30 countries from 1995 – 2020, 1997.
- U.S. Department of Commerce: *Statistical Abstract of the United States 1997*. Oct. 1997.
- VHe, Vereinigung für Holzenergie: *Erarbeitung einer schweizerischen Holzenergiestatistik. Teil „Brennstofforientierte Erhebungen“*, 1996. 14.
- Waldis, R.: *Mündl. Mitteilung*, 1998.
- Wellinger, A. et al.: *Biogas-Handbuch*, Wirz-Verlag Aarau, 1991.
- Wirzkalender, *Landwirtschaftliches Handbuch*, LBL Lindau, Verlag Wirz Basel, 1998.
- Wolfensberger, U.: *FAT-Bericht Nr. 427. Rapsmethylester als Treibstoff für Dieselmotoren*, 1993.
- Wright, L.L. et al.: *Alternatives Fuels and the Environment*, in: Sterret, F.(Hrsg.), Lewis Publishers, 1995, 261-267

8 Anhang

8.1 Ergänzende Daten zur Biomasseenergie bzw. zum Biomasseaufkommen (nicht länderspezifisch)

**Tabelle 27: Gesamtfläche und landwirtschaftliche Fläche in der Schweiz, EU und USA
(in 1000 ha Stand 1994)**

Land	Bevölkerung 2.)3.) mio Einwohner	Gesamtfläche	Landwirtschaftliche Fläche	Ackerland	Forstfläche (Stand 1993)
EU 15	371.3 3.)	323617	138376	75453	107091
EU 12		236421	128937	68972	58341
DK	5.2 3.)	4309	2712	2510	445
D	81.6 3.)	35697	17308	11805	10433
F	58.0 3.)	54397	30343	18302	14944
I	57.2 3.)	30132	16743	9030	6770
NL	15.4 3.)	4153	1963	988	330
A	8.0 3.)	8386	3479	1402	3241
USA	243.9 2.)				
CH	6.5 2.)	4128	1082	420	

Quelle:

1. EUROSTAT (1996), Landwirtschaft. Statistisches Jahrbuch, Amt für amtliche Veröffentlichungen der europäischen Gemeinschaften, Brüssel
2. OECD/IEA, 1997, Biomass Energy: Key Issues and Priority Needs, Conference Proceedings, Paris
3. EUROSTAT (1997), Energie. Jährliche Statistiken Stand 1995, Statistisches Amt der Europäischen Gemeinschaften, Luxemburg

Tabelle 28: Tierbestand in der Schweiz, EU und den USA (Stand 1994)

Land	Rinder in 1000	Schafe in 1000	Ziegen in 1000	Schweine in 1000	Hühner in 1000	Pferde in 1000
EU15	83934	101544	12624	118085		
DK	2052	93	0	11079	-	-
D	15686	2263	88	24145		
F	20563	10126	1114	14968		
I	7390	10920	1390	8090		
NL	4366	1650	110	14253		
A	2272	381	54	3663		
USA	100988	9742	1960	57904		
Schweiz (Stand 1996)	1748	436	57	1610	6251	43

Anmerkung: GVE Total für die Schweiz: 1336189 (rund 28 Mio. m³ Gülle unverdünnt)

Quelle: EUROSTAT (1996), Landwirtschaftliches Statistisches Jahrbuch, Amt für amtliche Veröffentlichungen der europäischen Gemeinschaften, Brüssel

BFS, 1997, Einblicke in die Schweizerische Landwirtschaft, Ausgabe 1997, Bern

Tabelle 29: Produktion von Biomasse in der Schweiz, EU und USA (Angaben in kt EA, 1995, LN in 1000 ha)

Land	Holz	NWR, Land- schaftspflege- material, Ern- terückstände	Papier- industrie	Hofdünger und andere Abfälle	Biogas	ha LN (1993)
Deutschland	955.2	238.8	119.5	0	144.9	17022
Frankreich	7514.8	75.9	1065.0	0	31	28107
Italien	keine Werte	keine Werte	keine Werte	1208.5	13.3	14736
Österreich	1848.1	386.6	332.5	0	0	3449
Niederlande	168.4	0	0	0	106.6	2015
Dänemark	200.9	547.5	0	5.8	42.1	2739
USA	15343.0	23800.9	18196.7	0	3662.7	
Schweiz	466.9	69.0	0	0	52.1	1083

Quelle: IEA, Renewable Energy Policy in IEA Countries, Vol. 1: Overview, Stand 1993, 1996

Tabelle 30: Biomassenutzung in der Schweiz, EU und USA (Stand 1987)

Land	Brennholz [PJ]	gesamte Biomasse [PJ]
U.S.A	1246	3482
A	27	100
DK	5	84
F	112	315
D	46	84
I	48	151
NL	1	
CH	9	

Quelle: OECD/IEA, 1997, Biomass Energy: Key Issues and Priority Needs, Conference Proceedings, Paris

8.2 Länderspezifische, ergänzende Daten zum Biomasseanfall

8.2.1 Deutschland

Tabelle 31: Biomasseaufkommen in Deutschland

Biomasse	t atro/a
Waldrestholz	65000
Erstdurchforstung	29000
Zweidurchforstung	18000
Stroh	100000

Quelle : Sontow, J., Siegle, V., Spliethoff, H., Kaltschmitt, M., 1997. Biomassezufuhrung in Kohlekraftwerken. Energiewirtschaftliche Tagesfragen, Heft 6, 47. Jahrgang.

8.2.2 Frankreich

Biodieselproduktion 1997 in Frankreich: 250000 t (rund die Hälfte der EU-Produktion)

Quelle: Staat, F., 1998: Development of Biodiesel Activity in France, in: Biomass for Energy and Industry, Proceedings of the 10th European Conference and Technology Exhibition, 8-11 June, Würzburg

8.2.3 Österreich

Tabelle 32: Allgemeine Kennzahlen zu Österreich

Gesamt-Fläche	84000 km ²
LN	39000 km ²
Wald	38780 km ²
Einwohner	8100000

Quelle: Grübl, A. et al.: Biomasse Technologien in Österreich. Marktstudie, Aktion des THERMIE-Programmes BM 62 (EU), 1995

Tabelle 33: Viehbestand in Österreich (1993)

Rinder	Schweine	Hühner	Pferde
2333887	3819798	13588850	64924

Quelle: Grübl, A. et al.: Biomasse Technologien in Österreich. Marktstudie, Aktion des THERMIE-Programmes BM 62 (EU), 1995

Tabelle 34: Anfall Energiepflanzen in Österreich

Energiepflanze	Anbaufläche [ha]	Ertrag [t/ha]	Masse [t]
Raps	71689	2.79	200249
Sonnenblumen	37744	2.27	85654

Quelle: Blumauer, E.: European Energy Crops Overview (EECO), Bundesanstalt für Landtechnik (BLT), 1996

Tabelle 35: Zusammensetzung der genutzten Biomasse in Österreich

Biomasse	Energieinhalt [TJ]	Anteil am Gesamtenergieverbrauch [%]
Brennholz	93690	8.2
Sägespäne, Rinde Hackschnitzel etc.	18820	1.7
Abwasser Papierindustrie	18070	1.6
Stroh	1320	0.1
Deponie-, Klär- und Biogas	1400	0.1
RME	600	0.05
Summe	133910	11.8
Müll, Klärschlamm, sonstige brennbare Abfälle	7940	0.7

Quelle: Grübl, A. et al.: Biomasse Technologien in Österreich. Marktstudie, Aktion des THERMIE-Programmes BM 62 (EU), 1995

Tabelle 36: Zusammensetzung der Biomasse in Österreich nach 'energy 2/96'

Biomasse	Energieinhalt [TJ]
Brennholz	80400
Sägespäne, Rinde Hackschnitzel etc.	15600
Abwasser Papierindustrie	14400
Holz und Strohbricketts	1680
Deponie-, Klär- und Biogas	1400
Biogas und RME	1440
Summe	114920
Müll, Klärschlamm, sonstige brennbare Abfälle	2400

Quelle: Cerveny, M.: Erneuerbare Energien: Österreich im Spitzenfeld in: energy 1996, Die Zeitschrift der Energieverwertungsagentur 2/96

Tabelle 37: Zusammensetzung der Abfälle aus der Wasseraufbereitung, Abwasseraufbereitung und Gewässernutzung in Österreich

Abfall	[t TS/a]	[m3/a]
Kommunaler Klärschlamm	180000	3600000
Industrielle Klärschlämme	95000	1900000
Schlämme aus Hauskläranlagen und Sammelgruben	-	1000000

Quelle: Grübl, A. et al.: Biomasse Technologien in Österreich. Marktstudie, Aktion des THERMIE-Programmes BM 62 (EU), 1995

Tabelle 38: Brennholz, brennbare Abfälle und andere biogene Brenn- und Treibstoffe in Österreich (1992)

Biomasse	1000 t/a	TJ
Brennholz	6066.95	94.0
Brennbare Abfälle	2783.58	25.6
Biogene Brenn-Treibstoffe	2194.54	20.1
Total		139.7

(1 t Brennholz = 0.01555 TJ; 1 t brennbare Abfälle = 0.0092 TJ; 1 t biogene Brenn-Treibstoffe = 0.0092 TJ)

Quelle : Plank, J., 1994. Produktion und Verwertung von Waldrestholz und Energieholz aus Plantagen in Österreich, in Energetische Nutzung von Biomasse. Internationale tagung, 22. - 24. März, Jena.

8.2.4 Europa (EU12 und EU15)

Tabelle 39: Elektrizität und Wärme aus Biomasse in Europa (EU15, Stand 1995)

Energieträger	Elektrizität [GWh]	Wärme [kt EA]
Deponiegas	1351	85
Kommunale Abfälle	7900	2580
Industrieabfälle	12249	7692
Landwirtschaftliche Reststoffe	133	245
Schnellwachsende Hölzer	772	548
Restholz Wald	2753	20829
Ethanol / Biodiesel	0	168
Total	25158	32147

Quelle: TERES II: The European Renewable Energy Study, the prospects for Renewable Energy in 30 countries from 1995 – 2020, 1997.

AUSSCHUSS / NICHT BERÜCKSICHTIGT

Tabelle xx: Biomasseanfall in kt pro Jahr (Stand 1994)

Land	Restholz	feste land-wirt. Abfälle	flüssige landwirt. Abfälle	feste Indust-rie-abfälle	flüssige Industrie-abfälle	feste kommunale Abfälle	flüssige kommunale Abfälle	Deponiegas [GWh therm/a]
DK	1400	4289	3680	647	558	700	618	400
D	4500	27000	85000	2250	9622	35750	18519	2100
F	6500	10200	70000	31688	7217	21400	13889	7000
I	8000	3900	30000	2300	6950	5400	7845	18100
NL	1500	800	65000	1500	2000	2100	3121	0
EU12	38243	63762	419135	126649	40775	71455	69155	62208

Quelle: The European renewable Energy Study 1994, prospects fo renewable energy in the European Community and eastern Europe up to 2010. Main report. EC.

Tabelle XX: Aktueller Stand der Biomassenutzung in den Niederlanden

Energieträger	Anfall 1000 t/a	Energie PJ
Wärmeerzeugung		
KVA	5200	12.4
Altholz	885	0.3
Industrieholz	45	2.4
Restholz (Wald)	225	-
Wald-Rundholz	1365	9.0
Papier Abwasser	-	0.1
Vergärung		
Gülle	85000	0.008
vergärbare Abfälle	1500	0
Haushalt Abwasser	-	1.7
Industrieabwasser	2000	0.007
Deponiegas	-	1.18
Energiepflanzen	-	0

Quelle: ??????

Tabelle XX: In Müllverbrennungsanlagen genutzte, kommunale, feste Abfälle

Land	Anfall fester kommunaler Abfälle [kt/a]	Anfall fester kommunaler Abfälle [kg/E]
A	2800	320-370
DK	2600	510
D	25000	410
F	20000	360
I	17500	300
NL	7700	520
USA	220000	800
CH	3700	550

Quelle: Temmink, H.: End of task report of the IA (Incineration activity) of task XI of the bio-energy agreement of the IEA in: Biomass and Bioenergy, Vol. 9, Nos 1-5, pp.351-363, 1995