HOCHSCHULE
MITTWEIDA
UNIVERSITY OF
APPLIED SCIENCES

DIPLOMARBEIT

Frau
Romana Greiner

Die Bedeutung von Biomasse in Österreich unter besonderer Betrachtung der Energieautarkie in Gemeinden und Regionen

Wien, 2014

Fakultät Wirtschaftswissenschaften

DIPLOMARBEIT

Die Bedeutung von Biomasse in Österreich unter besonderer Betrachtung der Energieautarkie in Gemeinden und Regionen

Autor:
Frau Romana Greiner

Studiengang:
Wirtschaftsingenieurwesen

Seminargruppe:
KW10wWA-F, WI-WZ-12

Erstprüfer:
Prof. Dr. Dr.h.c. Hartmut Lindner

Zweitprüfer:
Prof. Mag. Erich Greistorfer

Einreichung:
Mittweida, Mai 2014

Verteidigung/Bewertung:
Wiener Neustadt, 2014

Faculty Wirtschaftswissenschaften

DIPLOMATHESIS

The importance of biomass in Austria with special consideration of energy self-sufficiency in municipalities and regions

author:
Ms. Romana Greiner

course of studies:
economic sciences

seminar group:
KW10wWA-F, WI-WZ-12

first examiner:
Prof. Dr. Dr.h.c. Hartmut Lindner

second examiner:
Prof. Mag. Erich Greistorfer

submission:
Mittweida, May 2014

defence/ evaluation:
Wiener Neustadt, 2014

Bibliografische Beschreibung:

Greiner, Romana:
Die Bedeutung von Biomasse in Österreich unter besonderer Betrachtung der Energieautarkie in Gemeinden und Regionen. - 2014. - IX, 88, III S.
Mittweida, Hochschule Mittweida, Fakultät Wirtschaftswissenschaften, Diplomarbeit, 2014

Referat

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit der Bedeutung von Biomasse in Österreich. Speziell betrachtet werden Gemeinden und Regionen die bereits energieautark sind bzw. es werden möchten.

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich all jenen danken, die durch ihre fachliche und persönliche Unterstützung zum Gelingen dieser Diplomarbeit beigetragen haben.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. Dr.h.c. Hartmut Lindner für seine Hilfsbereitschaft und den gewährten Freiheiten bei der Gestaltung dieser Arbeit.

Weiters möchte ich mich bei Herrn Prof. Mag. Erich Greistorfer für seine Hilfestellungen und seine tatkräftige Unterstützung bedanken.

Herzlich bedanken möchte ich mich auch bei meinem Freund, der mich immer wieder ermutigt hat und mir zur Seite gestanden ist.

Mein ganz besonderer Dank gilt meiner Familie, besonders meinen Eltern, die mir mein Studium ermöglicht und mich in all meinen Entscheidungen unterstützt haben.

Abschließend möchte ich mich bei allen bedanken, die in irgendeiner Art und Weise zur Entstehung dieser Arbeit beigetragen haben.

Inhaltsverzeichnis

Danksagung ..... **I**

Abbildungsverzeichnis ..... **V**

Tabellenverzeichnis ..... **VIII**

Abkürzungsverzeichnis ..... **IX**

1 Einführung **1**

1.1 Problemstellung 1
1.2 Zielsetzung 2
1.3 Bruttoinlandsverbrauch an Energie in Österreich 3
1.4 Anteil an erneuerbaren Energien 6
1.5 Entwicklung des Bruttoinlandsverbrauches an erneuerbaren Energien ... 7
1.6 Energiepolitik in der EU 8
1.7 EU-Klimapaket: 20-20-20 Formel 8

2 Biomasse **11**

2.1 Entstehung und Vorkommen 11
2.2 Arten von Bioenergieträgern 17
2.2.1 Feste Bioenergieträger 17
2.2.2 Flüssige Bioenergieträger 18
2.2.2.1 Biokraftstoffarten 19
2.2.3 Gasförmige Bioenergieträger 24
2.2.4 Biogasanlage 26
2.2.4.1 Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) 30
2.2.4.2 Mikro-KWK 32
2.2.4.3 Blockheizkraftwerk (BHKW) 33
2.2.4.4 BHKW mit Stirlingmotor 34

2.3 Energetische Nutzung 36
2.3.1 ORC-Prozess 37
2.3.2 Holzvergasersysteme 39
2.3.3 Holzpelletsheizung 40
2.3.4 Biomasse-Kraftwerke 43
2.3.4.1 Clausius-Rankine-Prozess 44
2.4 Biomassemärkte heute und morgen 45
2.5 Ausbaupotenziale bis zum Jahr 2020 47
2.6 Herausforderungen und Handlungsfelder 48
2.6.1 Rohstoffe aus der Forst- und Holzwirtschaft 48
2.6.2 Rohstoffe aus der Landwirtschaft 49
2.6.3 Treibstoffmarkt - Bioenergieproduktion 49
2.7 Vorteile von Biomasse 50
2.8 Nachteile von Biomasse 51
2.9 Ökologische Analyse von Energie aus Biomasse 52
2.10 Ökonomische Analyse von Energie aus Biomasse 56

3 Programme und Auszeichnungen 57

3.1 e5-Programm 57
3.1.1 Stufen zur Energie- und Klimaschutzgemeinde 60
3.1.2 Ablauf des e5-Programmes 61
3.1.3 e5-Maßnahmenkatalog 62
3.1.4 Zertifizierung 63
3.2 Energiemanagement ISO 50001 64
3.3 European Energy Award® (eea) 65

4 Praktisches Beispiel der Umsetzung 67

4.1 Tirol Milch reg.Gen.m.b.H 67

5 Die energieautarke Gemeinde 69

5.1 Die 10 Schritte zur Energieautarkie 69
5.2 Klima- und Energiemodellregionen 70
5.2.1 Gemeinde Hagenbrunn (NÖ) 70
5.2.2 Stadtgemeinde Güssing (Bgld.) 71
5.2.3 Stadtgemeinde Mureck (Stmk.) 73
5.2.4 Gemeinde Kötschach-Mauthen (Kärnten) 75

6 Erneuerbare Energie in Österreich bis zum Jahr 2050 79

6.1 Klimaschutz und Transformation der Energiesysteme 79
6.2 Mögliche Szenarien des Energiebedarfs 81
6.3 Biomasse Potenziale 83
6.4 Potenzial erneuerbarer Energien 85

7 Schlussfolgerungen 87

Literaturverzeichnis 89

Glossar 96

Anhang 1 99

Anhang 2 100

Anhang 3 101

Eidesstattliche Erklärung 102

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Entwicklung des Energieverbrauches von 1970 bis 2010 3

Abbildung 2: Struktur des Bruttoinlandsverbrauches im Jahr 2011 4

Abbildung 3: Struktur des energetischen Endverbrauches nach Sektoren im Jahr 2011 5

Abbildung 4: Anteil an erneuerbaren Energien in Österreich 6

Abbildung 5: Anteil erneuerbarer Energien am österreichischen Bruttoinlandsverbrauch 1970-2011 7

Abbildung 6: Anteil der erneuerbaren Energien 2010 10

Abbildung 7: Biomassebildung durch Photosynthese 12

Abbildung 8: Möglichkeiten der Biomassenutzung 15

Abbildung 9: Energiegewinnung aus Biomasse 16

Abbildung 10: Klassifikation biogener Festbrennstoffe 18

Abbildung 11: Verlauf der Biodieselproduktion in Österreich (Angabe in Tonnen) 20

Abbildung 12: Herstellung von Bioethanol 21

Abbildung 13: Verlauf der Bioethanolproduktion in Österreich (Angabe in Tonnen) 22

Abbildung 14: Verfahrensschema zur Herstellung von BtL-Kraftstoffen 23

Abbildung 15: Fließbild einer Biogasanlage 26

Abbildung 16: Die 4 Stufen des Biogasprozesses 29

Abbildung 17: Biogasanlagen in Österreich (2012) 29

Abbildung 18: Prinzip einer KWK 31

Abbildung 19: BHKW-Energieausbeute im Vergleich zu konventionellen Kraftwerken 34

Abbildung 20: Funktionsweise eines Stirlingmotors 36

Abbildung 21: ORC-Prozess am Beispiel der Anlage Lienz (Tirol)..... 38
Abbildung 22: Produktion und Verbrauch an Holzpellets
in Österreich (Stand 2013)..... 40
Abbildung 23: Jahresdurchschnittspreise von Energieträgern 41
Abbildung 24: Zusammensetzung von Holzpellets..... 42
Abbildung 25: Funktionsweise einer Holzpelletsheizung..... 43
Abbildung 26: Schematischer Aufbau des Clausius-Rankine-Prozesses..... 45
Abbildung 27: Entwicklung des Bruttoinlandsverbrauches
von Biomasse (1990-2009)..... 46
Abbildung 28: Bruttoinlandsverbrauch an Bioenergie in Österreich
2005 und 2009 mit Potenzial für 2020 46
Abbildung 29: Entwicklung des Bruttoinlandsverbrauches von Biomasse
von 2005-2009 und Ausbaupotenziale bis 2020 47
Abbildung 30: Teilnehmende Gemeinden des e5-Programmes
(Stand Jänner 2013) 59
Abbildung 31: e5-Auszeichnungen..... 60
Abbildung 32: Ablauf e5-Programm 61
Abbildung 33: Voll- und Testmitglieder des eea..... 66
Abbildung 34: Murecker-Energie-Kreislauf..... 74
Abbildung 35: Energiebilanz Kötschach-Mauthen..... 76
Abbildung 36: CO_2-Entwicklungspfade 80
Abbildung 37: Endenergiebedarf der Gebäude 2008 und
Szenarien für 2050..... 82
Abbildung 38: Energiebedarf der Mobilität 2008 und Szenarien für 2050 82
Abbildung 39: Abgrenzung der unterschiedlichen Potenzialbegriffe 84

Abbildung 40: Genutzte Mengen an Biomasse und mögliche Szenarien 85

Abbildung 41: Potenzial erneuerbarer Energien im Vergleich 86

Abbildung 42: Potenzial erneuerbarer Energien im Vergleich zum Endenergieverbrauch 86

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Wirkungsgrade bei der Produktion von Biomasse 13

Tabelle 2: Heizwerte verschiedener Brenn- und Kraftstoffe aus Biomasse 14

Tabelle 3: Biogaserträge und Methangehalt verschiedener Biomasserohstoffe 25

Tabelle 4: Primäre und sekundäre Luftschadstoffe 55

Abkürzungsverzeichnis

AME	Altspeiseölmethylester
BAU	Business as usual
Bgld.	Burgenland
BHKW	Blockheizkraftwerk
bzw.	beziehungsweise
C	Kohlenstoff
CH_3COOH	Essigsäure
CH_4	Methan
CO	Kohlenstoffmonoxid
CO_2	Kohlenstoffdioxid
C_xH_y	Kohlenwasserstoff
d.h.	das heißt
et.al.	et altera
ETBE	Ethyl-tert-butylether
EU	Europäische Union
FME	Fettsäuremethylester
GuD	Gas- und Dampfturbinenkraftwerk
H_2S	Schwefelwasserstoff
Hrsg.	Herausgeber

H_u	Heizwert
HVO	Hydrotreated vegetable oil
kW	Kilowatt
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
max.	maximal
MJ	Megajoule
MTBE	Methyl-tert-butylether
N_2	Stickstoff
NH_3	Ammoniak
NÖ	Niederösterreich
O_2	Sauerstoff
ÖNORM	Österreichische Nationale Norm
PJ	Petajoule
S.	Seite(n)
Stmk.	Steiermark
u.a.	unter anderem
v.a.	vor allem
Vgl.	Vergleiche
Wh	Wattstunde
z.B.	zum Beispiel

1 Einführung

1.1 Problemstellung

Die Bedeutung regenerativer Energien hat in den letzten Jahren enorm an Bedeutung gewonnen. Zum einen liegt es an der zukünftigen Knappheit von Energieressourcen und zum anderen an den Herausforderungen die der Klimawandel an uns stellt. Es gibt somit genügend Gründe, um nach Alternativen zu fossilen Energieträgern zu suchen.

In einer so globalisierten und automatisierten Welt, wie unserer, ist es von größter Bedeutung, die Umwelt- und Bioressourcen vernünftig einzusetzen und das Potential für Einsparungen zu erkennen.

Nachwachsende Rohstoffe nehmen in der gesellschaftlichen Diskussion einen breiten Raum ein, da sie einen sinnvollen Beitrag zur Lösung des zukünftigen Energie- und Klimaproblems tragen.

Biomasse ist der Alleskönner unter den erneuerbaren Energien, sie kann zur Wärme- und Stromerzeugung sowie als Treibstoff genutzt werden.

Schon zu Beginn der Menschheit war Biomasse die bedeutendste Energiequelle. Die thermische Nutzung durch die Verbrennung von Holz, stellt die älteste Form der Energiegewinnung dar.

Vor allem in Österreich gibt es ein großes Potenzial für Biomasse, da die zur Verfügung stehende Fläche für den nachhaltigen Anbau von Energiepflanzen bzw. Bioenergieträgern vorhanden ist.

1.2 Zielsetzung

Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, die Bedeutung von erneuerbaren Energieträgern, ganz besonders von Biomasse, in Österreich herauszuarbeiten und zusammenfassend darzustellen.

Besonders aufmerksam werden energieautarke Gemeinden und Regionen betrachtet. Diejenigen Gemeinden bzw. Regionen die es bereits geschafft haben Auszeichnungen für ihre vorbildliche Energie- und Wärmeversorgung zu erlangen haben einen Grundstein gelegt, um Österreich unabhängig von großen Energiekonzernen und schwankenden Rohstoffpreisen zu machen.

Die Herausforderung liegt darin, Wege zu finden und Technologien zu entwickeln um langfristig unabhängig von fossilen Energieträgern zu sein. Ein erster Schritt in die richtige Richtung ist die Unabhängigkeit zu schaffen und diese zu erhalten, sowohl für Gemeinden als auch für gesamte Regionen.

Neben der Unabhängigkeit muss der Klimaschutz ein vorrangiges Ziel sein, denn nur so lassen sich die Lebensbedingungen des Menschen, so wie wir sie heute kennen, aufrechterhalten. Zahlreich gesetzte Ziele v.a. der Politik versuchen den Klimawandel und die damit verbundenen Konsequenzen aufzuhalten bzw. abzuschwächen.

Die Erhöhung der Effizienz von Technologien und der Verschiebung hin zu verbrauchsärmeren Prozessen nimmt eine große Rolle in den Planungs- und Entscheidungstätigkeiten ein.

1.3 Bruttoinlandsverbrauch an Energie in Österreich

Der Bruttoinlandsverbrauch von Österreich liegt bei rund 1450 PJ/Jahr (Stand 2011). Der Energieverbrauch ist seit 1990 um 39 % angestiegen, die jährliche Steigerung pro Jahr liegt bei rund 1,6 %.

Der Grund für den Anstieg des Bruttoinlandsverbrauches sind gestiegene energetische Endverbräuche in den Sektoren Verkehr, private Haushalte sowie öffentliche und private Dienstleistungen.

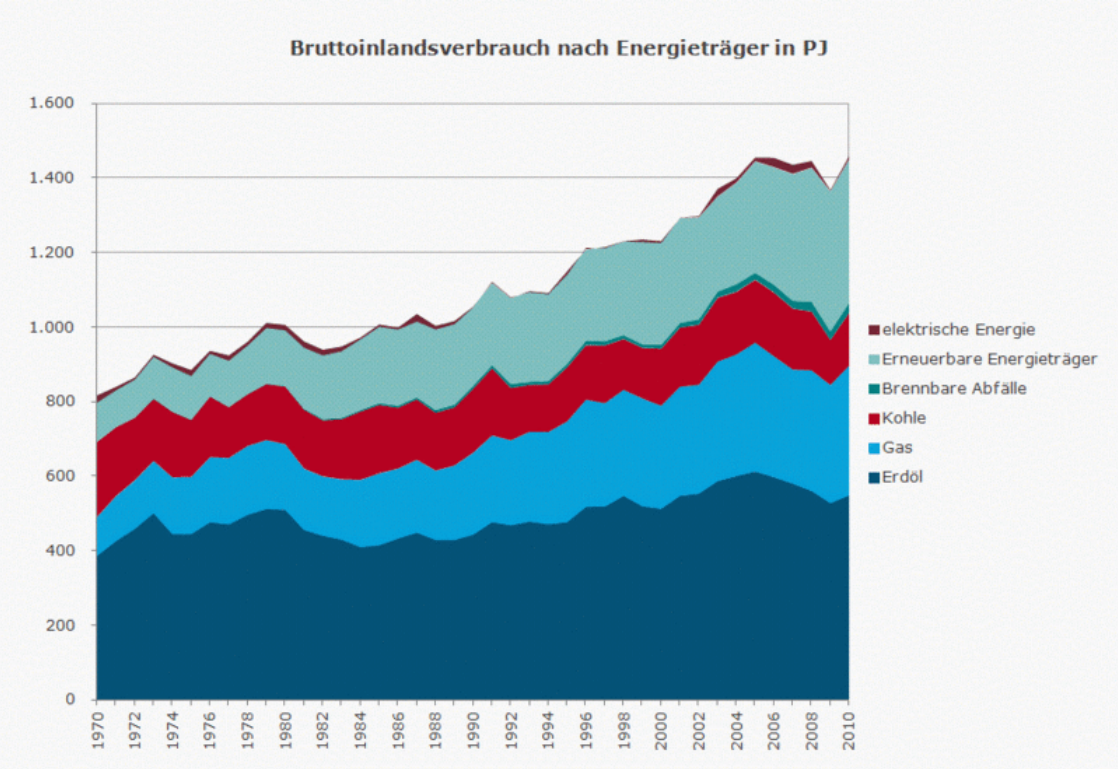


Abbildung 1: Entwicklung des Energieverbrauches von 1970 bis 2010

Quelle: http://www.umweltbundesamt.at/umweltsituation/energie/energie_austria/, verfügbar am 05.03.2014.

Die österreichische Energieversorgung basiert auf einem ausgewogenen Mix von Energieträgern, von besonderer Bedeutung ist der hohe Anteil an erneuerbaren Energien (Wasserkraft mit 8,6 % und sonstige erneuerbare Energien mit 17,5 %).[1]

[1] Vgl. http://www.umweltbundesamt.at/umweltsituation/energie/energie_austria/, verfügbar am 05.03.2014.

Seit dem Jahr 2005 nehmen die sonstigen erneuerbaren Energien, diese beinhalten Brennholz, biogene Brenn- und Treibstoffe sowie Umgebungswärme, eine bedeutende Rolle ein.

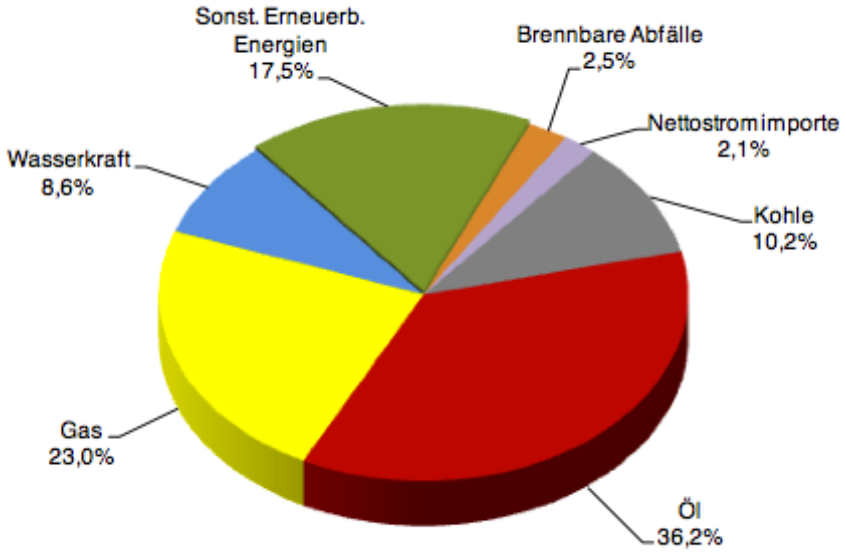


Abbildung 2: Struktur des Bruttoinlandsverbrauches im Jahr 2011

Quelle: Bundesministerium für Wirtschaft, Familie und Jugend: Energiestatus Österreich 2013 (Entwicklung bis 2011), Wien, April 2013, S.17.

International betrachtet, hat Österreich eine besonders günstige Situation hinsichtlich seines ausgewogenen Energieträger-Mixes. Verglichen mit den 27-EU-Ländern, ist der Kohleanteil um 6 % niedriger, der Öl-Anteil jedoch um 3 % höher als in der EU. Der auffälligste Unterschied jedoch ist der niedrige Anteil von nur 17 % an erneuerbaren Energien in der EU.[2]

Zu Beginn der 1990er Jahre waren die privaten Haushalte noch Spitzenreiter, was den Verbrauch an Energie betrifft, gefolgt von der Land- und Forstwirtschaft. Mittlerweile ist der Anteil des Verkehrssektors deutlich angestiegen.

[2] Vgl. Bundesministerium für Wirtschaft, Familie und Jugend: Energiestatus Österreich 2013 (Entwicklung bis 2011), Wien, April 2013, S.17.

Eine starke witterungsbedingte Verbrauchsabnahme war 2011 bei den privaten Haushalten festzustellen.[3]

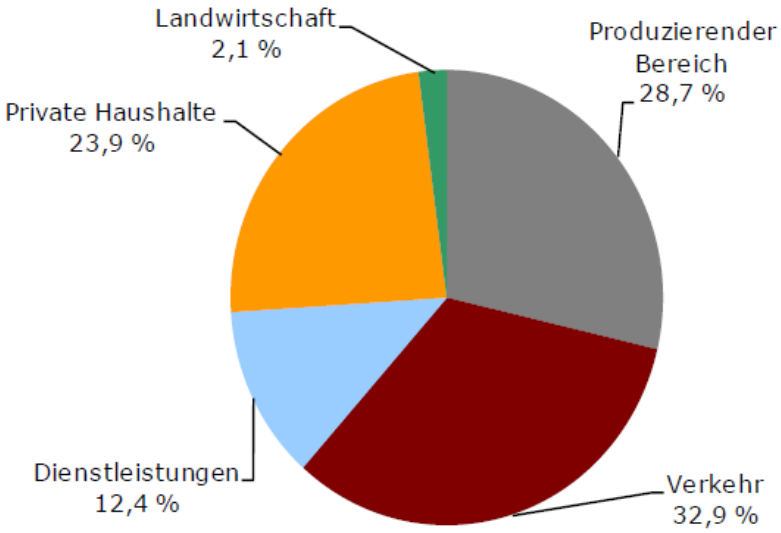


Abbildung 3: Struktur des energetischen Endverbrauches nach Sektoren im Jahr 2011

Quelle: Bundesministerium für Wirtschaft, Familie und Jugend: Energiestatus Österreich 2013 (Entwicklung bis 2011), Wien, April 2013, S. 23.

[3] Vgl. Bundesministerium für Wirtschaft, Familie und Jugend: Energiestatus Österreich 2013 (Entwicklung bis 2011), Wien, April 2013, S. 23.

1.4 Anteil an erneuerbaren Energien

Durch erneuerbare Energien werden derzeit weltweit 13 % der globalen Primärenergieversorgung und 19 % der globalen Stromproduktion abgedeckt.

Die wichtigsten erneuerbaren Energieträger sind Biomasse und Wasserkraft. Biomasse wird vor allem in Ländern wie Afrika und Asien bevorzugt zum Kochen und Heizen eingesetzt.

Trotz einer jährlichen Zuwachsrate von knapp 8 % liegt der Anteil der sonstigen erneuerbaren Energieträger (z.B. Geothermie, Solar, Wind) in den letzten 30 Jahren bei unter 1 %.[4]

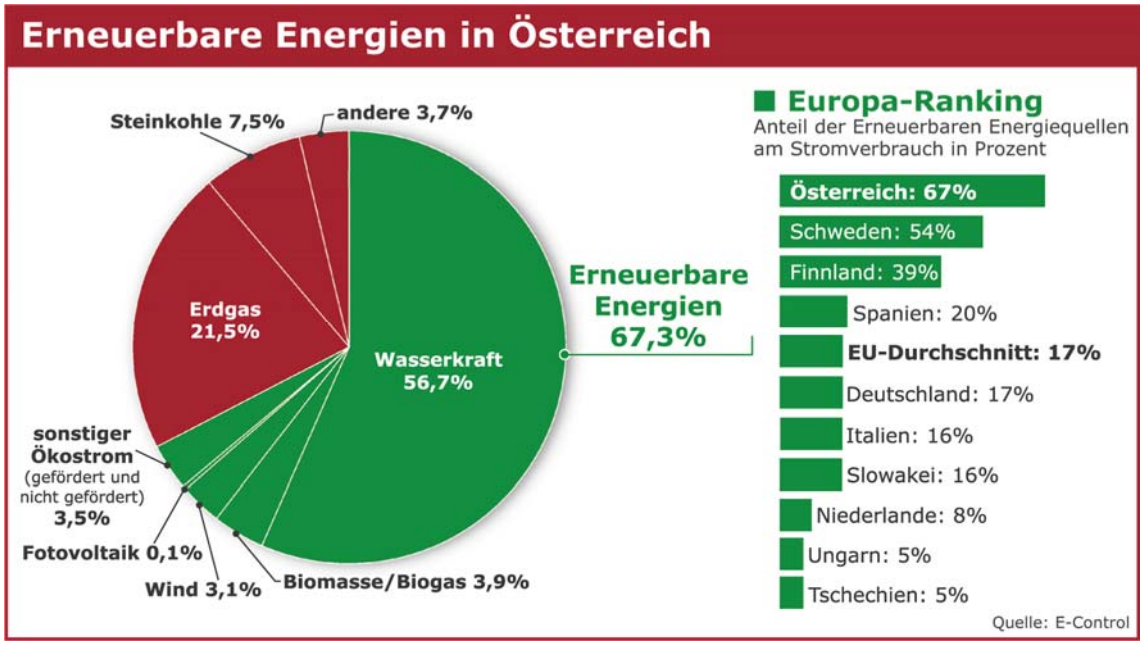


Abbildung 4: Anteil an erneuerbaren Energien in Österreich

Quelle: http://m.bmwfw.gv.at/EnergieUndBergbau/Energieversorgung/Seiten/Oekostrom.aspx, verfügbar am 05.03.2014.

[4] Vgl. http://m.bmwfw.gv.at/EnergieUndBergbau/Energieversorgung/Seiten/Oekostrom.aspx, verfügbar am 05.03.2014.

1.5 Entwicklung des Bruttoinlandsverbrauches an erneuerbaren Energien

Seit den 70er Jahren ist der Anteil an erneuerbarer Energie am österreichischen Bruttoinlandsverbrauch deutlich angestiegen, wie der folgenden Abbildung zu entnehmen ist. Im Jahr 2011 lag der Anteil erneuerbarer Energien bei 28,6 %, dies ist ein leichter Rückgang, da im Jahr 2009 ein Anteil von knapp 30 % erreicht wurde.

Die Schwankungen in der Periode von 2008-2011 sind vor allem auf die Schwankungen der Konjunktur (Wirtschaftskrise), des Ölpreises sowie auf witterungsbedingte Schwankungen des jährlichen Heizwärmebedarfes zurückzuführen.[5]

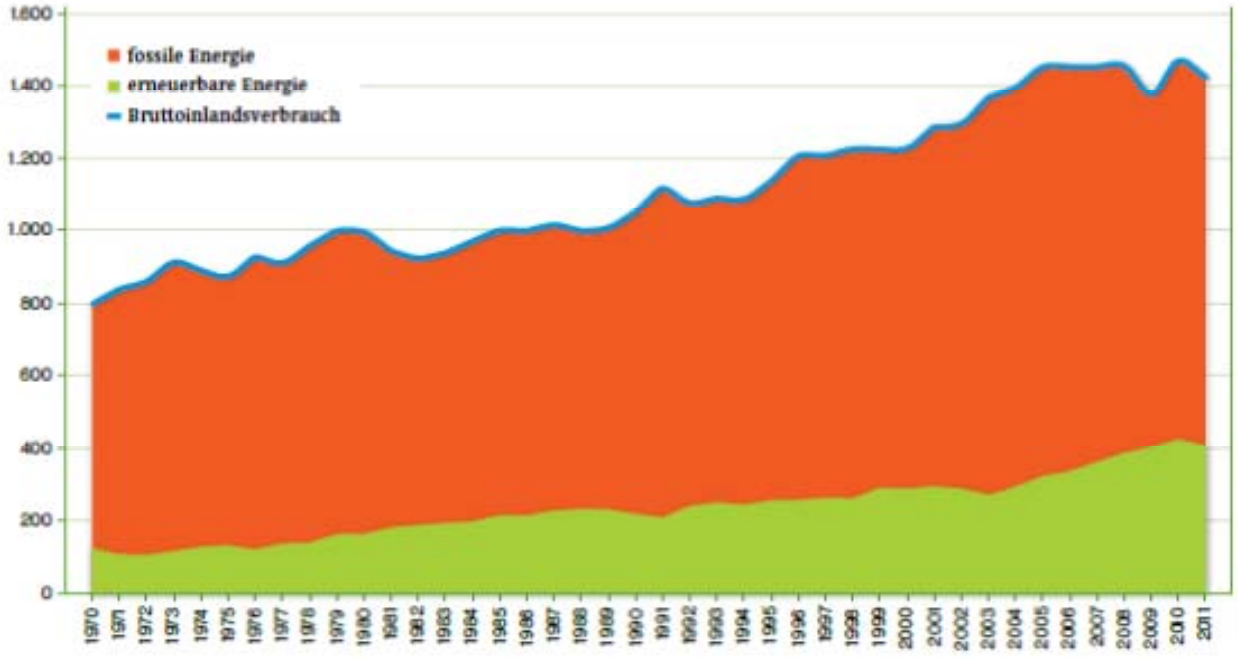


Abbildung 5: Anteil erneuerbarer Energien am österreichischen Bruttoinlandsverbrauch 1970-2011

Quelle: Lebensministerium: Erneuerbare Energie in Zahlen – Die Entwicklung erneuerbarer Energie in Österreich im Jahr 2011, Wien, März 2013, S. 10.

[5] Vgl. Lebensministerium: Erneuerbare Energie in Zahlen – Die Entwicklung erneuerbarer Energie in Österreich im Jahr 2011, Wien, März 2013, S. 10.

1.6 Energiepolitik in der EU

Um den zukünftigen Energiebedarf nachhaltig, sicher und wettbewerbsfähig decken zu können, schlug die Europäische Kommission im Jänner 2007 eine Energiepolitik für Europa vor. Ebenso wurde das „Klima- und Energiepaket“ präsentiert, welches sicherstellen soll, dass die EU ihre Klimaziele für 2020 erreicht. Klimawandel, zunehmende Energieimportabhängigkeit und steigende Energiepreise belasten alle EU-Mitgliedsstaaten gleichermaßen.

In den EU-27-Mitgliedsländern stieg die Importabhängigkeit um 9 % innerhalb von 10 Jahren (1998-2008). Im Jahr 2008 lag die Importabhängigkeit von Österreich bei 70 %. Diese Entwicklung ist auf die gestiegene Nachfrage des Energieträgers Erdöl zurückzuführen.
Berechnen lässt sich die Energieimportabhängigkeit wie folgt: der Nettoimport wird dividiert durch die Summe des Bruttoenergieinlandsverbrauchs inkl. Lager.

Die Energieintensität als Indikator misst den Energieverbrauch einer Volkswirtschaft und ihre Gesamtenergieeffizienz. Im Jahr 2008 lag dieser Indikator für Österreich bei 138 kg ROE/1000 Euro.[6]

1.7 EU-Klimapaket: 20-20-20 Formel

Bis zum Jahr 2020 soll der Anteil erneuerbarer Energien am Gesamtenergieverbrauch in der EU um 20 % gesteigert werden. Weiters soll ein Anteil von mind. 10 % bei Biokraftstoffen erreicht werden. Darüber hinaus wird geplant, einen Rechtsrahmen zu schaffen, mit dem die Förderung und Nutzung erneuerbarer Energien gestärkt werden kann.

Die einzelnen Mitgliedsstaaten der EU haben sich zu unterschiedlich hohen Anteilen verpflichtet, Österreich hat sich 34 % als Zielvorgabe gesetzt.

[6] Vgl. http://www.umweltbundesamt.at/umweltsituation/energie/energie_eu/, verfügbar am 07.03.2014.

Bis zum Jahr 2020 gibt es weiters das Ziel, die Treibhausgasemissionen um 20 % zu reduzieren gegenüber dem Niveau von 1990 sowie den Gesamtprimärenergieverbrauch um 20 % gegenüber dem BAU (Business as usual)-Szenario zu reduzieren.[7]

Kurz zusammengefasst bedeutet dies also:

- 20 % weniger Treibhausgase
- 20 % erneuerbare Energien
- 20 % höhere Energieeffizienz

Die Situation im Jahr 2005 im Vergleich zu 1990 zeigt eine Reduzierung um knapp 7 % bei Emissionen von Treibhausgasen sowie einen Anteil an erneuerbaren Energien von etwa 8,5 %. Das bedeutet für die Ziele bis zum Jahr 2020 eine Reduzierung um 14 % bei den Treibhausgasen sowie eine Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien um 11,5 %.[8]

Um die Ziele der EU zu erreichen, kann jeder Einzelne von uns etwas dazu beitragen. Die Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel reduziert die Emissionen, der Kauf von klimafreundlichen und energiesparenden Elektrogeräten schützt die Umwelt. Weiters ist es möglich, das eigene Energieverhalten anzupassen und somit die Effizienz zu steigern.

Das Ziel für Österreich sind, 34 % erneuerbare Energien bis zum Jahr 2020 zu realisieren. Im Jahr 2010 lag der Anteil bei 31 %. Durch die Richtlinie „2009/28/EG für Erneuerbare Energien“ soll das Ziel erreicht werden können. Wie dieses Ziel konkret erreicht werden kann, wurde in der „Energiestrategie Österreich“ ausgearbeitet. Es gibt somit einen Katalog für Maßnahmenvorschläge.[9]

---

[7] Vgl. http://europa.eu/legislation_summaries/energy/renewable_energy/l27065_de.htm, verfügbar am 23.02.2014.

[8] Vgl. http://www.zukunfteuropa.at/DocView.axd?CobId=41906, verfügbar am 23.02.2014.

[9] Vgl. http://www.umweltbundesamt.at/umweltsituation/energie/erneuerbare/erneuerbare-situationausblick/, verfügbar am 23.02.2014.

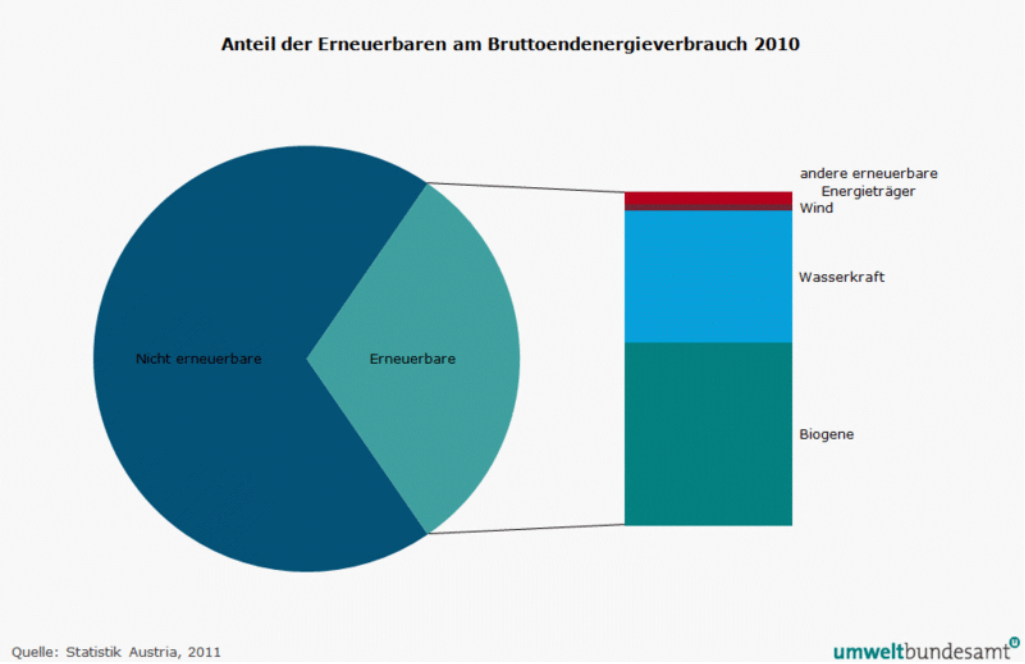


Abbildung 6: Anteil der erneuerbaren Energien 2010
Quelle: http://www.umweltbundesamt.at/umweltsituation/energie/erneuerbare/erneuerbare-situationausblick/, verfügbar am 23.02.2014.

2 Biomasse

2.1 Entstehung und Vorkommen

Gemäß der ÖNORM M 7101 ist Biomasse in Österreich wie folgt definiert:

„Unter dem Begriff Biomasse versteht man alle organischen Stoffe biogener, nicht fossiler Art und umfasst also in der Natur lebende und wachsende Materie und daraus resultierende Abfallstoffe, sowohl von der lebenden als auch schon abgestorbener organischer Masse." [10]

Laut Definition versteht man daher unter Biomasse alle Materie aus lebenden und toten Zellkulturen pflanzlichen und tierischen Ursprungs, die durch Biosynthese entstanden, aber nicht über geologische Prozesse verändert wurden, im Gegensatz zu fossiler Biomasse – Erdöl, Erdgas und Kohle.[11]

Biomasse entsteht durch **Photosynthese**, die Erzeugung kann durch folgende allgemeine Gleichung dargestellt werden:

$$H_2O + CO_2 + Hilfsstoffe + \Delta E \rightarrow C_kH_mO_n + H_2O + O_2 + Stoffwechselprodukte$$

Durch die Energie ΔE des sichtbaren Sonnenlichts kann Wasser (H_2O) mit Hilfe der Sonnenstrahlung über Farbstoffe wie Chlorophyll (lichtabsorbierender Farbstoff) gespalten werden. Biomasse ($C_kH_mO_n$) entsteht aus dem Wasserstoff (H) und dem Kohlendioxid (CO_2) der Luft. Bei diesem Vorgang wird Sauerstoff (O_2) freigesetzt.[12]

[10] Vgl. Das Land Steiermark: Grüner Bericht Steiermark 2004/2005, Bericht über die Lage der Land- und Forstwirtschaft in der Steiermark, S. 111.

[11] Vgl. Bohn, T. (Hrsg.): Nutzung regenerativer Energie, Band 13 – Handbuchreihe Energie, Technischer Verlag Resch, Verlag TÜV Rheinland, 1988, S. 399 f.

[12] Vgl. Quaschning, V.: Regenerative Energiesysteme, Technologie – Berechnung – Simulation, 8. aktualisierte und erweiterte Auflage, Hanser Verlag, München, 2013, S. 347.

Bei der Photosynthese können 3 Schritte unterschieden werden:

1. Die elektromagnetische Energie in Form von Licht wird unter Verwendung von Farbstoffen, wie z.B. Chlorophyll, Carotinoide etc., absorbiert.
2. Umwandlung der elektromagnetischen Energie in chemische Energie (Fototrophie = Nutzung von Licht als Energiequelle durch Lebewesen).
3. Die chemische Energie wird zur Synthese energiereicher organischer Verbindungen verwendet.

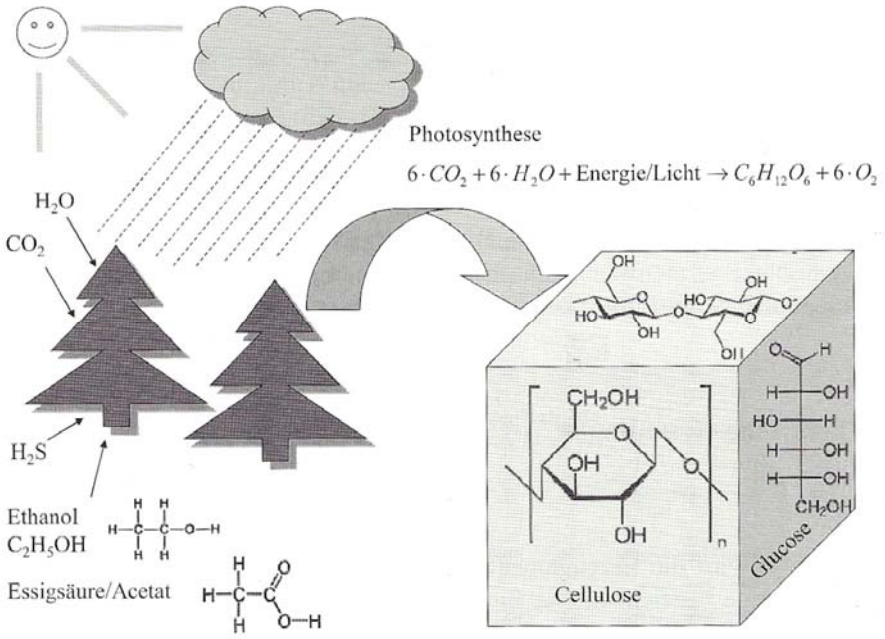


Abbildung 7: Biomassebildung durch Photosynthese

Quelle: Watter, H.: Regenerative Energiesysteme, Systemtechnik und Beispiele nachhaltiger Energiesysteme aus der Praxis, 3. Auflage, Springer Vieweg, Wiesbaden, 2013, S. 151 f.

Biomasse kann auf verschiedenste Weise energetisch genutzt werden. Es kann aber nur so viel CO_2 freigesetzt werden, wie die Pflanze zuvor aufgenommen hat, daher handelt es sich um eine klimaneutrale (CO_2-neutrale) erneuerbare Energiequelle.[13]

[13] Vgl. Watter, H.: Regenerative Energiesysteme, Systemtechnik und Beispiele nachhaltiger Energiesysteme aus der Praxis, 3. Auflage, Springer Vieweg, Wiesbaden, 2013, S. 151 f.

Für den Vergleich der Biomasseproduktion mit anderen technischen Energieumwandlungen wurde für verschiedene Pflanzen ein **Wirkungsgrad** ermittelt. Dieser gibt den Anteil der Sonnenenergie an, der in Biomasse umgesetzt werden kann. Der durchschnittliche Wirkungsgrad der gesamten Biomasseproduktion beträgt etwa 0,14 %.[14]

Biomasse	Wirkungsgrad (%)	Biomasse	Wirkungsgrad (%)
Ozeane	0,07	Mais	3,20
Grasland	0,30	Zuckerrohr	4,80
Wälder	0,55	Zuckerrüben	5,40

Tabelle 1: Wirkungsgrade bei der Produktion von Biomasse

Quelle: In Anlehnung an Quaschning, V.: Regenerative Energiesysteme, Technologie – Berechnung – Simulation, 8. aktualisierte und erweiterte Auflage, Hanser Verlag, München, 2013, S. 347.

Den höchsten Wirkungsgrad erzielen sogenannte C_4-Pflanzen, diese zeichnen sich durch eine sehr schnelle Photosynthese aus und können somit die Sonnenenergie besonders effizient nutzen. Zu den meist aus subtropischen Gebieten stammenden C_4-Pflanzen zählen u.a. Mais, Zuckerrohr und Hirse. Die meisten einheimischen europäischen Kulturpflanzen stellen sogenannte C_3-Pflanzen dar, die als erstes Photosynthese-Produkt eine Verbindung bilden, die drei C-Atome enthält. C_4-Pflanzen können im Vergleich zu den C_3-Pflanzen mehr CO_2 assimilieren und erreichen damit einen höheren Nutzeffekt der Photosynthese.[15]

[14] Vgl. Quaschning, V.: Regenerative Energiesysteme, Technologie – Berechnung – Simulation, 8. aktualisierte und erweiterte Auflage, Hanser Verlag, München, 2013, S. 347.

[15] Vgl. Ebenda, S. 348.

Der Wirkungsgrad berechnet sich wie folgt: Heizwert H_u (siehe Tabelle 2) der auf einer bestimmten Fläche über einen bestimmten Zeitraum hinzugekommenen Biomasse dividiert durch die über den Zeitraum auf dieser Fläche eingetroffene Sonnenenergie.

Unter dem **Heizwert H_u** versteht man die bei einer Verbrennung max. nutzbare Wärmemenge, bei der es nicht zu einer Kondensation des im Abgas enthaltenen Wasserdampfes kommt. Er entspricht somit der Verbrennungswärme, die bei vollständiger Verbrennung frei wird.[16]

Brennstoff (wasserfrei)	**Heizwert H_u (MJ/kg)**	**Brennstoff (wasserfrei)**	**Heizwert H_u (MJ/kg)**
Stroh (Weizen)	17,3	Rapsöl	37,6
Holz ohne Rinde	18,5	Ethanol	26,7
Olivenkerne	18,0	Methanol	19,7
Sonnenblumenschalen	17,9	Benzin (zum Vergleich)	43,9

Tabelle 2: Heizwerte verschiedener Brenn- und Kraftstoffe aus Biomasse

Quelle: In Anlehnung an Quaschning, V.: Regenerative Energiesysteme, Technologie – Berechnung – Simulation, 8. aktualisierte und erweiterte Auflage, Hanser Verlag, München, 2013, S. 348.

Der Mensch nutzt rund 4 % der weltweit neu entstehenden Biomasse, dabei gehen 2 % in die Nahrungs- und Futtermittelproduktion, 1 % endet als Holzprodukt, Papier- oder Faserstoff und rund 1 % wird in Form von Brennholz genutzt und deckt damit ca. 1/10 des weltweiten Primärenergiebedarfs.

[16] Vgl. Quaschning, V.: Regenerative Energiesysteme, Technologie – Berechnung – Simulation, 8. aktualisierte und erweiterte Auflage, Hanser Verlag, München, 2013, S. 348.

In Österreich wird bis zu 15 % Biomasse in überwiegender Form von Holz genutzt.[17]

Die Möglichkeiten der Biomassenutzung sind sehr vielfältig, die größten Potenziale bieten sich bei der Nutzung von Holz- und Holzprodukten. Aber auch Reststoffe aus der Land- und Forstwirtschaft sowie biogene Abfälle sind von großer Bedeutung. Es werden auch spezielle Energiepflanzen angebaut, da diese aber um die Ackerflächen zur Nahrungsmittelproduktion konkurrieren, ist ihr Anbau nicht unumstritten.

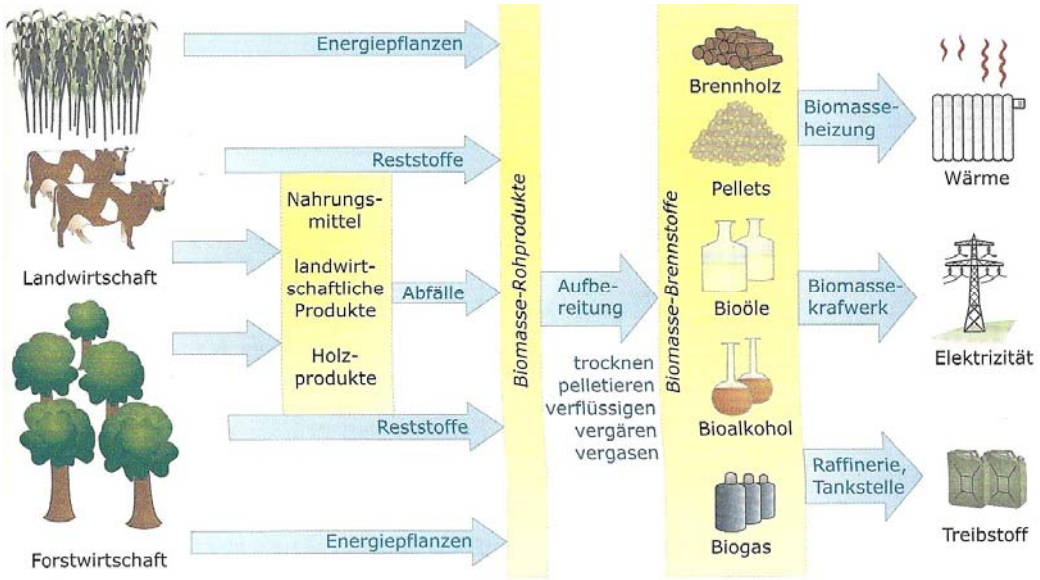


Abbildung 8: Möglichkeiten der Biomassenutzung

Quelle: Quaschning, V.: Regenerative Energiesysteme, Technologie – Berechnung – Simulation, 8. aktualisierte und erweiterte Auflage, Hanser Verlag, München, 2013, S. 349.

Um gut nutzbare Biomassebrennstoffe zu gewinnen, ist die Aufbereitung von größter Bedeutung. Die in der Abbildung 8 dargestellten Biomasserohstoffe werden beispielsweise getrocknet, gepresst, zu Alkohol vergoren, zu Biogas umgewandelt, pelletiert oder in chemischen Anlagen zu Treibstoffen verarbeitet.[18]

[17] Vgl. http://www.biomasseverband.at/bioenergie/was-ist-biomasse-und-bioenergie/, verfügbar am 17.02.2014.

[18] Vgl. Quaschning, V.: Regenerative Energiesysteme, Technologie – Berechnung – Simulation, 8. aktualisierte und erweiterte Auflage, Hanser Verlag, München, 2013, S. 349.

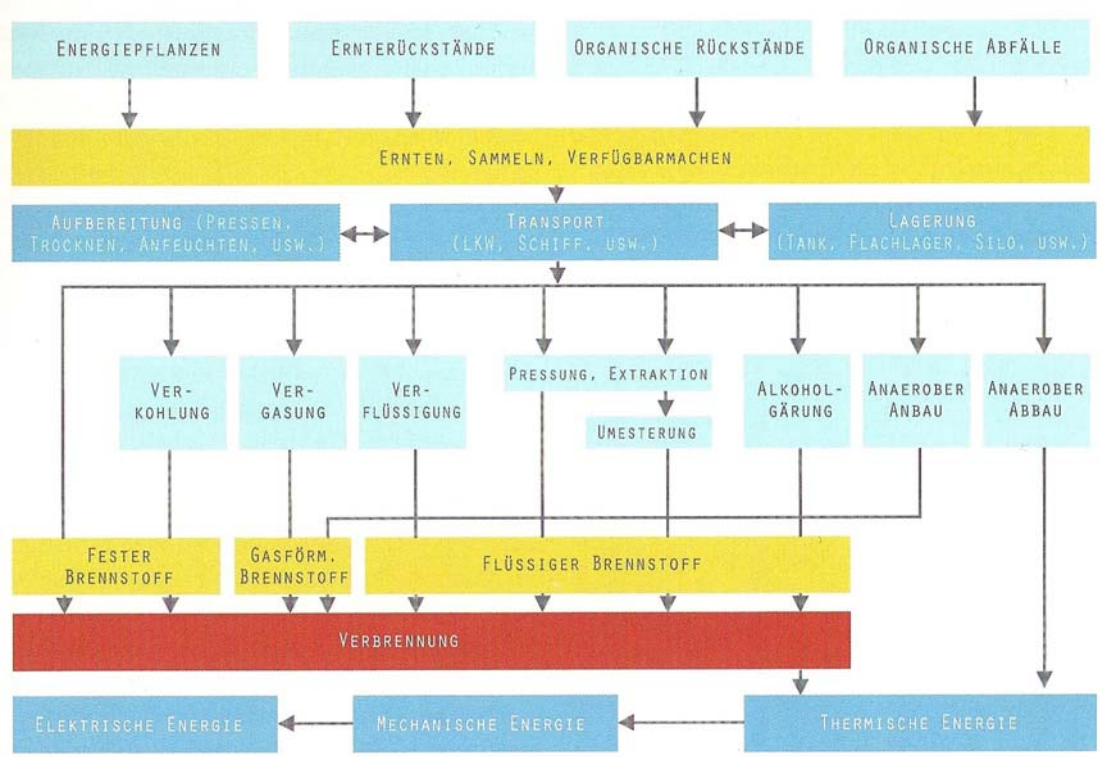


Abbildung 9: Energiegewinnung aus Biomasse

Quelle: Dannenberg, M., Duracak, A.: Energien der Zukunft – Sonne, Wind, Wasser, Biomasse, Geothermie, Primus Verlag, Darmstadt, 2012, S. 119.

Bei den **Umwandlungsverfahren** wird insbesondere unterschieden zwischen:

- **thermochemische Umwandlung** durch Verkokung, Vergasung oder Pyrolyse
- **physikalisch-chemische Umwandlung** durch Pressung oder Extraktion
- **biochemische Umwandlung** in Form von Alkoholgärung und Kompostierung[19]

Faktisch gesehen, besitzen Biomasseenergieträger das gleiche Einsatzspektrum wie die fossilen Brennstoffe Erdöl, Erdgas und Kohle. Um den Wärmebedarf zu decken, gibt es Biomasseheizungen, Biomassekraftwerke können aus Biobrennstoffen Elektrizität erzeugen, und Autos können mit Biotreibstoffen betankt werden.[20]

[19] Vgl. Dannenberg, M., Duracak, A.: Energien der Zukunft – Sonne, Wind, Wasser, Biomasse, Geothermie, Primus Verlag, Darmstadt, 2012, S. 119.

[20] http://www.vde.com/de/fg/ETG/Arbeitsgebiete/V1/PublishingImages/Biomasse/Biomasse_Bild2.jpg, verfügbar am 22.02.2014.

2.2 Arten von Bioenergieträgern

Biomasse kann direkt oder nach spezifischer Aufarbeitung in Form von festen, flüssigen und gasförmigen Brennstoffen verwendet werden. Zur spezifischen Aufarbeitung zählen die thermochemische, die physikalisch-chemische oder die biochemische Umwandlung.

- **Biogene Festbrennstoffe**: holzartige und halmgutartige Brennstoffe.
- **Flüssige Brennstoffe**: Pflanzenöle, zucker- und stärkehaltige Pflanzen können in Ethanol umgewandelt werden.
- **Gasförmige Brennstoffe**: Vergärung von tierischen und pflanzlichen Reststoffen und Abfällen.[21]

2.2.1 Feste Bioenergieträger

Fast 70 % des inländischen Energieverbrauches basiert auf **fester Biomasse**. Hierzu zählen Holzrohstoffe wie z.B. Holzpellets, Scheitholz, Hackschnitzen und Holzbriketts.

Der Heizwert hängt hauptsächlich vom Wassergehalt des Holzes ab. Der typische Wassergehalt von frischer holzartiger Biomasse liegt bei 40-60 %.[22]

Um den Gehalt auf 12-20 % zu senken, ist eine ausreichende Trocknungszeit an der Luft (bis zu 2 Jahre) erforderlich. Bei technisch getrockneten Bioenergieprodukten, wie Holzpellets oder Briketts, liegt der Wassergehalt bei < 10 %.[23]

---

[21] Vgl. Hirschl, B. et al.: Markt- und Kostenentwicklung erneuerbarer Energien, 2 Jahre EEG – Bilanz und Ausblick, Band A 151, Erich Schmidt Verlag, Berlin, 2002, S. 55.

[22] Vgl. Das Land Steiermark: Grüner Bericht Steiermark 2004/2005, Bericht über die Lage der Land- und Forstwirtschaft in der Steiermark, S. 112.

[23] Vgl. Kaltschmitt, M., Streicher, W. (Hrsg.): Regenerative Energien in Österreich – Grundlagen, Systemtechnik, Umweltaspekte, Kostenanalyse, Potenziale, Nutzung, 1. Auflage, Vieweg+Teubner Verlag, Wiesbaden, 2009, S. 353.

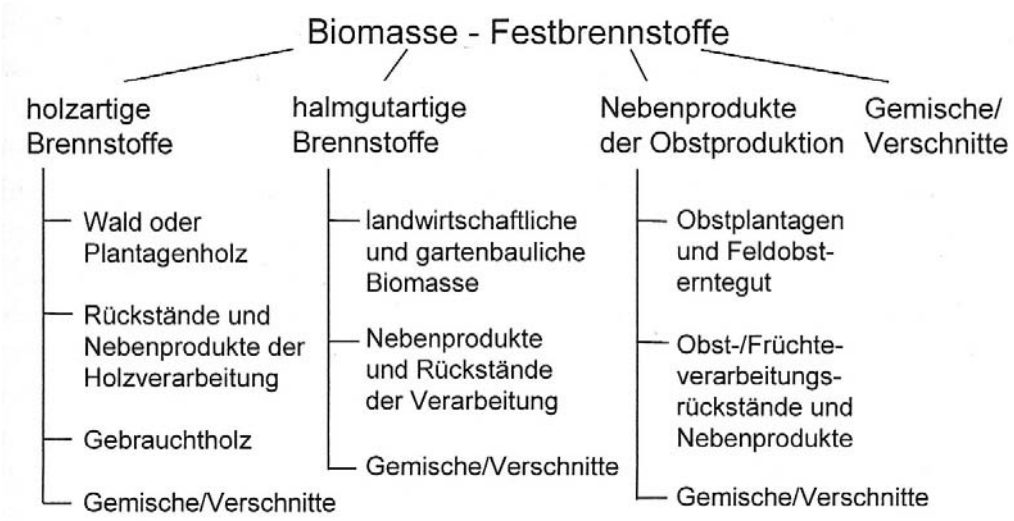


Abbildung 10: Klassifikation biogener Festbrennstoffe

Quelle: Kaltschmitt, M., Streicher, W. (Hrsg.): Regenerative Energien in Österreich – Grundlagen, Systemtechnik, Umweltaspekte, Kostenanalyse, Potenziale, Nutzung, 1. Auflage, Vieweg+Teubner Verlag, Wiesbaden, 2009, S. 353.

2.2.2 Flüssige Bioenergieträger

Sie dienen hauptsächlich als Ersatz für fossile Brennstoffe wie Heizöl, Diesel oder Benzin. Zum Einsatz kommen hierbei:

- Pflanzenöle (v.a. Rapsöl, Sojaöl, Palmöl)
- Fettsäuremethylester (FME) bzw. Biodiesel
- Bioalkohole, wie z.B. Bioethanol
- BtL-Treibstoffe (Biomass-to-Liquid)

Der am einfachsten herzustellende Biotreibstoff ist **Pflanzenöl**. Es kommen über 1000 verschiedene Ölpflanzen infrage. Am häufigsten verwendet man jedoch Raps-, Soja- und Palmöl.[24]

[24] Vgl. Quaschning, V.: Regenerative Energiesysteme, Technologie – Berechnung – Simulation, 8. aktualisierte und erweiterte Auflage, Hanser Verlag, München, 2013, S. 353 ff.

2.2.2.1 Biokraftstoffarten

Unter den Begriff Biokraftstoffe entsprechend der Kraftstoffverordnung[25], fallen in Österreich folgende Erzeugnisse:

- Bioethanol sowie Biomethanol
- Biomethan
- Fettsäuremethylester (FME) bzw. Biodiesel
- Biodimethylether
- Bio-ETBE (Ethyl-tert-butylether) sowie Bio-MTBE (Methyl-tert-butylether)
- Bio-Wasserstoff
- Synthetische Biokraftstoffe
- Reines Pflanzenöl
- Superethanol E85
- Hydrierte pflanzliche oder tierische Öle“
  (Hydrotreated vegetable oil – HVO)

Den Eigenschaften von herkömmlichen Dieselkraftstoffen kommt **Biodiesel** deutlich näher als reine Pflanzenöle. Der Rohstoff sind Pflanzenöle oder tierische Fette, chemisch gesehen, handelt es sich bei Biodiesel um Fettsäuremethylester (FME oder engl. FAME = Fatty Acid Methyl Ester). In Österreich werden in erster Linie Raps und Sonnenblumen als Ausgangsmaterialien herangezogen. Laut Angaben der „ARGE Biokraft“ waren im Jahr 2012 in Österreich 12 Biodieselanlagen in Betrieb, die rund 265.000 t produziert haben.[26]

---

[25] Vgl. Kraftstoffverordnung (VO Nr. 418/1999 i.d.F. 417/2004): Verordnung des Bundesministers für Umwelt, Jugend und Familie über die Festlegung der Qualität von Kraftstoffen.

[26] Vgl. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft: Biokraftstoffbericht 2013 – Daten zu Biokraftstoffen in Österreich für das Berichtsjahr 2012, Juni 2013, S.13 f.

Alternativ kann Biodiesel auch aus Altspeiseöl erzeugt werden (AME = Altspeiseölmethylester). Einige österreichische Anlagen können diesen Rohstoff zu Treibstoff verarbeiten (Multi-Feedstock-Technologie).

Im Vergleich zum Jahr 2011 reduzierte sich die Produktionsmenge um etwa 14 %, durch die gleichzeitige Erhöhung der Exportmenge kam es 2012 zu einem verminderten innerstaatlichen Absatz.[27]

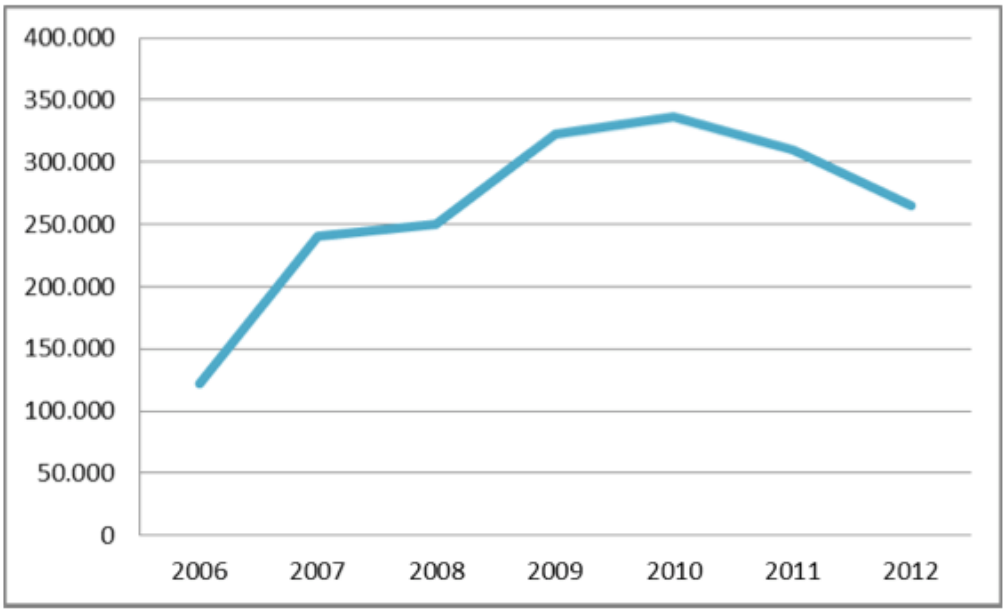
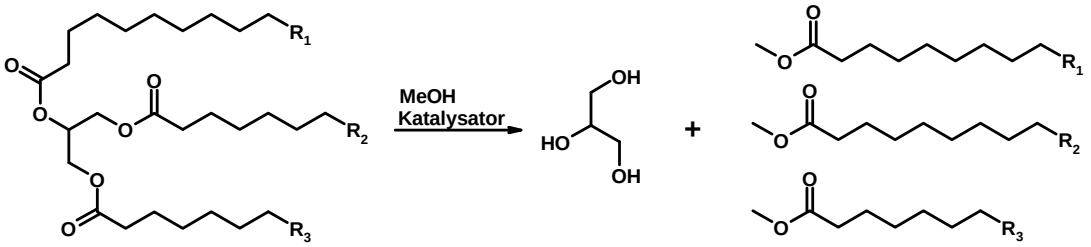


Abbildung 11: Verlauf der Biodieselproduktion in Österreich (Angabe in Tonnen)

Quelle: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft: Biokraftstoffbericht 2013 – Daten zu Biokraftstoffen in Österreich für das Berichtsjahr 2012, Juni 2013, S.14.

[27] Vgl. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft: Biokraftstoffbericht 2013 – Daten zu Biokraftstoffen in Österreich für das Berichtsjahr 2012, Juni 2013, S.14.



Formel 1: Herstellung von Biodiesel

Quelle: Eigene Darstellung

Bioalkohole wie z.B **Bioethanol** eigenen sich für die Herstellung von Biokraftstoffen für Benzinmotoren. Hergestellt wird Bioethanol aus Zucker bzw. Glucose oder Stärke und Zellulose. Als Rohstoffe werden u.a. Zuckerrüben, Mais oder Kartoffeln eingesetzt.

Abbildung 12: Herstellung von Bioethanol

Quelle: http://www.brasafire.de/tiny/Bioethanol_Grafik.jpg, verfügbar am 27.02.2014.

Die erste großindustrielle Anlage zur Herstellung von Bioethanol in Österreich wurde im Herbst 2007 in Pischelsdorf (NÖ) fertiggestellt. Die Anlagenkapazität 2009 liegt nach einer Erweiterung bei etwa 190.000 Jahrestonnen. Jährlich werden bis zu 620.000 t Getreide, vor allem Mais und Weizen, zu Kraftstoff verarbeitet.

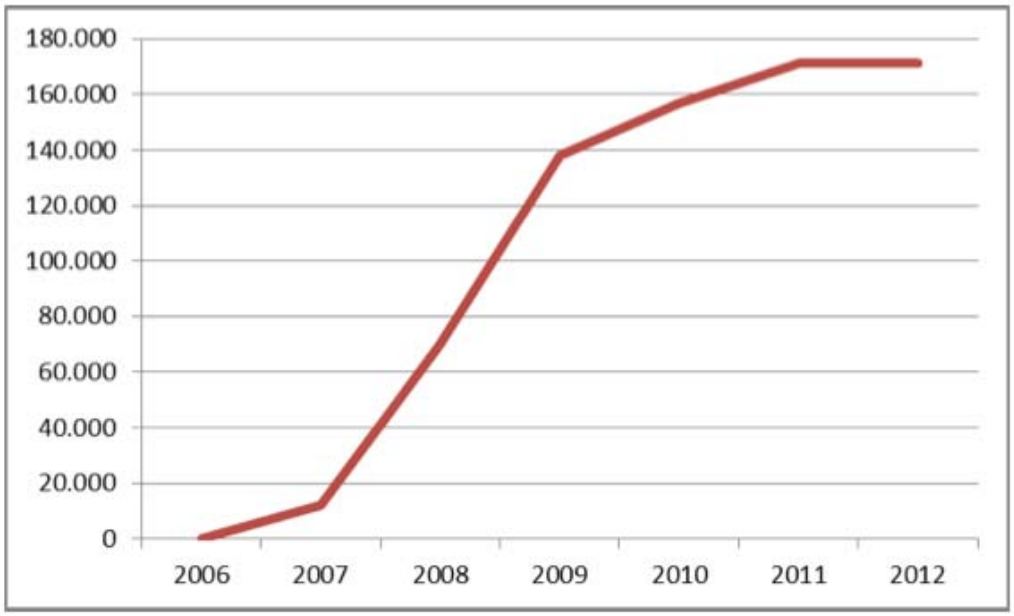


Abbildung 13: Verlauf der Bioethanolproduktion in Österreich (Angabe in Tonnen)

Quelle: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft: Biokraftstoffbericht 2013 – Daten zu Biokraftstoffen in Österreich für das Berichtsjahr 2012, Juni 2013, S. 15.

Bei der Verwendung von reinem Pflanzenöl, Biodiesel oder Bioethanol lassen sich nur öl-, zucker- oder stärkehaltige Teile von Pflanzen zur Treibstoffgewinnung nutzen, diesen Nachteil soll die 2. Generation der Biotreibstoffe, die sogenannten **Biomass-to-Liquid (BtL)-Brennstoffe,** überwinden. Die Abkürzung BtL beschreibt die synthetische Herstellung von Biotreibstoffen.[28]

[28] Vgl. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft: Biokraftstoffbericht 2013 – Daten zu Biokraftstoffen in Österreich für das Berichtsjahr 2012, Juni 2013, S. 15.

Die Herstellung ist (sehr) komplex, wie der nachfolgende Abbildung zu entnehmen ist.

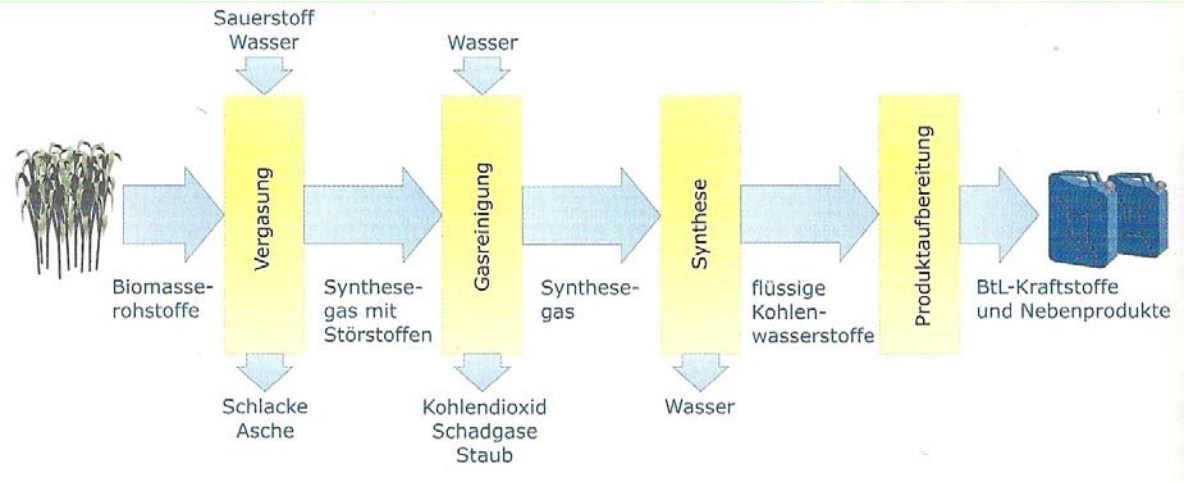


Abbildung 14: Verfahrensschema zur Herstellung von BtL-Kraftstoffen

Quelle: Quaschning, V.: Regenerative Energiesysteme, Technologie – Berechnung – Simulation, 8. aktualisierte und erweiterte Auflage, Hanser Verlag, München, 2013, S. 356.

Bislang haben diese Kraftstoffe noch nicht die volle Serienreife erlangt, derzeit wird mit Hilfe von Prototypanlagen an der Herstellung gefeilt. Der große Vorteil der BtL-Kraftstoffe ist, dass sie direkt herkömmliche Kraftstoffe ohne Motoranpassung ersetzen können. Doch durch die aufwändige Herstellung sind sie vergleichsweise (sehr) teuer.[29]

[29] Vgl. Quaschning, V.: Regenerative Energiesysteme, Technologie – Berechnung – Simulation, 8. aktualisierte und erweiterte Auflage, Hanser Verlag, München, 2013, S. 356.

2.2.3 Gasförmige Bioenergieträger

Als **gasförmige Biomasse** nimmt **Biogas** eine entscheidende Rolle als Energieträger ein. Durch anaerobe Fermentation (= unter Sauerstoff-Ausschluss) kann in landwirtschaftlichen Biogasanlagen mit Hilfe von organischen Reststoffen Biogas erzeugt werden. Ausgangsstoffe hierfür sind unter anderem Gülle aus Tierhaltung, Schlachtereiabfälle, Rasenschnitte etc.

Biogas besteht je nach Rohstoffbasis aus 40-75 % Methan (CH_4) und 25-55 % Kohlenstoffdioxid (CO_2). Weitere Bestandteile sind Sauerstoff (O_2), Stickstoff (N_2) , Schwefelwasserstoff (H_2S), Ammoniak (NH_3) und Spurengase. Wegen des Schwefelwasserstoffgehaltes riecht Biogas nach faulen Eiern. Man kann es sowohl thermisch als auch elektrisch nutzen. Biogas kann auch in Kläranlagen (= Klärgas) und Mülldeponien (=Deponiegas) gewonnen werden.[30]

Einen besonders hohen Ertrag erzielt man mit Mais- (202 m^3/t) oder Grassilage (172 m^3/t), die auch in der Tierfütterung eingesetzt werden. In Blockheizkraftwerken (BHKW) wird aus Biogas Strom und Wärme erzeugt.[31]

[30] Vgl. Wagner, H. J., Wiegandt, K. (Hrsg.): Was sind die Energien des 21. Jahrhunderts? – Der Wettlauf um die Lagerstätten, Fischer Taschenbuch Verlag, 2. Auflage, Frankfurt am Main, 2007, S. 218 f.

[31] Vgl. Quaschning, V.: Regenerative Energiesysteme, Technologie – Berechnung – Simulation, 8. aktualisierte und erweiterte Auflage, Hanser Verlag, München, 2013, S. 357.

	Biogasertrag (m^3/t)	Methangehalt (%)		Biogasertrag (m^3/t)	Methangehalt (%)
Bioabfall	100	61	Futterrübe	111	51
Hühnermist	80	60	Maissilage	202	52
Schweinemist	60	60	Grassilage	172	54
Schweingülle	28	65	Zuckerhirse	108	54

Tabelle 3: Biogaserträge und Methangehalt verschiedener Biomasserohstoffe

Quelle: In Anlehnung an Quaschning, V.: Regenerative Energiesysteme, Technologie – Berechnung – Simulation, 8. aktualisierte und erweiterte Auflage, Hanser Verlag, München, 2013, S. 357.

Aus Biogas kann ebenfalls **Synthesegas** erzeugt werden. Hierzu wird in einem ersten Pyrolyseschritt Holz und andere trockene Biomasse bei bis zu 500 °C in Biokoks und teerhaltiges Gas zerlegt. In der zweiten Stufe (= Vergasung) werden Temperaturen bis zu 1600 °C erreicht, und die organischen Verbindungen werden in ein Synthesegas aus Kohlenmonoxid und Wasserstoff umgewandelt. Der große Vorteil ist, dass viele Rohstoffe sowie Müll nutzbar sind. Die Umweltbilanz wird durch den relativ hohen Energiebedarf für die Herstellung und die mäßige Rohstoffausnutzung verschlechtert.[32]

[32] Vgl. Quaschning, V.: Regenerative Energiesysteme, Technologie – Berechnung – Simulation, 8. aktualisierte und erweiterte Auflage, Hanser Verlag, München, 2013, S. 358.

2.2.4 Biogasanlage

Das Ziel einer Biogasanlage besteht darin, organische Substanz unter anaeroben Bedingungen zu einem überwiegend methanhaltigen Gas (= Biogas) abzubauen. Als Nebenprodukt wird Dünger produziert.

Wird das entstandene Gas zur Strom- und Wärmeerzeugung genutzt, so spricht man von Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) und Blockheizkraftwerken (BHKW).

Der Wirkungsgrad bei der Stromerzeugung erreicht etwa 20 %, bei der Wärmeerzeugung 70 %.[33]

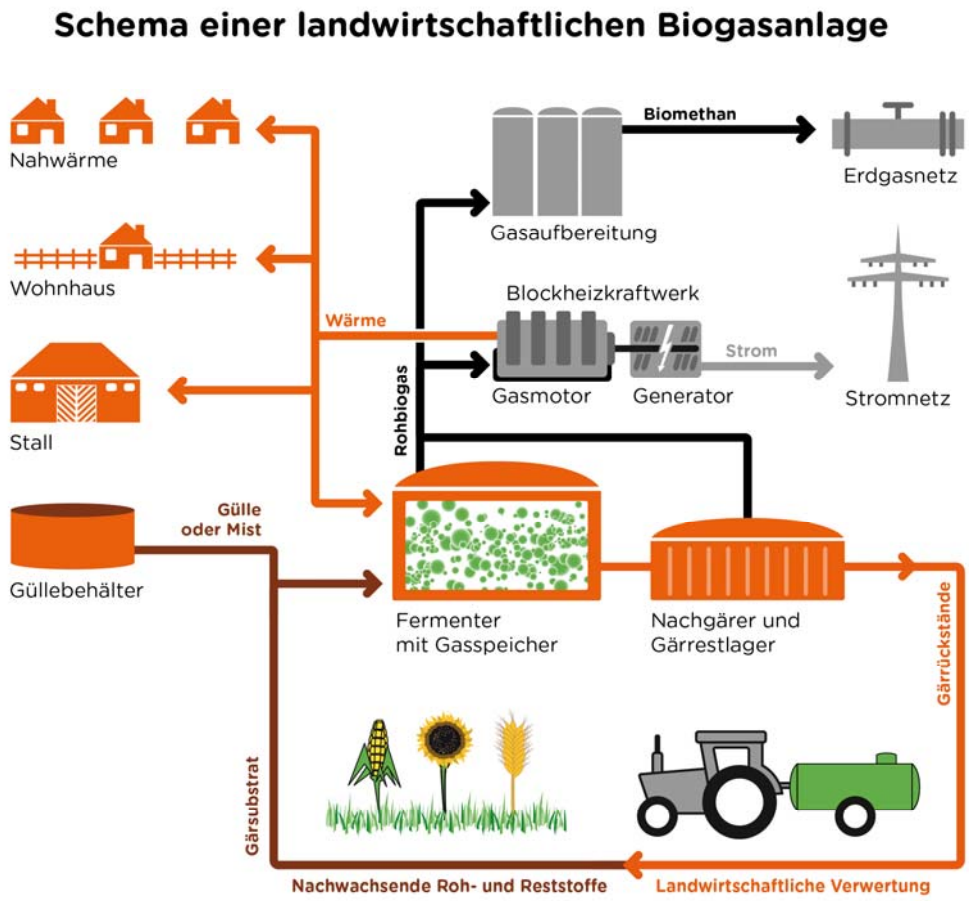


Abbildung 15: Fließbild einer Biogasanlage

Quelle: http://www.stadtwerke-erdgas-plauen.de/images/biogas/Biogas_Schema-einer-landwirtschaftlichen-Biogasanlage.jpg, verfügbar am 24.02.2014.

[33] Vgl. Khartchenko, N. V.: Umweltschonende Energietechnik, 1. Auflage, Vogel Buchverlag, Würzburg, 1997, S. 224.

In den luftdichten Fermenter (= Bioreaktor) werden verschiedene Rohstoffe, z.B. Bioabfall, Gülle, Klärschlamm, eingebracht. Durch anaerobe Gär- und Fäulnisprozesse entsteht **Biogas**, welches je nach Ausgangsstoff aus

- 40-75 % Methan (CH_4)
- 25-55 % Kohlenstoffdioxid (CO_2)
- bis zu 10 % Wasserdampf (H_2O) und
- geringen Anteilen an Stickstoff (N_2), Sauerstoff (O_2), Wasserstoff (H_2) und Schwefelwasserstoff (H_2S), besteht.[34]

Am Prozess der Biogasbildung sind zahlreiche Arten von anaeroben Mikroorganismen beteiligt, daher können nahezu alle organischen Stoffe durch Verfaulen abgebaut werden. Das Mengenverhältnis der Mikroorganismen zueinander kann beeinflusst werden durch die Ausgangsstoffe, den pH-Wert und die Temperatur. Da die Umwandlung in Biogas bei ca. 35 °C stattfindet, spricht man von mesophilen Bakterien. Für eine erfolgreiche Methanbildung gibt es jedoch eine Voraussetzung, der Wasseranteil im Ausgangssubstrat sollte mind. 50 % betragen.[35]

Die **Biogasproduktion** läuft in vier parallel bzw. nacheinander ablaufenden und ineinandergreifenden biochemischen Prozessen ab:

1. **Hydrolyse**
   Unter Hydrolyse versteht man die Spaltung einer chemischen Reaktion mit Wasser. Durch diese Reaktion werden viele Biomoleküle (Proteine, Fette) im Stoffwechsel durch Enzyme in ihre Bausteine (Monomere) zerlegt. Die Biopolymere werden in monomere Grundbausteine oder andere lösliche Abbauprodukte zerlegt.

[34] Vgl. Amon, T. et al.: Biogas – Strom und Gülle aus Biomasse, Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster, 2002, S. 16 ff.

[35] Vgl. Quaschning, V.: Regenerative Energiesysteme, Technologie – Berechnung – Simulation, 8. aktualisierte und erweiterte Auflage, Hanser Verlag, München, 2013, S. 196 f.

Fette werden in Fettsäuren, Kohlenhydrate wie z.B. Polysaccharide in Mono- oder Oligosaccharide und Proteine werden in Peptide bzw. Aminosäuren zerlegt. Aufgrund der Komplexität des Ausgangsmaterials ist dieser Reaktionsschritt geschwindigkeitsbestimmend.

2. **Versäuerung (Acidogenese)**

   Die Acidogenese findet zeitgleich mit der Hydrolyse statt. Aus den monomeren Zwischenprodukten werden einerseits Fett-/Carbonsäuren, wie z.B. Propion- und Buttersäure, und andererseits Alkohole, wie z.B. Ethanol, umgesetzt.[36]

3. **Essigsäurebildung (Acetogenese)**

   Durch weitere biochemische Umsetzungen werden die Fett-/Carbonsäuren und Alkohole hauptsächlich zu Essigsäure und Wasserstoff umgewandelt.

4. **Methanbildung (Methanogenese)**

   Die Essigsäure wird durch methanbildende Organismen umgewandelt, über diesen Weg entstehen ca. 70 % des gesamten Methans.

$$CH_3COOH \rightarrow CO_2 + CH_4$$

   Die übrigen 30 % entstehen aus Wasserstoff und CO_2 nach folgender chemischer Gleichung:[37]

$$CO_2 + 4\,H_2 \rightarrow CH_4 + 2\,H_2$$

[36] Vgl. Görisch, U., Helm, M. (Hrsg.): Biogasanlagen – Planung, Errichtung und Betrieb von landwirtschaftlichen und industriellen Biogasanlagen, 2. Auflage, Eugen Ulmer KG, Stuttgart, 2007, S. 27 f.

[37] Vgl. Eder, B., Schulz, H.: Biogas Praxis – Grundlagen, Planung, Anlagenbau, Beispiele, Wirtschaftlichkeit, 3. Auflage, ökobuch Verlag, Staufen bei Freiburg, 2006, S.19 ff.

Die nachfolgende Abbildung visualisiert die Phasen der Vergärung:

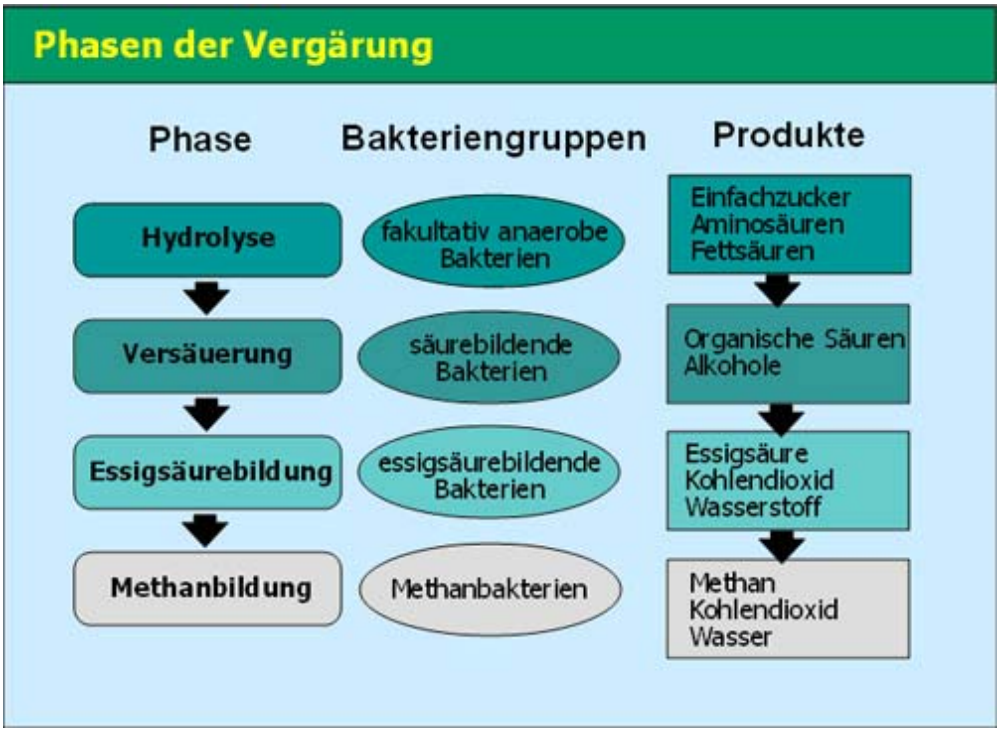


Abbildung 16: Die 4 Stufen des Biogasprozesses

Quelle: http://www.abfallwirtschaft.steiermark.at/cms/bilder/148538/80/0/0/1e036f8a/Verg%C3%A4rungsprozess_500.jpg, verfügbar am 27.02.2014.

Im Jahr 2012 gab es in Österreich 325 Biogasanlagen mit einer Gesamtleistung von 105,4 MW. Über ein Drittel befindet sich in Niederösterreich (Leistung: rund 40 MW).

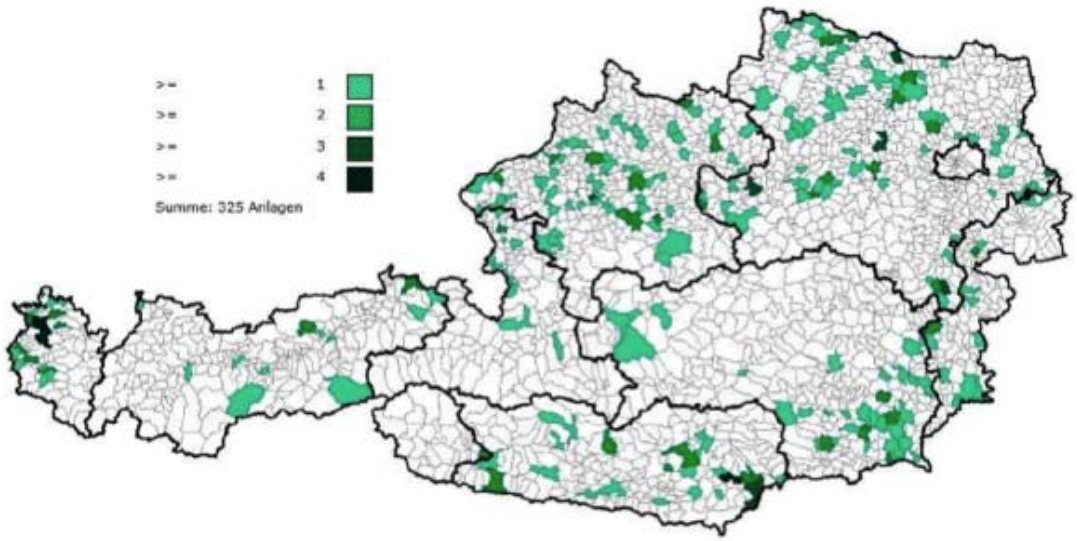


Abbildung 17: Biogasanlagen in Österreich (2012)

Quelle: http://www.e-control.at/portal/page/portal/medienbibliothek/oeko-energie/dokumente/pdfs/Oekostrombericht%202012_Finale%20Version_03122012.pdf, verfügbar am 27.02.2014.

2.2.4.1 Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)

Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen sind Energieumwandlungsanlagen, die gleichzeitig Strom und Wärme erzeugen.

Je nach Anlagenart können u.a. folgende Energieträger eingesetzt werden, Bio-, Klär- und Deponiegas, Pflanzenöl, Bioethanol und Siedlungsabfälle.

Hierzu wird das Gasgemisch getrocknet, um den Wasseranteil im Biogas zu reduzieren. Durch das Einblasen von einer kleinen Menge Frischluft wird das Gemisch entschwefelt, bevor es einem Gasmotor zugeführt werden kann, der einen Generator antreibt.

Der produzierte Strom wird in das Netz eingespeist, und die im Abgas sowie im Motorkühlwasser enthaltene Wärme wird in einem Wärmeüberträger zurückgewonnen. Um den Fermenter zu beheizen, wird ein Teil der gewonnenen Wärme eingesetzt. Überschüssige Wärme kann zur Beheizung von Gebäuden oder zum Trocknen der Ernte verwendet werden. Typische Einsatzgebiete sind u.a. Kranken- und Mehrfamilienhäuser sowie Industrie- und Gewerbebetriebe.[38]

[38] Vgl. Watter, H.: Regenerative Energiesysteme, Systemtechnik und Beispiele nachhaltiger Energiesysteme aus der Praxis, 3. Auflage, Springer Vieweg, Wiesbaden, 2013, S. 207.

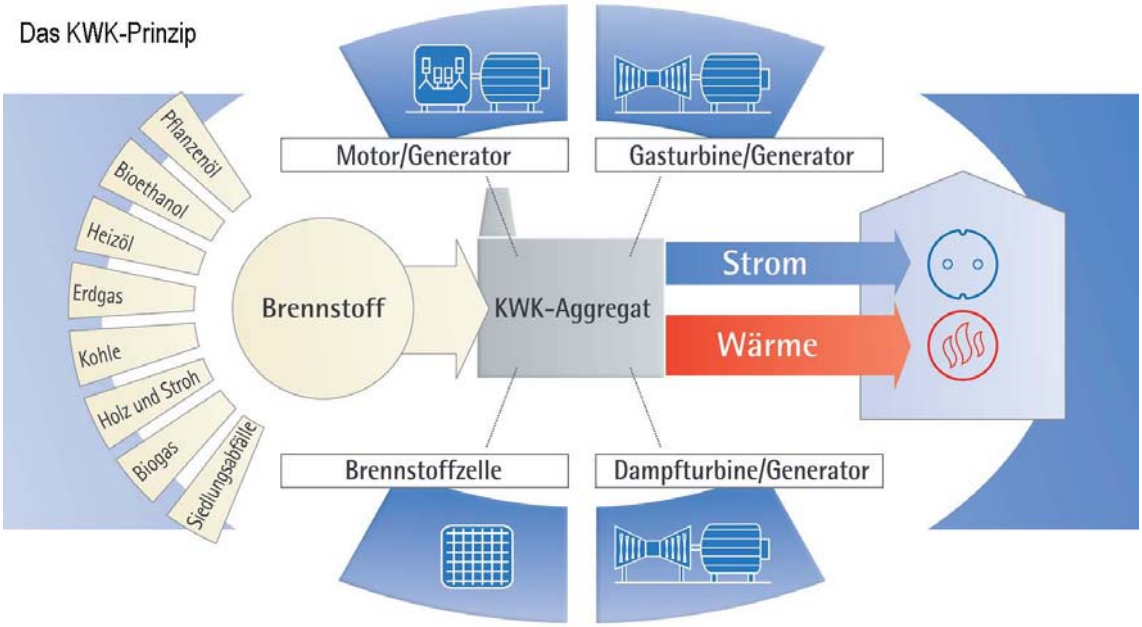


Abbildung 18: Prinzip einer KWK

Quelle: http://www.grazer-ea.at/biomassekwk/upload/fotos/bkwk_kwk_prinzip_deu.jpg, verfügbar am 24.02.2014.

Um KWK-Anlagen wirtschaftlich betreiben zu können, gibt es einige Anforderungen:

- Wärmenachfrage und -angebot müssen räumlich eng beieinander liegen.
- Es sollte möglichst das ganze Jahr über eine Grundlast (= Basis-Wärmenachfrage) vorliegen.
- Während des Betriebes muss sich die Leistung schwankender Nachfrage (= Teillast) anpassen können.
- Für unterschiedliche Leistungsbereiche werden spezifisch abgestimmte Aggregate benötigt.
- Der eingesetzte Brennstoff muss umweltfreundlich sein und einen flexiblen Betrieb zulassen.[39]

[39] Vgl. Milles, U.: Kraft und Wärme koppeln, basisEnergie Nr. 21, BINE Informationsdienst, FIZ Karlsruhe, 2006, S. 1 f.

Es gibt zwei Möglichkeiten, KWK-Anlagen auszulegen, entweder nach dem Strombedarf eines Objekts (stromgeführt) oder nach dem Wärmebedarf (wärmegeführt). Die häufigste Form zur Gebäudeversorgung ist die wärmegeführte Variante, hierbei arbeitet die KWK-Anlage nur bei Wärmenachfrage und produziert nebenbei Strom.

Die Effizienz einer KWK-Anlage kann mit dem **Gesamtnutzungsgrad (η)** beschrieben werden. Es wird der tatsächliche Betriebsverlauf über ein Jahr hinweg abgebildet, Verluste z.B. durch den Teillastbetrieb, werden berücksichtigt.

Im Vergleich zum Gesamtnutzungsgrad gibt es den **Wirkungsgrad**, dieser bezieht sich auf die Summe kurzfristiger Leistungswerte und berücksichtigt die Verluste im Teillastbetrieb nicht. Der Wirkungsgrad ist daher immer höher als der Nutzungsgrad.

Das Verhältnis der Stromgewinnung zur Wärmeerzeugung kann mit der **Stromkennzahl** gemessen werden. Eine hohe Stromkennzahl wird aus wirtschaftlichen Gründen abgestrebt.[40]

2.2.4.2 Mikro-KWK

Eine Möglichkeit zur Energiebereitstellung in Unternehmen sind Mikro-KWK-Anlagen. Von diesen Anlagen spricht man, wenn die elektrische Leistungsgröße gemäß KWK-Richtlinie (2004/8/EG) unter 50 kW liegt.

Der wesentliche Vorteil liegt darin, dass mit nur einer Anlage sowohl thermische als auch elektrische Energie erzeugt werden kann. Es ergibt sich ein geringerer Brennstoffbedarf und damit verbunden eine niedrigere Emissionsrate. Es ergibt sich weiters eine hohe Eigenverbrauchsabdeckung, da in der Regel eine Heizung im Betrieb dann benötigt wird, wenn auch Strombedarf gegeben ist.

[40] Vgl. Milles, U.: Kraft und Wärme koppeln, basisEnergie Nr. 21, BINE Informationsdienst, FIZ Karlsruhe, 2006, S. 3 f.

Im laufenden Betrieb benötigen Biomassefeuerungen eine gewisse Strommenge, beispielsweise für das Zündelement, KWK-Systeme können diese Energie durch die Anlage selbst bereitstellen. Diese Eigenschaft wirkt sich positiv auf die Wirtschaftlichkeit des Gesamtsystems aus. Ein netzunabhängiger Betrieb ist daher möglich.

Stand der Technik ist jedoch, dass bei innovativen Mikro-KWK-Technologien noch Forschungs- und Entwicklungsbedarf besteht. Zu diesen innovativen Technologien zählen hauptsächlich jene, die neben gasförmigen oder flüssigen Brennstoffen auch feste Biomasse als Brennstoff ermöglichen. Mittels eines Stirlingmotors, ORC-Prozesses oder Mikro-Gasturbinen kann die Energieumwandlung erfolgen. Der Einsatz der Stirlingmotor-Technologie hat den großen Vorteil, dass die Verbrennung extern stattfindet und prinzipiell auch feste Brennstoffe eingesetzt werden können. Für den Einsatz im Kleingewerbebereich sowie für den Haushaltssektor ist diese Variante daher bestens geeignet.[41]

2.2.4.3 Blockheizkraftwerk (BHKW)

Die Blockheizkraftwerke werden auch als „kleine KWK“ bezeichnet. Es gibt unterschiedlichste Arten von BHKW, z.B. mit Brennstoffzellen, Mikrogasturbinen oder Sterlingmotoren. Mit diesen Aggregaten können mehr als 85 % der eingesetzten Brennstoffenergie genutzt werden. Es bietet sich ebenso die Möglichkeit, Bioenergie in Form von Biogas oder Holz einzusetzen. Diese Anlagen weisen vergleichsweise günstige Emissionswerte auf und lassen sich mit thermischen Solaranlagen kombiniert betreiben.[42]

[41] Vgl. Green Jobs Austria, Florian Beer (Geschäftsführer): Green Tech Report 2013 – Innovative erneuerbare Energien in Betrieben, Wien, 2013, S. 23.

[42] Vgl. Milles, U.: Kraft und Wärme koppeln, basisEnergie Nr. 21, BINE Informationsdienst, FIZ Karlsruhe, 2006, S. 1 f.

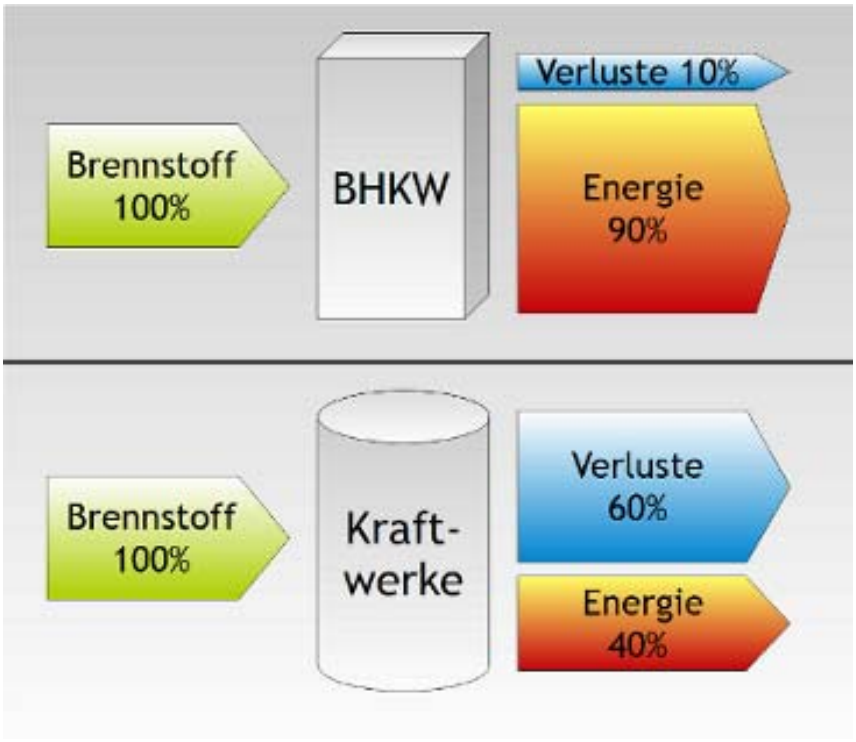


Abbildung 19: BHKW-Energieausbeute im Vergleich zu konventionellen Kraftwerken

Quelle: http://ihrbhkw.de/images/BHKW/BHKW%20Wirkungsgrad%20im%20Vergleich%20zu%20Kraftwerken.png, verfügbar am 11.03.2014.

2.2.4.4 BHKW mit Stirlingmotor

Der Stirlingmotor nutzt die Eigenschaft von Luft und Gasen, die sich beim Erwärmen ausdehnen und beim Abkühlen ihr Volumen wieder verringern.

In einem geschlossenen Zylinder mit einem Kolben befindet sich das Gas (z.B. Luft oder Helium), das von einer äußeren Wärmequelle an einem Ende erwärmt wird, das Gas dehnt sich dabei aus.

Am anderen Ende wird das Gas abgekühlt und verliert an Volumen, durch diesen Vorgang bewegt sich der Kolben. Die Bewegung des Kolbens wird auf eine Welle übertragen, die wiederum einen Generator zur Stromerzeugung antreibt.[43]

[43] Vgl. Milles, U.: Kraft und Wärme koppeln, basisEnergie Nr. 21, BINE Informationsdienst, FIZ Karlsruhe, 2006, S. 4 f.

Äußere Wärme wird beim Stirlingmotor in Energie umgewandelt, hierzu arbeiten sie mit 2 Zylindern. Es kann mit fast allen Wärmequellen gearbeitet werden, das ist ein entscheidender Vorteil dieser Variante. Abwärme aus industriellen Prozessen, Biomasse und auch Heizöl kommen in Frage.

Die Verbrennungsgase kommen mit dem Motorinneren nicht in Berührung, hierdurch ist der Motor sehr wartungsarm und leise. Er sollte jedoch kontinuierlich betrieben werden, d.h., möglichst selten An- und Ausschaltprozesse durchlaufen. Die Schadstoffemissionen fallen vergleichsweise niedrig aus.

Je größer die Temperaturdifferenz zwischen der warmen und kalten Seite ist, desto höher ist der Wirkungsgrad. Der ideale Stirlingprozess erbringt höhere Wirkungsgrade als z.B. Otto- oder Dieselmotoren.

Der elektrische Wirkungsgrad liegt bei 10-30 %, abhängig von der Temperaturdifferenz. Der Gesamtwirkungsgrad erreicht Werte zwischen 90-100 %.[44]

[44] Vgl. Milles, U.: Kraft und Wärme koppeln, basisEnergie Nr. 21, BINE Informationsdienst, FIZ Karlsruhe, 2006, S. 5.

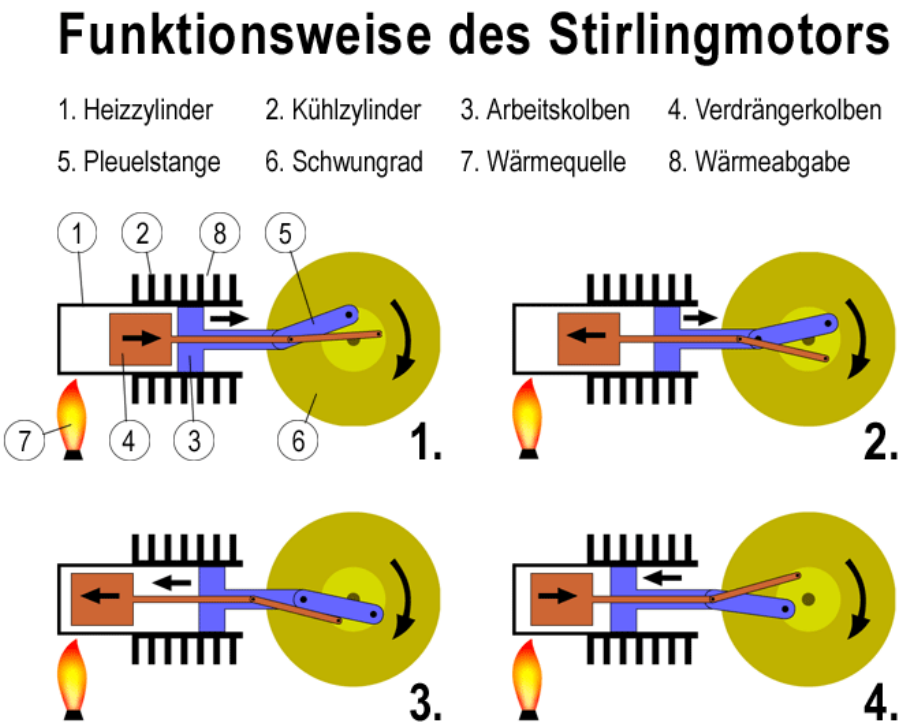


Abbildung 20: Funktionsweise eines Stirlingmotors

Quelle: http://www.energiesparen-im-haushalt.de/uploads/pics/stirling.gif/, verfügbar am 11.03.2014.

2.3 Energetische Nutzung

Energetisch wird die von Biomasse gespeicherte Sonnenenergie in vielfältiger Form genutzt, so z.B. zur Wärmeproduktion, zur Herstellung von Biokraftstoffen oder auch zur Stromerzeugung. Derzeit werden etwa 13 % des österreichischen Bruttoinlandsenergieverbrauchs mit Biomasse abgedeckt. Hierbei spielt das Heizen mit Holz eine tragende Rolle, angefangen bei automatischen Kleinfeuerungen über Kachelöfen bis hin zu Heizwerken.

Mehr als zwei Drittel der Biomasse werden zur Erzeugung von Raumwärme genutzt. Darüber hinaus kann die entstehende Wärme bei der Verbrennung zur Dampferzeugung und folglich zur Stromerzeugung durch eine Turbine verwendet werden.[45]

[45] Vgl. http://www.e-control.at/de/industrie/strom/kraft-waerme-kopplung, verfügbar am 18.02.2014.

Neben dieser Variante gibt es weitere Verfahren, um **Elektrizität und Wärme aus Biomasse** zu erzeugen:

- ORC-Prozess („Organic Rankine Cycle“)
- Holzvergasersysteme
- Biomasseheizung (z.B. Pelletsheizung, Hackschnitzelheizung)
- Biomassekraftwerke

Bei allen genannten Verfahren kann über eine Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) Strom und Wärme gewonnen werden. Durch den Einsatz einer KWK kann ein höherer Wirkungsgrad bei der Umwandlung von Brennstoffen in thermische und elektrische Energie erreicht werden. Grundsätzlich wird bei dieser Art von Anlagen die angefallene Wärme nicht an die Umwelt abgegeben, sondern zu Heizzwecken genutzt. Durch die gemeinsame Nutzung von Energie und Wärme ergeben sich hohe Wirkungsgrade, die zu einer Primärenergieeinsparung und zu einer CO_2-Reduktion führen.[46]

Ein wesentlicher Anteil von Biomasse dient zur Erzeugung von Prozesswärme in der Papier- und Zellstoffindustrie. Biogas wird durch Gasmotoren ebenfalls zur Stromerzeugung herangezogen.

2.3.1 ORC-Prozess

Unter ORC versteht man den „Organic Rankine Cycle-Prozess“, dieser ist dem konventionellem Wasser-Dampf-Prozess sehr ähnlich, jedoch mit dem Unterschied, dass anstatt von Wasser ein organisches Arbeitsmedium (z.B. iso-Pentan, Toluol oder Silikonöl) eingesetzt wird.

Der Name „**Organic Rankine Cycle**“ kommt von den speziell abgestimmten thermodynamischen Eigenschaften.

[46] Vgl. http://www.e-control.at/de/industrie/strom/kraft-waerme-kopplung, verfügbar am 18.02.2014.

Für Biomasse-Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen eignet sich Silikonöl sehr gut als Arbeitsmittel.

Die nachfolgende Abbildung zeigt die schematische Darstellung einer Integration des **ORC-Prozesses in eine Biomasse-KWK-Anlage** (Standort Lienz).

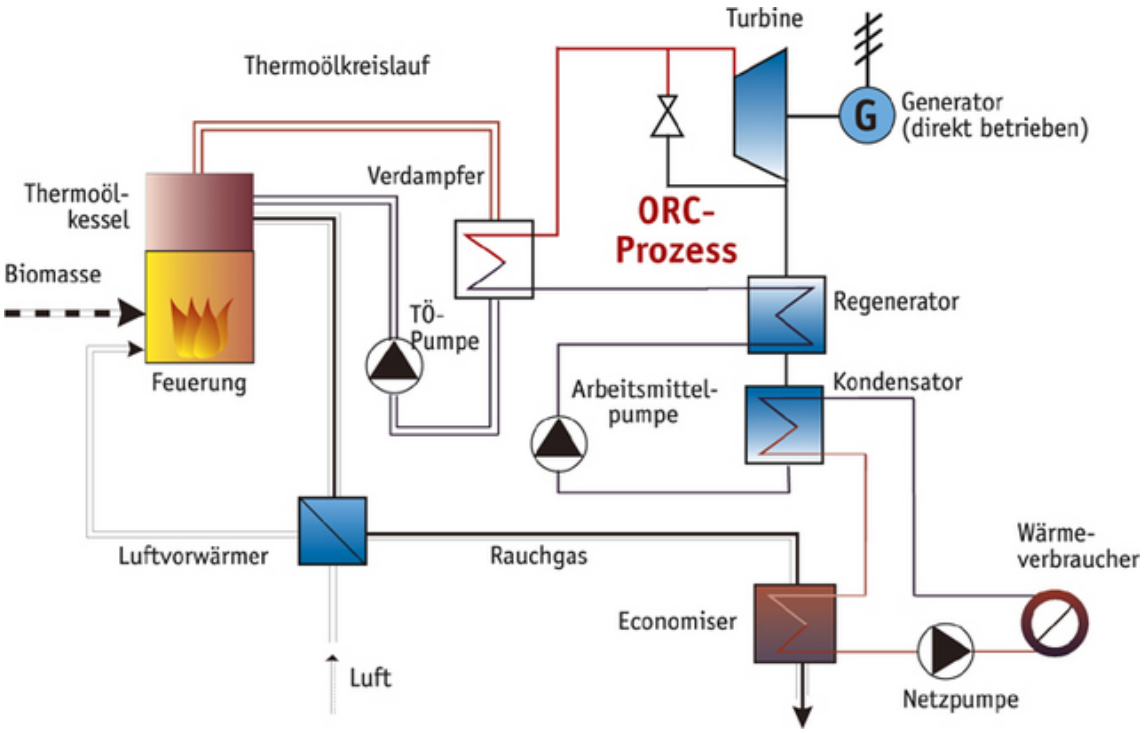


Abbildung 21: ORC-Prozess am Beispiel der Anlage Lienz (Tirol)

Quelle: http://www.stadtwaerme-lienz.at/technik/orc-prozess.html, verfügbar am 18.02.2014.

Ein hocherhitzbares Thermoöl wird als Wärmeträger zwischen Biomassefeuerung und ORC-Prozess eingesetzt. Das Thermoöl gibt im Verdampfer die Energie an das organische Arbeitsmedium (z.B. Silikonöl) ab, welches dabei verdampft. Der Dampf wird über die den Generator antreibende Turbine geleitet, dabei entspannt und im Regenerator und Kondensator wieder verflüssigt. Die abgegebene Wärme im Kondensator wird an das Heißwasser des Fernwärmenetzes übertragen.[47]

[47] Vgl. http://www.stadtwaerme-lienz.at/technik/orc-prozess.html, verfügbar am 18.02.2014.

Nachfolgend wird in der Arbeitsmittelpumpe das eingesetzte Medium auf Systemdruck gebracht und dem Verdampfer zugeführt. Der thermodynamische Kreislauf schließt sich wieder.

Diese optimierte ORC-Technologie wurde erstmals im Herbst 2001 in Lienz in Tirol realisiert und in Betrieb genommen. Befeuert wird diese Anlage mit Sägespänen, Hackgut und Rinde. Der elektrische Wirkungsgrad liegt bei rund 15 % und die thermische Nutzenenergie bei etwa 75 %.[48]

2.3.2 Holzvergasersysteme

Der **Holzvergaser** wird mit Brennholz befüllt und bei Temperaturen > 800 °C entweicht das brennbare Gasgemisch (= Holzgas) aus dem Holz. Es besteht zu etwa 40 Vol-% aus brennbaren Bestandteilen, hauptsächlich Kohlenstoffmonoxid (CO), Wasserstoff (H_2) sowie kleineren Anteilen an Methan (CH_4) und anderen KW. Bei etwa 900-1200 °C zerfallen die langkettigen KW (Teer) in gasförmige Bestandteile.

In **Holzvergaser-Heizkesseln** findet eine sogenannte „zweistufige Verbrennung“ statt. Das Holz wird in einem Teil des Heizkessels zu Gas umgewandelt und in einem weiteren mit relativ gutem Wirkungsgrad zu Heizzwecken verbrannt. Es werden die Nutzungswerte moderner Öl- oder Gasheizungen erzielt, wobei sich erheblich verbesserte Abgaswerte ergeben.[49]

[48] Vgl. http://www.bios-bioenergy.at/uploads/media/Paper-Obernberger-ORCProzess-2005-10-11.pdf, verfügbar am 18.02.2014.

[49] Vgl. Watter, H.: Regenerative Energiesysteme, Systemtechnik und Beispiele nachhaltiger Energiesysteme aus der Praxis, 3. Auflage, Springer Vieweg, Wiesbaden, 2013, S. 174.

2.3.3 Holzpelletsheizung

Diese Art der Heizung bietet den Komfort einer klassischen Öl- und Gasheizung, da der Betrieb automatisiert ist. Es entstehen sehr geringe Aschemengen aufgrund des definierten Grades an Restfeuchte der Pellets.

Als **Holzpellets** bezeichnet man genormte, zylindrische Presslinge aus getrocknetem, naturbelassenem Restholz (Sägemehl, Hobelspäne) mit einem Durchmesser von 4-10 mm und einer Länge von 2-5 cm. Die Qualitätsrichtlinien für Österreich legt die ÖNORM M 7135 fest.

Holzpellets sind der jüngste und innovativste Holzbrennstoff, der seit 1997 eine immer größere Nachfrage erfährt, damals wurden 5.000 Tonnen produziert. In Österreich werden bis zu 90 % aus Fichtenholz hergestellt. Derzeit gibt es etwa 30 größere Produktionsstandorte, v.a. in Tirol, Kärnten und der Steiermark, mit einer Kapazität von ca. 1,23 Mill. Jahrestonnen (Stand 2012). Jeder Österreicher verbrauchte im Jahr 2012 etwa 100 kg an Holzpellets für Heizzwecke, mit diesem Wert sind wir europäische Spitzenreiter.[50]

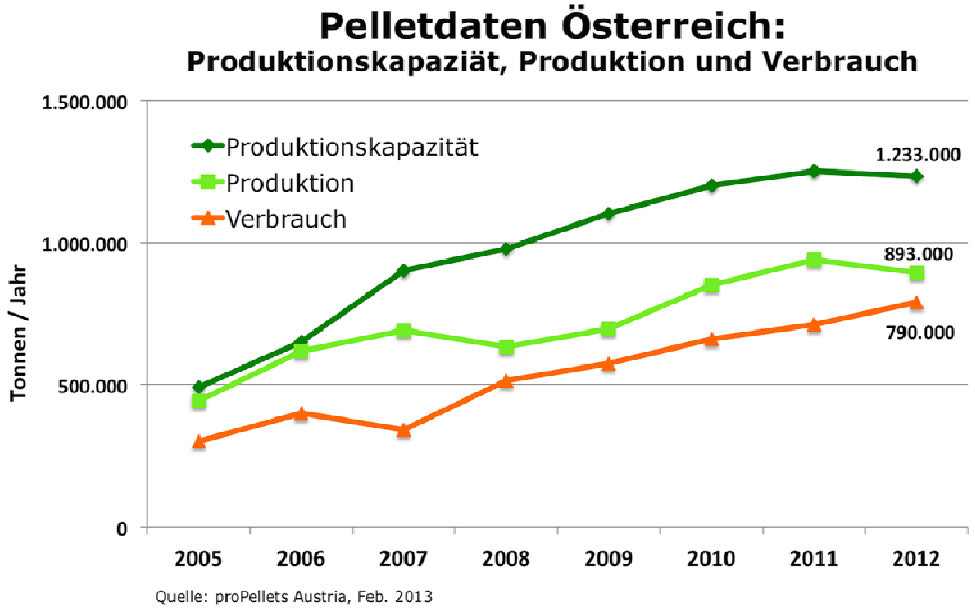


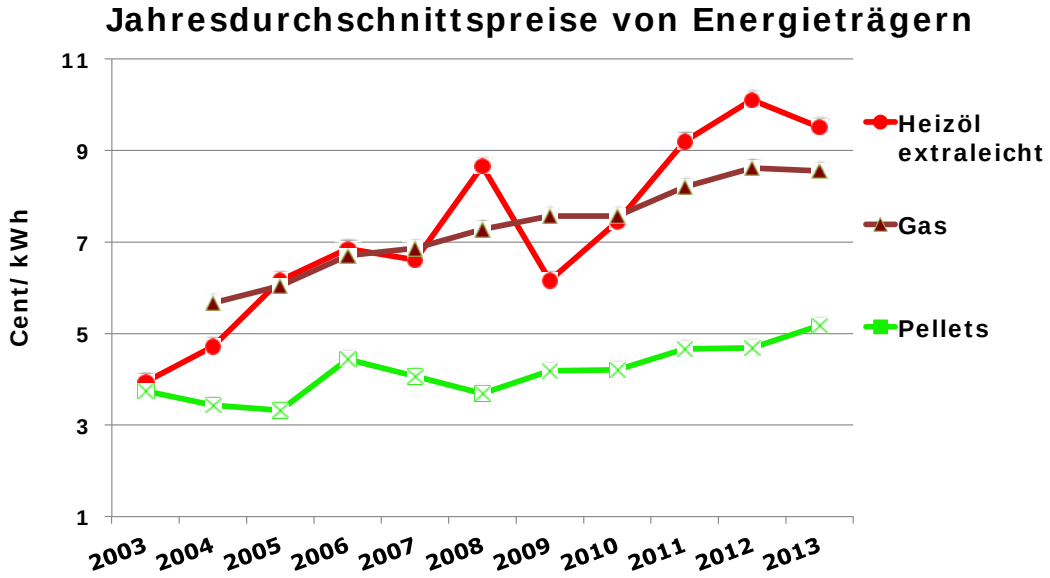
Abbildung 22: Produktion und Verbrauch an Holzpellets in Österreich (Stand 2013)

Quelle: http://www.propellets.at/wpcms/wpcontent/uploads/2012_prodkapverbrauch.png, verfügbar am 22.02.2014.

[50] Vgl. http://www.propellets.at/de/heizen-mit-pellets/statistik/, verfügbar am 22.02.2014.

Den größten Pelletsverbrauch gibt es in den Bundesländern Nieder- und Oberösterreich.

Die langjährige Preisentwicklung zeigt, dass Holzpellets nicht nur die ökologisch saubere Art zu heizen ist, sondern es ist auch wirtschaftlich attraktiv. Der Heizwert eines Kilogramm Pellets (ca. 5 kWh) entspricht etwa dem eines halben Liter Heizöls.[51]



Quellen: Gas (seit Juni 2004) e-control, Heizöl IWO und BMWFJ Treibstoffpreismonitor, Pellets proPellets Austria; Stand Dez. 2013

Abbildung 23: Jahresdurchschnittspreise von Energieträgern

Quelle: http://www.propellets.at/wpcms/wp-content/uploads/201312_jadupr_gop.pdf, verfügbar am 22.02.2014.

Im Gegensatz zu fossilen Energieträgern werden Pellets als CO_2-neutral bezeichnet. Es wird bei der Verbrennung nur so viel CO_2 freigesetzt, als die Pflanze zuvor beim Wachsen aufgenommen hat. In dieser Bilanz sind aber Emissionen, die durch den Transport und den Pressvorgang verursacht werden, nicht enthalten.

[51] Vgl. http://www.holzpellets.net/holzpellets-infos/, verfügbar am 22.02.2014.

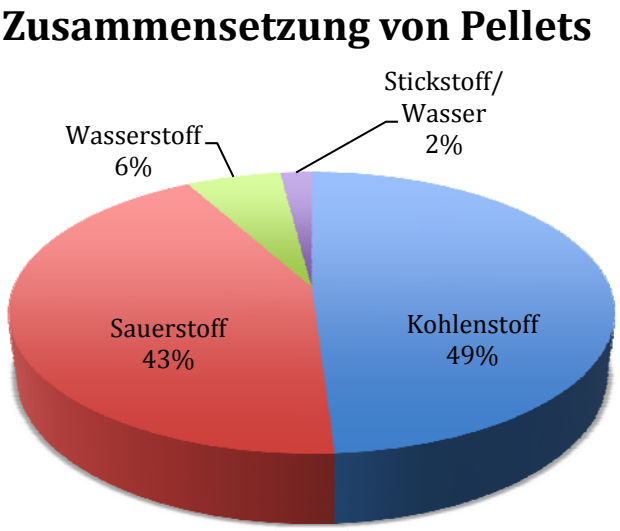


Abbildung 24: Zusammensetzung von Holzpellets

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Watter, H.: Regenerative Energiesysteme, Systemtechnik und Beispiele nachhaltiger Energiesysteme aus der Praxis, 3. Auflage, Springer Vieweg, Wiesbaden, 2013, S.183.

Mit Hilfe einer Förderschnecke oder eines Vakuumsaugsystems werden die Pellets in die Heizung transportiert. Die Anfeuerung wird von einem elektrischen Heißluftgebläse übernommen. Der elektrische Energiebedarf für einen Zündvorgang liegt bei etwa 70 Wh. Um die Anzahl gering zu halten, empfiehlt sich der Einbau eines Pufferspeichers. Für den Betrieb ist ein Pufferspeicher zwar nicht zwingend erforderlich, der Komfort wird dadurch jedoch deutlich erhöht.

Es wird ein Kesselwirkungsgrad von bis zu > 90 % erreicht, im Teillastbereich und beim Anfeuern ist der Wirkungsgrad jedoch deutlich niedriger. Nach der Verbrennung bleiben nur wenige Gramm Asche übrig, die im normalen Hausabfall entsorgt werden können.

Um Preisschwankungen des Brennstoffes auszugleichen, sollte nach Möglichkeit der Lagerraum so gewählt werden, dass die Pellets für mind. 1 Jahr ausreichen.[52]

[52] Vgl. Watter, H.: Regenerative Energiesysteme, Systemtechnik und Beispiele nachhaltiger Energiesysteme aus der Praxis, 3. Auflage, Springer Vieweg, Wiesbaden, 2013, S. 183.

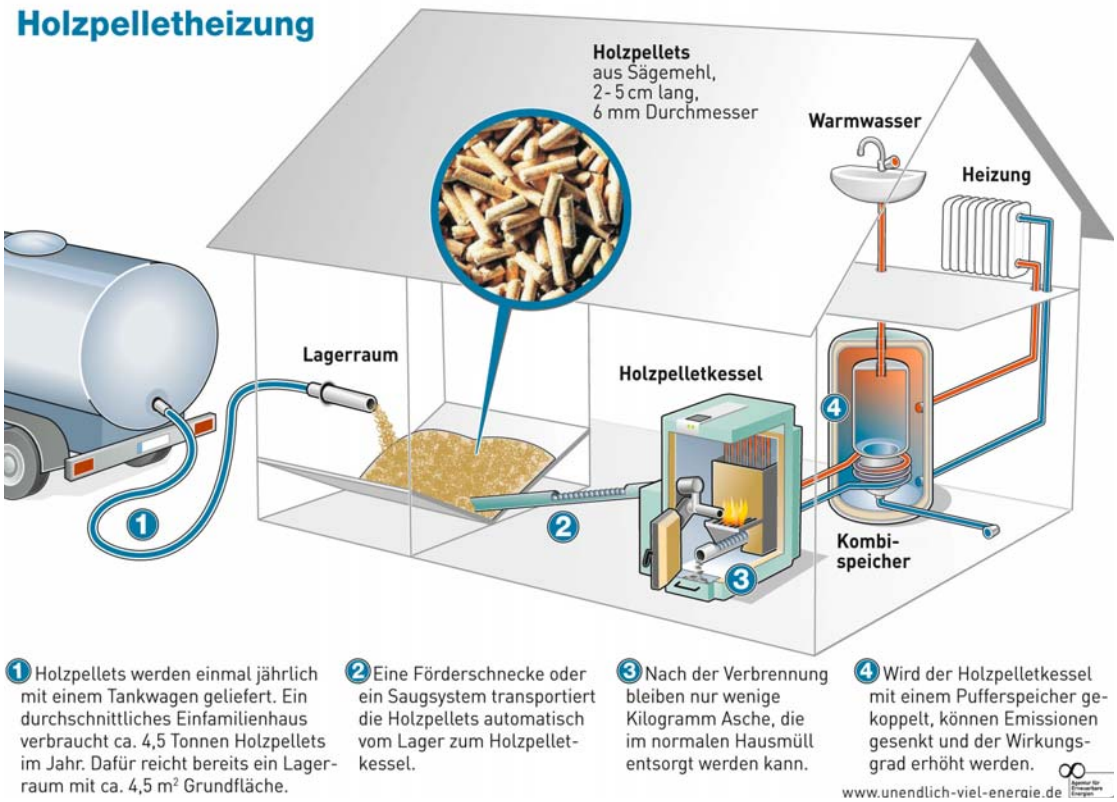


Abbildung 25: Funktionsweise einer Holzpelletsheizung

Quelle: http://www.depi.de/download/heizen/Technische_Skizze_Pelletheizung.jpg, verfügbar am 22.02.2014.

2.3.4 Biomasse-Kraftwerke

In sogenannten Biomassekraftwerken kann Biomasse neben der rein thermischen Nutzung auch in elektrische Energie umgewandelt werden.

Es können die gleichen Prozesse genutzt werden wie in einem Dampfturbinenkraftwerk oder einem Gas- und Dampfturbinenkraftwerk (GuD). Hierbei werden Prozesse wie der **Clausius-Rankine-Prozess** eingesetzt.

Zum Beheizen von Wohnungen oder für die Versorgung von Industriebetrieben mit Warmwasser kann die entstehende Abwärme genutzt werden. Durch eine Kraft-Wärme-Kopplung kann die energetische Ausnutzung gesteigert werden.[53]

[53] Vgl. Dannenberg, M., Duracak, A.: Energien der Zukunft – Sonne, Wind, Wasser, Biomasse, Geothermie, Primus Verlag, 2012, Darmstadt, S. 118.

Moderne GuD-Anlagen weisen einen Wirkungsgrad von etwa 60 % auf, mit einer KWK kann dieser auf über 90 % gesteigert werden.

Es eigenen sich sowohl gasförmige als auch flüssige Bioenergieträger. Beim Einsatz von festen Energieträgern werden flüssige oder gasförmige zugemischt, da feste Brennstoffe im Vergleich relativ träge sind.

Das größte Wald-Biomassekraftwerk Österreichs ging im Oktober 2006 in Wien Simmering in Vollbetrieb. Reinstes Holz wird in Strom und Wärme umgewandelt. Im Jahr 2011 konnten rund 3,6 % des jährlichen österreichischen Strombedarfes durch die energetische Nutzung von fester Biomasse gedeckt werden. Aus dem Kraftwerk Simmering stammten etwa 7 %.

Es können jährlich etwa 144.000 t CO_2 im Vergleich zu konventionellen thermischen Kraftwerken eingespart werden. Der Brennstoff Holz wird durch hocheffiziente Kraft-Wärme-Kopplung bestmöglich genutzt. Im Geschäftsjahr 2011/12 wurde auf diese Weise fast die ganze Betriebszeit (ca. 85 %) gleichzeitig Strom und Wärme produziert.[54]

2.3.4.1 Clausius-Rankine-Prozess

Es handelt sich um einen thermodynamischen Kreisprozess, welcher in Dampfkraftwerken eingesetzt wird und der Stromerzeugung dient.
Als Arbeitsmedium wird Wasser eingesetzt. Dieses wird unter Druck vorgewärmt und anschließend verdampft, wobei die Verdampfungstemperatur vom Druck abhängig ist. Nachfolgend wird der Wasserdampf weiter überhitzt, in der Dampfturbine entspannt und gibt dabei mechanische Energie ab.
In Folge dessen lässt sich ein Generator antreiben, der die mechanische in elektrische Energie umwandelt. Durch den Kondensator wird die Wärme Q_{ab} abgeführt, und der Wasserdampf kondensiert wieder zu flüssigem Wasser.

[54] Vgl. https://www.wienenergie.at/eportal/ep/programView.do/pageTypeId/11893/programId/17313/channelId/-26988, verfügbar am 22.02.2014.

Es lassen sich geringere Kondensatordrücke erreichen und somit höhere Wirkungsgrade erzielen, je niedriger die Kühltemperatur ist.[55]

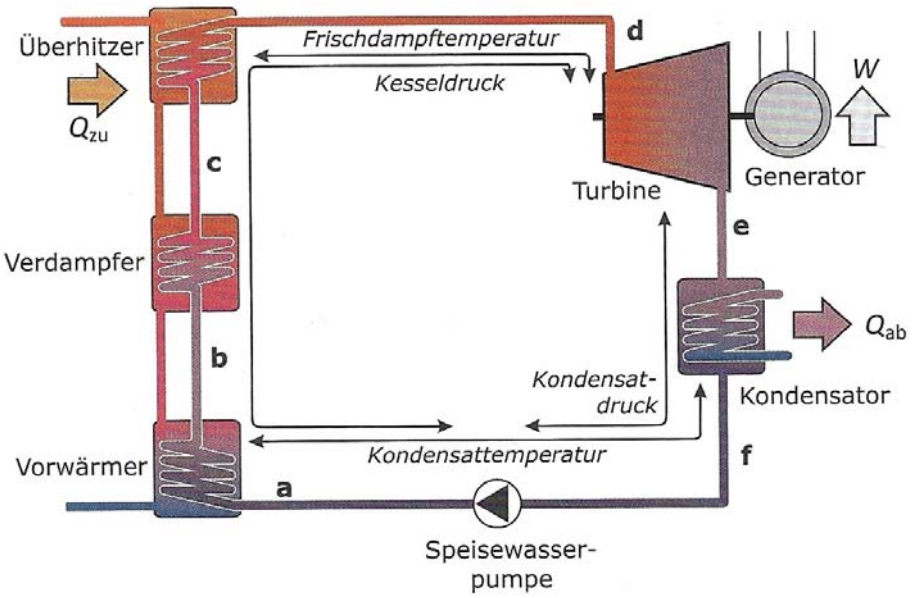


Abbildung 26: Schematischer Aufbau des Clausius-Rankine-Prozesses

Quelle: Quaschning, V.: Regenerative Energiesysteme, Technologie – Berechnung – Simulation, 8. aktualisierte und erweiterte Auflage, Hanser Verlag, München, 2013, S.153 f.

2.4 Biomassemärkte heute und morgen

Biomasse ist die wichtigste heimische Energiequelle, in den letzten Jahren ist die Bedeutung stetig gestiegen. 40 % des inländischen Energieaufkommens stammen aus Biomasse. Der Biomasseeinsatz erhöhte sich von 95 PJ im Jahr 1990 auf 203 PJ im Jahr 2009. Im Jahr 2009 wurden sogar 210 PJ Biomasse energetisch genutzt, zählt man den biogenen Anteil des Hausmülls dazu.

Viele Jahr lang dominierte die Verwendung von Brennholz den Biomassemarkt. In den letzten Jahren jedoch hat die Bedeutung von biogenen Treib- und Brennstoffen (z.B. Hackgut, Pellets, Biodiesel) stark zugenommen.

[55] Vgl. Quaschning, V.: Regenerative Energiesysteme, Technologie – Berechnung – Simulation, 8. aktualisierte und erweiterte Auflage, Hanser Verlag, München, 2013, S.153 f.

Holz ist und bleibt jedoch die wichtigste Ressource für den Bioenergiemarkt, knapp 80 % der im Jahr 2009 eingesetzten Biomasse war Holz in unterschiedlichster Form.[56]

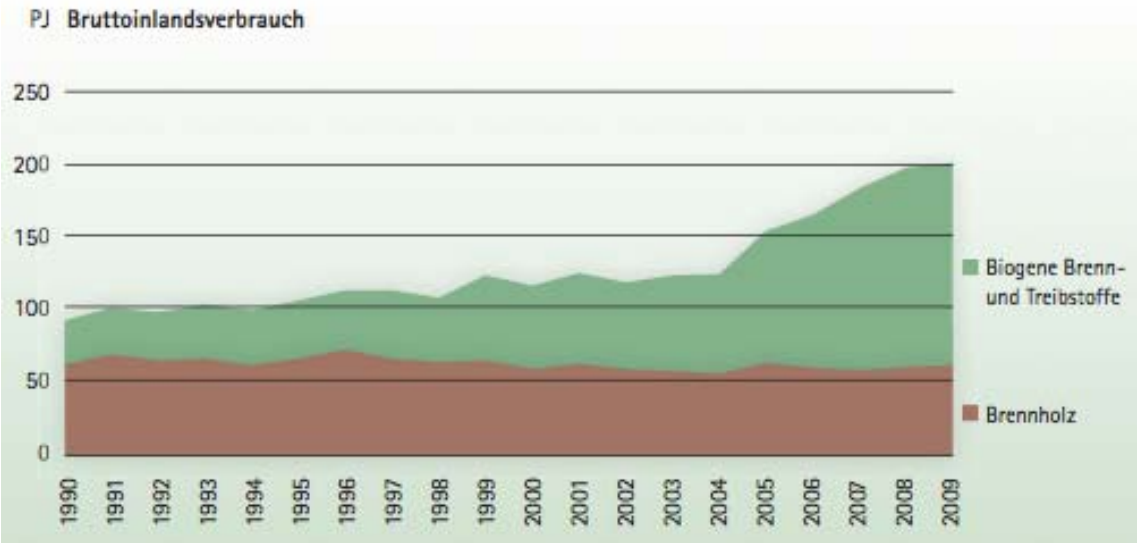


Abbildung 27: Entwicklung des Bruttoinlandsverbrauches von Biomasse (1990-2009)

Quelle: ÖBMV: Bioenergie 2020 – Wärme, Strom, Treibstoffe, Broschüre, 2011, S. 13.

Energieträger	2005 (PJ)	2009 (PJ)	Potenzial 2020 (PJ)
Hausmüll Bioanteil	4,3	7,2	7,2
Holz-basiert	119,5	139,4	170,3
Laugen	24,4	24,9	28,1
Deponiegas	0,2	0,2	0,2
Klärgas	0,4	0,8	0,8
Biogas	4,3	5,9	16,8
Biogene flüssig	3,2	23,2	36,3
Sonstige Biogene fest	4,0	8,5	14,3
Summe	**160,3**	**210,1**	**274,0**

Abbildung 28: Bruttoinlandsverbrauch an Bioenergie in Österreich 2005 und 2009 mit Potenzial für 2020

Quelle: ÖBMV: Bioenergie 2020 – Wärme, Strom, Treibstoffe, Broschüre, 2011, S. 14.

[56] Vgl. ÖBMV: Bioenergie 2020 – Wärme, Strom, Treibstoffe, Broschüre, 2011, S. 13 ff.

2.5 Ausbaupotenziale bis zum Jahr 2020

Bis zum Jahr 2020 könnte der Biomasseeinsatz in Österreich um 30 % gesteigert werden. Voraussetzung dafür ist, dass es gelingt, die verfügbaren Potenziale (rund 64 PJ) aus dem Abfallsektor sowie aus der Land-, Forst- und Holzwirtschaft zu mobilisieren. Eine Steigerung auf 274 PJ ist erreichbar.

Sollte es nicht möglich sein, die Land- und Forstwirtschaft zu mobilisieren, so ist nur eine Steigerung um rund 15 % möglich.[57]

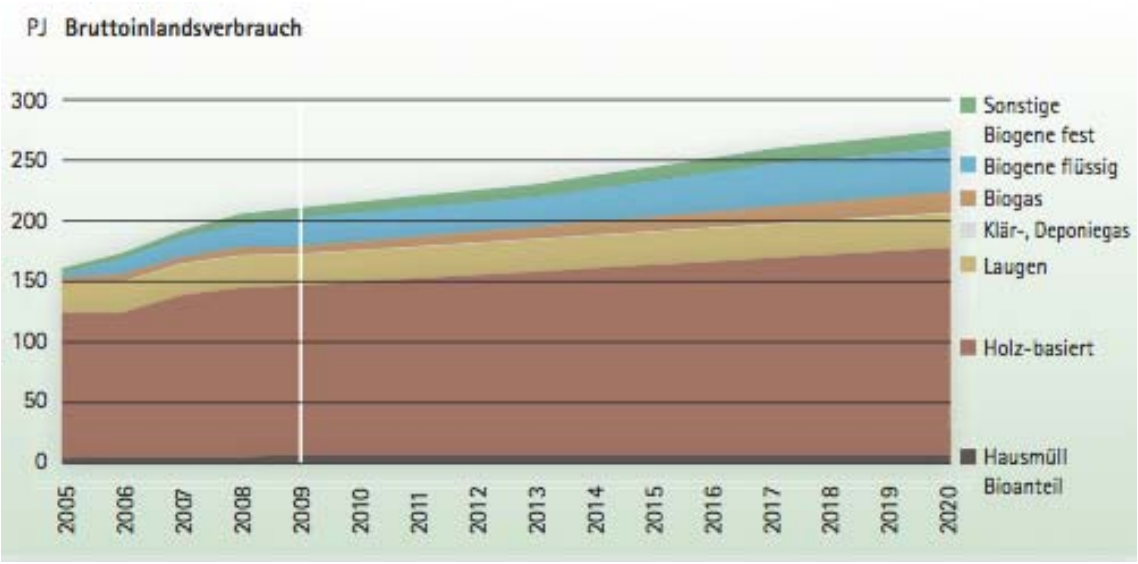


Abbildung 29: Entwicklung des Bruttoinlandsverbrauches von Biomasse von 2005-2009 und Ausbaupotenziale bis 2020

Quelle: ÖBMV: Bioenergie 2020 – Wärme, Strom, Treibstoffe, Broschüre, 2011, S. 14.

In Zukunft werden neue Rohstoffe an Bedeutung gewinnen, hierzu zählen neben Rohstoffen aus der Land- und Forstwirtschaft auch landwirtschaftliche Ressourcen und Abfälle. Sie können für die Produktion von fester Biomasse, Biogas und Biotreibstoffen eingesetzt werden.

[57] Vgl. ÖBMV: Bioenergie 2020 – Wärme, Strom, Treibstoffe, Broschüre, 2011, S. 14.

Bis zum Jahr 2020 könnte der Anbau von Energiepflanzen als Hauptfrucht deutlich ausgeweitet werden, somit könnten etwa 9 % des Acker- und Grünlandes zur Energieproduktion genutzt werden.

Zusätzliche Potenziale bieten sich bei der verstärkten Nutzung von biogenen Abfällen. Aus landwirtschaftlichen Energiepflanzen und Reststoffen könnten rund 10 PJ Rohenergie in Form von fester Biomasse bis zum Jahr 2020 erzeugt werden.[58]

2.6 Herausforderungen und Handlungsfelder

Die Herausforderungen und Weiterentwicklungsfelder des Bioenergiesektors sind sehr breit gestreut. Es ist auch in Zukunft wichtig, auf bewährte Stärken zu setzen und richtige Antworten auf vorhandene Schwächen zu finden. Die Chancen müssen genutzt und das drohende Risiko minimiert werden.

2.6.1 Rohstoffe aus der Forst- und Holzwirtschaft

Es haben sich nachfolgende Kernmaßnahmen bei der Bereitstellung von fester Biomasse aus der Forst- und Holzwirtschaft ergeben:

- Unter Beachtung ökologischer Begrenzungen müssen nachhaltig verfügbare Holzreserven mobilisiert werden.
- Fokussierung von Holz als Baustoff und Energieträger durch eine stärkere Positionierung der Wertschöpfungskette Holz.
- Diskussion über Nachhaltigkeits- und Naturschutzbelange.
- Optimierung von Ernte, Logistik und Aufbereitung sowie der Ausbau forstwirtschaftlicher Infrastruktur.[59/*]

[58] Vgl. ÖBMV: Bioenergie 2020 – Wärme, Strom, Treibstoffe, Broschüre, 2011, S. 16 f.

[59] Vgl. Ebenda, S. 24.

* Siehe Anhang 1: Herausforderungen und strategische Ansätze der Forst- und Holzwirtschaft

2.6.2 Rohstoffe aus der Landwirtschaft

Die Analyse des Sektors zeigt, welche Maßnahmen im Fokus stehen sollten:

- Vorrang für die Futter- und Lebensmittelproduktion bei gleichzeitiger Mobilisierung der nachhaltig verfügbaren Energiepflanzen.
- Intensivierung von Forschung und Züchtung.
- Forcierter Einsatz von Energiepflanzen in Bioenergieprojekten und bäuerlichen Betrieben.[60/*]

2.6.3 Treibstoffmarkt - Bioenergieproduktion

Folgende Kernmaßnahmen stehen im Fokus des Treibstoffmarktes:

- Konzentrierung auf die ausschließliche Verwendung von Biokraftstoffen.
- Fossiler Diesel soll in der Landwirtschaft durch Pflanzenöl und Biomethan substituiert werden.
- Schaffung von klaren wirtschaftlichen und rechtlichen Rahmenbedingungen.
- Mehr Forschung und Entwicklung bei den Biotreibstoffen der 2. Generation.[61/+]

[60] Vgl. ÖBMV: Bioenergie 2020 – Wärme, Strom, Treibstoffe, Broschüre, 2011, S. 25.

[61] Vgl. Ebenda, S. 28.

* Siehe Anhang 2: Herausforderungen und strategische Ansätze der Landwirtschaft

\+ Siehe Anhang 3: Herausforderungen und strategische Ansätze im Treibstoffmarkt

2.7 Vorteile von Biomasse

Biomasse ist die vielseitigste alternative Energieform, da auch Kraftstoffe ersetzt werden können. Energie aus Biomasse bedeutet die Nutzung land- und forstwirtschaftlicher Reststoffe zur Erzeugung von Strom, Wärme und Energie. Knapp werdende fossile Brennstoffe können dadurch eingespart werden. Es kann nur so viel CO_2 freigesetzt werden, als zuvor von der Pflanze aufgenommen wurde.
Der Treibhauseffekt wird somit durch die Biomassenutzung nicht verstärkt.[62]

Bei Transport und Lagerung gibt es erheblich geringere Umweltrisiken im Vergleich zu fossilen Energieträgern.

Die Energiebilanz ist positiv, da die für die Gewinnung eingesetzt Energie geringer ist als diejenige, die bei der energetischen Verwertung freigesetzt wird.

Auf lange Sicht gesehen, vermindert die Nutzung von einheimischen Energieträgern, wie z.B. Holz, die Abhängigkeit von fossilen Energieträgern, Preissteigerungen und Energiekrisen können ebenfalls umgangen werden.[63]

Durch die energetische Nutzung der Biomasse in der Region bleibt die Wertschöpfung im Land, und es fließt kein Geld aus der Region ins Ausland, da keine Abhängigkeit von Importen besteht.

Die energetische Nutzung erfordert Innovationen. Sowohl bei Forschung als auch bei der Entwicklung und Anwendung können Unternehmen neue zukunftsträchtige Märkte erschließen und somit neue Arbeitsplätze schaffen. Mit Biomasse werden nicht nur ökologische, sondern auch ökonomisch sinnvolle Kreisläufe geschlossen.[64]

---

[62] Vgl. http://www.welt.de/wirtschaft/energie/specials/gas/article8795984/Biomasse-das-sind-die-Nachteile-und-Vorteile.html, verfügbar am 18.02.2014.

[63] Vgl. http://www.energie-bau.at/index.php/wissen/welche-vor-und-nachteile-hat-die-nutzung-von-biomasse/menu-id-98.html, verfügbar am 18.02.2014.

[64] Vgl. http://www.thema-energie.de/energie-erzeugen/erneuerbare-energien/biomasse/grundlagen/vorteile-nachteile-von-biomasse.html, verfügbar am 12.03.2014.

2.8 Nachteile von Biomasse

Für die Lagerung des Brennstoffes wird Platz benötigt, wobei auf eine entsprechende Verwahrung je nach Biomasseart zu achten ist.

Es werden ausreichend große Brennräume benötigt, daraus resultieren große und schwere Heizkessel, da feste Biomasse ein „langflammiger“ Brennstoff ist.

Durch den Anbau von Biomasse wird dem Nahrungsmittelanbau Konkurrenz gemacht. Der Anstieg der Nahrungsmittelpreise in den Jahren 2007/2008 wird häufig mit dem Anbau von Energiepflanzen in Verbindung gebracht.

Zu hohe Preise für Nahrungsmittel wiederum sind der Grund für Hunger in vielen Teilen der Welt.

Wird Biomasse bzw. Biotreibstoff importiert, ist der ökologische Anbau der Pflanzen oft fragwürdig, da beispielsweise der Anbau auf gerodeten Regenwaldflächen stattfindet. Die positive Energiebilanz wird dadurch ebenfalls belastet.

Biodiesel wird in Österreich hauptsächlich aus Raps produziert, somit existiert eine direkte Konkurrenz mit Nahrungspflanzen um die verfügbaren Ackerflächen. Man glaubt, dass die Lösung des Problems Biokraftstoffe der 2. Generation sein könnten. Die gesamte Pflanze kann hierbei zur Produktion von Kraftstoff genutzt werden. Pflanzenteile, die nicht zur Nahrungsmittelproduktion eingesetzt werden können, werden zur Energiegewinnung genutzt.

Es ist weiters von größter Bedeutung, auf eine saubere Verbrennung zu achten, nur so können die Vorteile der Biomasse zum Tragen kommen.
In vielen Ländern dienen Kuhdung und Holz als Heizmittel, die einfachen Öfen, in denen sie verbrannt werden, schaden Mensch und Umwelt gleichermaßen.[65]

[65] Vgl. http://www.thema-energie.de/energie-erzeugen/erneuerbare-energien/biomasse/grundlagen/vorteile-nachteile-von-biomasse.html, verfügbar am 12.03.2014.

Auch heute noch beruht ein Großteil der weltweiten Energieerzeugung aus Biomasse auf diesen traditionellen Heizmitteln. Schlecht eingestellte Öfen und Heizungen führen zu einer ineffizienten Verbrennung und einem erhöhtem Schadstoffausstoß.[66]

2.9 Ökologische Analyse von Energie aus Biomasse

In die Bilanzierung der **Klimawirksamkeit** geht das bei der Verbrennung freigesetzte CO_2 nicht ein, da es klimaunwirksam ist. Durch Photosynthese der Pflanzen wurde eine bestimmte Menge der Atmosphäre entzogen, und max. genau diese Menge kann wieder freigesetzt werden. Es handelt sich somit um einen geschlossenen Kreislauf, wenn ein nachhaltiger Anbau der Biomasse unterstellt wird. Laut Experten kann jedoch leider nicht von einer absoluten „**CO_2-Neutralität**“ gesprochen werden, da für den Anbau, die Brennstoffbereitstellung und den Betrieb der Feuerungsanlagen Energie benötigt wird, die derzeit hauptsächlich aus fossilen Energieträgern stammt.[67]

Bei der Biomassebereitstellung können unterschiedlichste Umwelteffekte auftreten. Zum einen kann es durch **Bodenerosion** (= Bewegung von Bodenmassen entlang der Erdoberfläche) vor allem bei ackerbaulicher Nutzung zu deutlichen Erosionsschäden kommen. Auf der anderen Seite können die mit dem Anbau einhergehenden Maßnahmen eine **Bodenverdichtung** bedingen. Dies kann zu einer geringeren Luftdurchlässigkeit, einem geringeren Bodenluftgehalt und einer verringerten Durchwurzelbarkeit führen.

Durch eine energetische Nutzung der Biomasse kann sich das **Verkehrsaufkommen** erhöhen. Dies hätte einen erhöhten Ressourcenverbrauch, vermehrte Stillstandzeiten, höhere Straßenneubauten etc. zur Folge.

---

[66] Vgl. http://www.thema-energie.de/energie-erzeugen/erneuerbare-energien/biomasse/grundlagen/vorteile-nachteile-von-biomasse.html, verfügbar am 12.03.2014.

[67] Vgl. Kaltschmitt, M., Streicher, W. (Hrsg.): Regenerative Energien in Österreich – Grundlagen, Systemtechnik, Umweltaspekte, Kostenanalyse, Potenziale, Nutzung, 1. Auflage, Vieweg+Teubner Verlag, Wiesbaden, 2009, S. 449 f und S. 461.

Ein weiterer wichtiger Umwelteffekt ist der Einsatz von **Dünge- und Pflanzenschutzmitteln**. Da jedoch Energiepflanzen eine meist höhere Toleranz gegenüber Unkraut und Krankheiten aufweisen, kann der Einsatz sogar verringert werden. Dies ist als positiv gegenüber konventionellen Nahrungs- und Futterpflanzen zu bewerten.[68]

Durch den Betrieb von Wärmeerzeugungsanlagen kann es zu **Staubemissionen** bei der Aufbereitung kommen. Die Aufbereitung erfolgt meist direkt nach der Ernte. Sowohl bei entsprechenden Umformungsvorgängen sowie bei Beladungs- und Beschickungsvorgängen können Emissionen entstehen, die ggf. toxikologisch relevant sein können. Durch entsprechende Filtersysteme lässt sich dies jedoch grundsätzlich vermindern.

Durch die **Lagerung** von sehr feuchter Biomasse kann es zum Pilzbefall kommen. Es können **Pilzsporen** gebildet werden, welche in die Atemwege eindringen und Allergien auslösen können. Durch die Gefahr der Sporenfreisetzung sollten Lagerstätten ausschließlich in größerer Entfernung zu Wohneinheiten bestehen.

Durch Biomasse mit einem hohen Wassergehalt kann es zu **Verlusten** durch mikrobielle Umsetzungsprozesse kommen. Der verlorene Brennstoff lässt den Nettoertrag der Biomasse schrumpfen.

Unter bestimmten mikrobiellen Umsetzungsprozessen kann es zur Wärmeentwicklung kommen, die Gefahr einer **Selbstentzündung** ist gegeben.

Bei bestimmten biogenen Festbrennstoffen (z.B. Hackgut, Rinde) können im Verlauf der Lagerung **Sickersäfte** entstehen. Damit diese nicht unkontrolliert in die Umwelt gelangen, sollten sie gesammelt und fachgerecht entsorgt werden.

---

[68] Vgl. Kaltschmitt, M., Streicher, W. (Hrsg.): Regenerative Energien in Österreich – Grundlagen, Systemtechnik, Umweltaspekte, Kostenanalyse, Potenziale, Nutzung, 1. Auflage, Vieweg+Teubner Verlag, Wiesbaden, 2009, S. 458 f.

Von ökologischer Relevanz sind weiters Produkte aus einer **unvollständigen Verbrennung**. Hierzu zählen vor allem Emission wie z.B. Kohlenstoffmonoxid (CO) und Kohlenwasserstoffe (C_xH_y), die beim Abkühlen kondensieren können. Durch eine geeignete Feuerungsführung lassen sich diese Emissionen jedoch weitgehend vermeiden.

Partikelemissionen aus Biomassefeuerungen sind als kritisch zu betrachten, da sie humantoxische Wirkung besitzen, vor allem wenn sie lungengängig sind. Für die Höhe der Feinstaubemissionen sind die Feuerungstechnik, die Betriebsweise, der Wartungszustand und der Aschegehalt des Brennstoffes von Bedeutung. Sowohl durch Primär- als auch durch Sekundärmaßnahmen (z.B. Zyklone, Filter) lässt sich diese Gefahr eindämmen.

Neben klimarelevanten bzw. human- und ökotoxikologischen Emissionen kann es bei der Verbrennung auch zu Gerüchen und Wasserdampfentstehung kommen.

Moderne Biomassefeuerungen müssen sehr hohe technische Anforderungen hinsichtlich der Vermeidung bzw. Reduzierung von Emissionsparametern erfüllen, denn nur so können sie ihrem Ruf einer umweltverträglichen Energieform gerecht werden.[69]

[69] Vgl. Kaltschmitt, M., Streicher, W. (Hrsg.): Regenerative Energien in Österreich – Grundlagen, Systemtechnik, Umweltaspekte, Kostenanalyse, Potenziale, Nutzung, 1. Auflage, Vieweg+Teubner Verlag, Wiesbaden, 2009, S. 460 f.

Luftschadstoff	Primäre Ursachen	Sekundäre Ursachen
Kohlenstoffmonoxid (CO) bzw. Kohlenwasserstoffe (C_xH_y)	u.a. hohe Feuchtigkeit des Brennstoffes	unvollständige Verbrennung durch: • niedrige Verbrennungstemperatur • Verbrennungsluftmangel
Staub	Aschegehalt im Brennstoff, Verschmutzung, Feuchtigkeit	• unvollständige Verbrennung (Ruß, organische Partikel) • hohe Luftgeschwindigkeit (pneumatische Aufwirbelung)
Chlorwasserstoff (HCl)	Chlorgehalt im Brennstoff	
Dioxine und Furane	Chlor- und Fluorgehalt im Brennstoff	
Distickstoffmonoxid (N_2O)	Stickstoffgehalt im Brennstoff	• Flugaschezirkulation
Stickoxide (NO_x)	Stickstoffgehalt im Brennstoff	• Oxidation von Luftsauerstoff
Schwefeldioxid (SO_2)	Schwefelgehalt im Brennstoff	• bei Biomasse unbedeutend

Tabelle 4: Primäre und sekundäre Luftschadstoffe

Quelle: Fricke, K., Fischer, J.: Die ökologische Bedeutung der Biomassenutzung, TU Braunschweig, IGW Ingenieurgemeinschaft Turk & Fricke GmbH, S. 11.

2.10 Ökonomische Analyse von Energie aus Biomasse

Die Höhe der **spezifischen Investitionen** für Biomasseanlagen hängt im Wesentlichen vom eingesetzten Brennstoff, dem technisch bedingten Aufwand sowie der Systemgröße ab.

Durch die geringeren baulichen Aufwendungen für das Lager sowie das Fehlen eines automatischen Lageraustrages zeigen scheitholzbefeuerte Anlagen Kostenvorteile gegenüber Anlagen, die mit Pellets befeuert werden. Die spezifischen Kosten sinken mit zunehmender Anlagengröße.

Aufwendungen für **Wartungen und Instandhaltung** werden in den Betriebskosten berücksichtigt. Ebenso sind die Kosten für die Entsorgung der Verbrennungsrückstände und die für den Anlagenbetrieb benötigte Energie zu berücksichtigen.

Bei **größeren Heizkraftwerken** fallen laufende Personal-, Verwaltungs- und Instandhaltungskosten an. Weiters müssen Rückstellungen für Anlagenerneuerungen gebildet werden.

Bei **landwirtschaftlichen Biogasanlagen** können die Investitionen stark verfahrensabhängig variieren. Einen erheblichen Anteil an der Kostenstruktur haben die Brennstoffe. Im Allgemeinen gilt dies aber nur für Energiepflanzen, da tierische Exkremente kostenfrei zur Verfügung stehen.[70]

[70] Vgl. Kaltschmitt, M., Streicher, W. (Hrsg.): Regenerative Energien in Österreich – Grundlagen, Systemtechnik, Umweltaspekte, Kostenanalyse, Potenziale, Nutzung, 1. Auflage, Vieweg+Teubner Verlag, Wiesbaden, 2009, S. 463-484.

3 Programme und Auszeichnungen

3.1 e5-Programm

Unter dem e5-Programm versteht man Österreichs Bundes- und Landesprogramm für energiebewusste und klimafreundliche Gemeinden. Alle Energie- und Klimaschutzmaßnahmen, die eine Gemeinde setzen kann, beinhaltet dieses umfassende Programm. Begonnen bei der Architektur und Raumplanung bis hin zur Energielösung. Schritt für Schritt werden die einzelnen Maßnahmen von engagierten Bürgern, Politik und Verwaltung umgesetzt. Unterstützend zur Seite stehen fachkundige e5-Berater.

Ursprünglich wurde das Programm vom Energieinstitut Vorarlberg entwickelt, mit dem Ziel, eine längerfristige Begleitung der Gemeinden im Umgang mit den Themen Klimaschutz und Energieeffizienz anzubieten. Ab 1998 wurde das e5-Programm in den Bundesländern Salzburg, Vorarlberg und Tirol angeboten. Im Jahr 2002 wurde es ihm Rahmen eines EU-Projektes gemeinsam mit Partnern aus Deutschland, der Schweiz und Polen zu einem gemeinsamen europäischen Qualifizierungsprogramm (European Energy Award®) weiterentwickelt. In Österreich blieb jedoch der bereits eingeführte Markenname „e5“ erhalten.

Das Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (= Lebensministerium) übernahm im Jahr 2004 die Betreuung auf nationaler Ebene. Seither sind 4 Bundesländer dem e5-Programm beigetreten, dazu zählen Kärnten, Steiermark, Burgenland und Niederösterreich.[71]

Das zentrale Ziel ist die Verbreitung des Programmes in alle Bundesländer sowie die Erhöhung der Anzahl der teilnehmenden Gemeinden. Die Koordinierung auf europäischer Ebene sowie die Qualitätssicherung sind weitere wichtige Ziele.

[71] Vgl. http://www.e5-gemeinden.at/index.php?id=15, verfügbar am 14.02.2014.

Verschiedene **Organe** wirken beim e5-Programm mit:

- **e5 Österreich**
  Programmkoordination, Ausweitung des Programmes auf weitere Bundesländer, Öffentlichkeitsarbeit
- **e5-Programmträger**
  Für die Durchführung von den Bundesländern Burgenland, Kärnten, Niederösterreich, Salzburg, Steiermark, Tirol und Vorarlberg beauftragte Organisationen.
- **European Energy Award-Forum®**
  Sicherstellung von Qualitätsniveaus, Weiterentwicklung der Tools und Instrumente
- **e5-Gemeindebetreuer**
  Rat in organisatorischer und methodischer Hinsicht
- **e5-Auditor**
  Prüfung auf Qualität und Richtigkeit, Sicherstellung einer einheitlichen Beurteilung
- **e5-Kommission**
  Die vom Auditor durchgeführte Prüfung wird von der bundeslandeigenen Kommission abgenommen.
- **e5-Gemeinde**
  Leistungsempfänger des e5-Programmes
- **e5-Energieteam**
  Jede Gemeinde muss laut Vorgaben ein eigenes, möglichst interdisziplinäres Energieteam bilden.[72]

Derzeit (Stand Jänner 2013) nehmen 7 Bundesländer mit über 140 Gemeinden an diesem Programm teil, d.h., dass über 10 % der österreichischen Bevölkerung in energiebewussten und klimafreundlichen Gemeinden lebt.

[72] Vgl. http://www.e5-gemeinden.at/index.php?id=16, verfügbar am 14.02.2014.

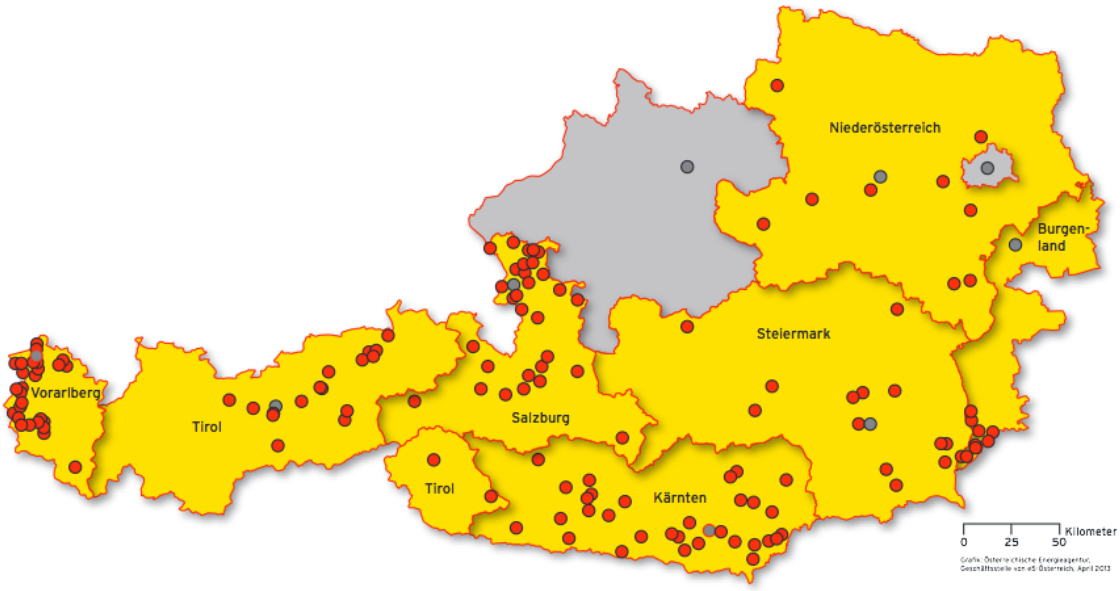


Abbildung 30: Teilnehmende Gemeinden des e5-Programmes (Stand Jänner 2013)

Quelle: http://www.e5gemeinden.at/fileadmin/e5/pdf/informationsbroschueren/e5_Gemeinden_im_U__berblick_2013.pdf, verfügbar am 14.02.2014.

Die höchste Auszeichnung sind 5-e („eeeee“), diese besitzen derzeit 8 Gemeinden österreichweit.

Wie fleißig Österreichs Gemeinden in den letzten Jahren waren, zeigen folgende Zahlen:

- 99 Gemeinden aus den Bundesländern Burgenland, Kärnten, Niederösterreich, Salzburg, Steiermark, Tirol und Vorarlberg haben gemeinsam 186 „e“ erarbeitet.
- Im Jahr 2009 waren rund 700 Energieteammitglieder aktiv bei der Umsetzung energierelevanter Maßnahmen beteiligt.[73]

[73] Vgl. http://www.umweltgemeinde.at/angebot/e5-gemeinden/e5-gemeinden-in-oesterreich, verfügbar am 25.02.2014.

3.1.1 Stufen zur Energie- und Klimaschutzgemeinde

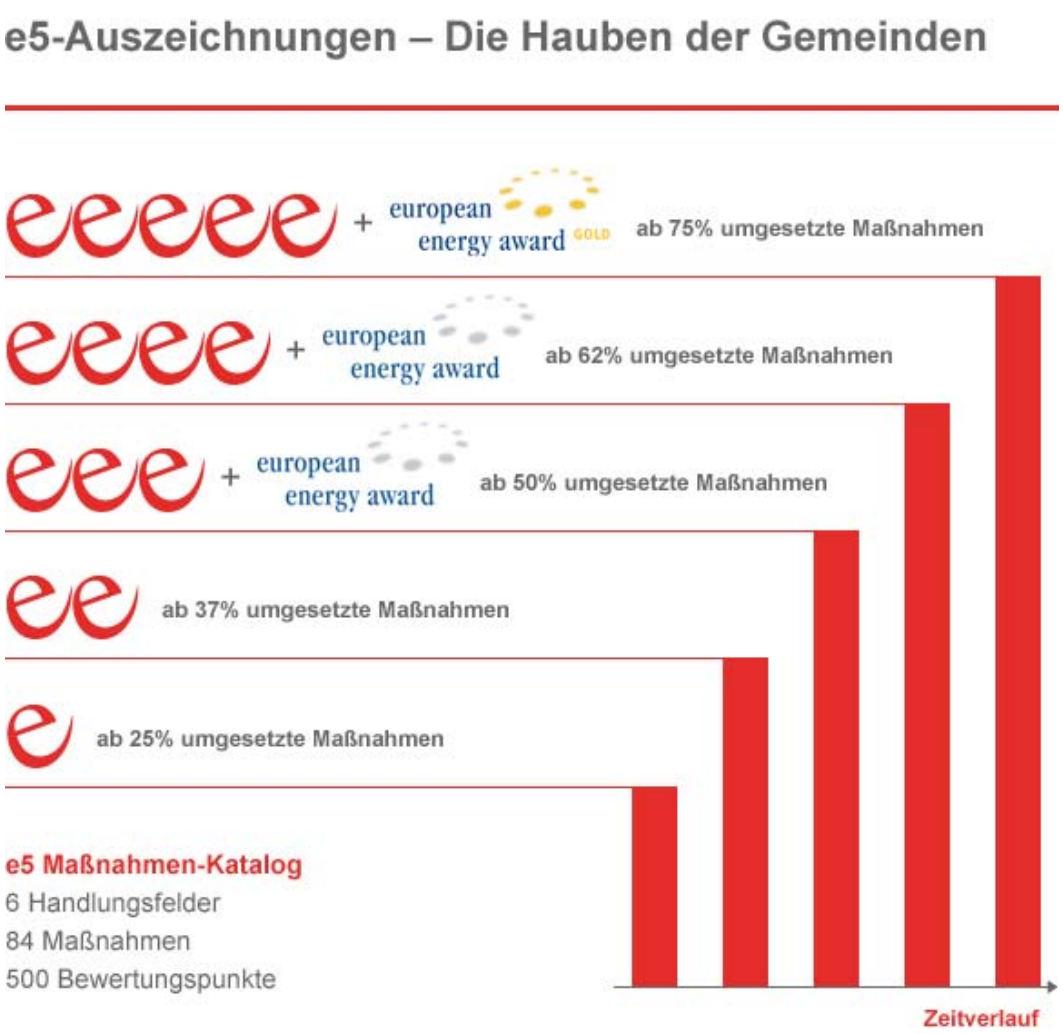


Abbildung 31: e5-Auszeichnungen

Quelle: http://www.e5-gemeinden.at/fileadmin/e5/diverses/Massnahmen-1.jpg, verfügbar am 25.02.2014.

Die erste Phase ist die sogenannte **Einstiegsphase**, die Gemeinde unterzeichnet eine bundeslandspezifische Basisvereinbarung mit dem e5-Programmträger. Die Gemeinde erkennt somit die Grundsätze und Regeln des Programmes an und erhält im Gegenzug fachliche und organisatorische Unterstützung.

Anschließend muss ein e5-Team gebildet werden, welches unabhängig von politischen Strukturen arbeitet. Das Team setzt sich u.a. aus engagierten Bürgern, Experten und Vertretern von Firmen zusammen.

Ein e5-Berater kann nachfolgend auf Grundlage des Maßnahmenkataloges überprüfen, welche Möglichkeiten einer verbesserten Energienutzung bereits umgesetzt wurden.

Das Ergebnis der Analyse und das erarbeitete Stärken-Schwächen-Profil dienen als Basis für die weitere Arbeit des e5-Teams.

Hat eine Gemeinde mind. 50 % der möglichen Maßnahmen umgesetzt, so wird sie mit dem European Energy Award® ausgezeichnet, bei mind. 75 % Umsetzungsgrad erhält sie den European Energy Award® Gold.[74]

3.1.2 Ablauf des e5-Programmes

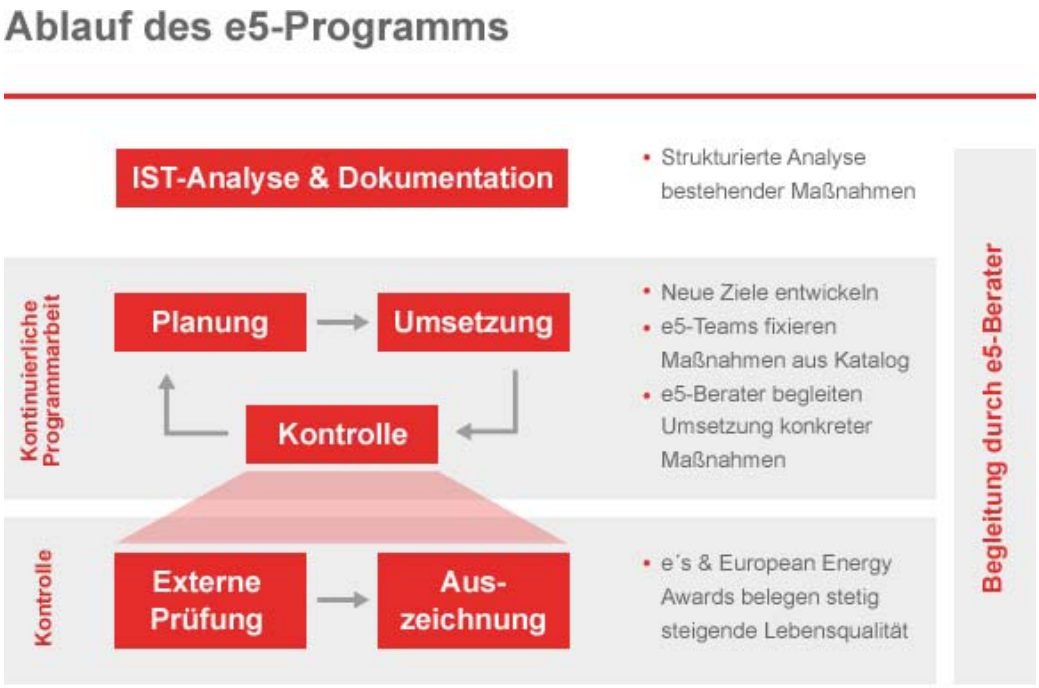


Abbildung 32: Ablauf e5-Programm

Quelle: http://www.e5-gemeinden.at/fileadmin/e5/diverses/Ablauf.jpg, verfügbar am 25.02.2014.

Das e5-Programm setzt sich aus einer Einstiegsphase, einer kontinuierlichen Programmarbeit und einer darauffolgenden externen Prüfung und Auszeichnung zusammen.

[74] Vgl. http://www.e5-gemeinden.at/index.php?id=20, verfügbar am 25.02.2014.

Nachdem in der Einstiegsphase (siehe Kapitel 3.1.1) eine strukturierte Analyse der bestehenden Maßnahmen durchgeführt wurde, gelangt man zum zweiten Schritt, der **kontinuierlichen Programmarbeit**.

Die eigentliche energiepolitische Arbeit beginnt im 2. Schritt. Ausgehend von der durchgeführten Analyse, werden konkrete Projekte geplant, vom politisch zuständigen Gremium beschlossen und umgesetzt. Es ist von großer Bedeutung, regelmäßig Bilanz über die Programmarbeit zu ziehen, um bei Bedarf eingreifen und Projekte anpassen zu können.

Im letzten Schritt des e5-Programmes unterziehen sich die Gemeinden mind. alle 3 Jahre einer **Bewertung** durch eine unabhängige Kommission. Je nach Umsetzungsgrad der möglichen Energieeffizienzmaßnahmen erhalten die Gemeinden 1-5 „e“ verliehen.

Ist eine Gemeinde in das e5-Programm involviert, nimmt sie zugleich auf europäischer Ebene am European Energy Award® teil.[75]

3.1.3 e5-Maßnahmenkatalog

Der Maßnahmenkatalog ist das zentrale Arbeitsinstrument und dient als Hilfsmittel zur Standortbestimmung, als Checkliste für die Planung zukünftiger Aktivitäten sowie als Maßstab für die externe Kommissionierung und Auszeichnung.

Der Katalog besteht aus 6 Handlungsfeldern, in die energierelevante Aktivitäten eingeordnet werden können. Jedem Bereich sind individuelle Maßnahmen zugeordnet (insgesamt 84 Maßnahmen). Nach einem Punktesystem (insgesamt max. 500 Bewertungspunkte) werden die umgesetzten Projekte bewertet. Mit einem Punktewert von 1 bis 10 pro Maßnahme wird die energiepolitische Bedeutung für die Gemeinde festgehalten.

[75] Vgl. http://www.umweltgemeinde.at/angebot/e5-gemeinden/das-e5-programm/ablauf-eines-e5-programms-in-einer-gemeinde, verfügbar am 25.02.2014.

Zu den **6 Handlungsfeldern** im Maßnahmenkatalog zählen folgende:

- **Entwicklungsplanung und Raumordnung**
  Energie- und Verkehrsplanung
- **Kommunale Gebäude und Anlagen**
  Schulen, Kindergärten, Verwaltungsgebäude
- **Versorgung und Entsorgung**
  Energie, Wasser, Abwasser, Abfall
- **Mobilität**
  Fußgänger, Radfahrer, öffentlicher Verkehr
- **Interne Organisation**
  Energiebeauftragte, ressortübergreifende Kooperationen
- **Kommunikation und Kooperation**
  Beratung, Motivation, Bewusstseinsbildung[76]

3.1.4 Zertifizierung

Die Grundlage für die Auszeichnung einer e5-Gemeinde ist die Bewertung durch einen e5-Auditor. Diese muss zumindest alle 3 Jahre stattfinden, um gewährleisten zu können, dass die Aktivitäten der e5-Gemeinde unabhängig bewertet wurden.

Das e5-Team reicht die Dokumentation aller umgesetzten Maßnahmen ein. Ein unabhängiger e5-Auditor aus einem anderen Bundesland führt auf Basis dieser eingereichten Unterlagen eine Vorprüfung durch.

[76] Vgl. http://www.umweltgemeinde.at/e5-massnahmenkatalog-und-handlungsfelder, verfügbar am 25.02.2014.

Es wird bestimmt,

- wie viele Punkte eine Gemeinde in einem Maßnahmenbereich tatsächlich erreichen kann, und
- zu welchen Anteilen (in %) die Gemeinde die Anforderungen umgesetzt hat.

Der Gesamtumsetzungsgrad lässt sich somit ermitteln, dieser ist auch Grundlage für die Auszeichnung. Je höher der Umsetzungsgrad ist, desto mehr „e“ erhält die Gemeinde.[77]

3.2 Energiemanagement ISO 50001

Die internationale Norm DIN EN ISO 50001 wurde am 15. Juni 2011 veröffentlicht und hat als Ziel, die interessierten Organisationen beim Aufbau von Systemen und Prozessen zur Verbesserung ihrer Energieeffizienz zu unterstützen. Sie ist auf alle Organisationen anwendbar und wurde für eine eigenständige Anwendung entwickelt. Eine Anpassung an andere Managementsysteme ist möglich, auch eine Integration ist durchführbar.[78]

Durch eine systematische Einführung, Verwirklichung, Aufrechterhaltung und Verbesserung des Energiemanagementsystems soll die Organisation in die Lage versetzt werden, eine kontinuierliche Verbesserung zu erzielen. Es werden die Anforderungen bezüglich der Versorgung sowie des Einsatzes und Verbrauches von Energie beschrieben.[79]

Laut Experten kann durch ein Energiemanagementsystem der Energieverbrauch um bis zu 20 %, unabhängig von Branche und Unternehmensgröße, gesenkt werden.

---

[77] Vgl. http://www.e5-gemeinden.at/index.php?id=22, verfügbar am 25.02.2014.

[78] Vgl. DIN-Workshop: Energiemanagementsysteme – DIN EN ISO 50001 ersetzt die DIN EN 16001 – Ein Erfolgsmodell wird international, Beuth Verlag GmbH, Berlin, 2011, S. 7 f.

[79] Vgl. http://www.beuth.de/de/norm/din-en-iso-50001/147191205, verfügbar am 15.02.2014.

Geringere Energiekosten, höhere Energieeffizienz und Wirtschaftlichkeit sind nur einige Vorteile einer Zertifizierung nach ISO 50001.

Die **Zertifizierung** läuft in mehreren Stufen ab:

1. **Voraudit (optional)**
   Eine Vorbeurteilung durch Auditoren wird vorgenommen.
2. **Zertifizierungsaudit**
   In der ersten Stufe prüft das Audit-Team, ob die Dokumentation des Energiemanagementsystems den Anforderungen von ISO 50001 entspricht. Nachfolgend wird die praktische Anwendung auf ihre Wirksamkeit hin geprüft.
3. **Zertifikatserteilung**
   Nach dem erfolgreichen Zertifizierungsverfahren wird ein Zertifikat ausgestellt, welches die Normenkonformität und Funktionsfähigkeit des Managementsystems bescheinigt.
4. **Überwachungsaudits**
   Durch jährliche Überwachungsaudits wird die kontinuierliche Optimierung der Prozesse geprüft.
5. **Rezertifizierung**
   Vor dem Ablauf von 3 Jahren wird durch eine Rezertifizierung der kontinuierliche Verbesserungsprozess fortgesetzt.[80]

3.3 European Energy Award® (eea)

Österreichs e5-Gemeinden haben eine herausragende Stellung im europäischen und regionalen Vergleich durch den European Energy Award®. Insgesamt 17 Nationen und mehr als 1000 Städte nehmen an diesem Programm teil.

[80] Vgl. http://www.tuv.com/de/deutschland/gk/managementsysteme/umwelt_energie/iso_50001_de/iso_50001.jsp, verfügbar am 16.02.2014.

Gemeinden, die in Österreich mit „eeeee“ ausgezeichnet sind, entsprechen auf europäischer Ebene dem European Energy Award® (eea).

Nimmt eine Gemeinde am e5-Programm teil, ist diese auch automatisch Teilnehmer am eea-Programm.

Es können **2 verschiedene Auszeichnungen** erreicht werden:

- Werden mind. 50 % der möglichen Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz umgesetzt, so erhält die Gemeinde die Auszeichnung mit dem **European Energy Award®.**
- Die höchste Auszeichnung, der **European Energy Award Gold®**, wird dann verliehen, wenn die Gemeinde es schafft, mind. 75 % der möglichen Maßnahmen zu realisieren.

Die folgende Darstellung visualisiert die 8 Vollmitglieder in gelber und die 11 Testmitglieder in grauer Farbe.[81]

Abbildung 33: Voll- und Testmitglieder des eea

Quelle: http://www.e5-gemeinden.at/index.php?id=19, verfügbar am 14.02.2014.

Zu den **Vollmitgliedern** zählen folgende Länder: Österreich, Deutschland, Italien, Schweiz, Luxemburg, Monaco, Frankreich, Ungarn.

[81] Vgl. http://www.e5-gemeinden.at/index.php?id=19, verfügbar am 14.02.2014.

4 Praktisches Beispiel der Umsetzung

4.1 Tirol Milch reg.Gen.m.b.H

Die Tirol Milch Wörgl stellt Molkereiprodukte her, der Produktionsprozess ist sehr energieintensiv. Vor der Projektumsetzung wurde die benötigte Energie für den Produktionsprozess mittels zweier Dampfkessel auf Erdgasbasis bereitgestellt.

Das Energiebereitstellungssystem konnte aufgrund günstiger Rahmenbedingungen u.a. durch betriebliche Umstrukturierungen umgestellt werden. Ziel war es, die zukünftige Prozessdampfproduktion vorwiegend mit regenerativen Brennstoffen zu bewerkstelligen.

Beweggründe für den Einsatz von Biomasse waren u.a. folgende:

- starke Preissteigerungen bei fossilen Energieträgern
- Stärkung der regionalen Volkswirtschaft
- Grundsätze der Unternehmenspolitik (Einbindung erneuerbarer Energie)

Aus diesem Grund wurde eine **Biomasse-Dampfkesselanlage zur Prozessdampfversorgung** in den Jahren 2006-2007 von der Tirol Milch Wörgl errichtet. Nach einer detaillierten Evaluierung der Rahmenbedingungen und technischen Möglichkeiten, u.a. Erfassung von Betriebsparametern, Analyse des derzeitigen und künftigen Energiebedarfs, konnte die Projektentscheidung gefällt werden.[82]

Aufgrund der technischen Machbarkeit und der wirtschaftlichen Vorteile entschied man sich für die Errichtung einer **Hackgut-Biomasseanlage**. Des Weiteren erwartete man sich mit der Anlageninstallation einen positiven ökologischen und gesellschaftlichen Nutzen.

---

[82] Vgl. Reisenhofer, E. et al.: Prozesswärmeversorgung auf Basis Biomasse am Beispiel der Tirol Milch Wörgl, 2011, S. 3 ff.

Biomasse-Dampfkesselanlage zur Prozessdampfversorgung:

- Investitionskosten rund 5 Mio. €
- Realisierung April 2006 bis Dezember 2007
- Brennstoffbedarf rund 48.000 Srm Hackgut/Jahr
- Dampferzeugung rund 31.300 MWh/Jahr
- CO_2-Reduktion rund 7.200 t/Jahr

Es treten starke Schwankungen beim Dampfbedarf bedingt durch den Produktionsprozess auf. Durch eine großzügige Anlagendimensionierung und Reserven bei der Auslegung hinsichtlich des zulässigen Dampfdruckes sind diese Schwankungen jedoch gut beherrschbar.

Die Verfügbarkeit der Anlage ist sehr hoch, da nur knapp 11 Tage pro Jahr für Wartungsarbeiten und in Summe ca. 2 Tage für ungeplante Stillstände berücksichtigt werden müssen.

Zusammengefasst lässt sich festhalten, dass die Eigenversorgung von Industriebetrieben mit Energie aus Biomasse technisch möglich und aus wirtschaftlicher Sicht, aufgrund der hohen Energiepreise fossiler Energieträger auch sinnvoll ist. Weiters leistet der Einsatz erneuerbarer Energieträger in der Industrie einen wertvollen Beitrag zur Erreichung des Kyoto-Zieles.

Durch die **Nutzung erneuerbarer Energie** in der Industrie bieten sich folgende **Vorteile**:

- Reduktion der Abhängigkeit von fossilen Energieträgern, v.a. Erdöl und Erdgas.
- Die heimische Wirtschaft wird durch regionale Wertschöpfung gestärkt.
- Vorbildwirkung[83]

[83] Vgl. Reisenhofer, E. et al.: Prozesswärmeversorgung auf Basis Biomasse am Beispiel der Tirol Milch Wörgl, 2011, S. 13 ff.

5 Die energieautarke Gemeinde

5.1 Die 10 Schritte zur Energieautarkie

Der österreichische Biomasse-Verband hat einen Leitfaden mit 10 Schritten für Gemeinden erarbeitet, die sich energieautark organisieren möchten.

1. **Integration des Energieautarkie-/Klimaschutzgedankens**
   Definition von klaren Zielen und Erarbeitung eines Leitbildes, Ernennung eines Klimaschutzbeauftragten und Bildung einer Projektgruppe.
2. **Erstellung einer IST-Analyse**
   Der IST-Zustand ist Grundlage für weitere Handlungen. Ein konkretes Maßnahmenprogramm wird mit Hilfe von Beratern entwickelt.
3. **Thermische Sanierung gemeindeeigener Gebäude**
   Neben der Kosteneinsparung ergibt sich eine Vorbildwirkung für die Gemeindebevölkerung.
4. **Nachhaltigkeitsgedanken umsetzen**
   Das Ziel ist, die Unabhängigkeit von Energieimporten und den Klimaschutz zu verstärken.
5. **Effiziente Infrastruktur**
   Maßnahmen zur Energieeffizienz (z.B. Straßenbeleuchtung) werden durch die Gemeinde umgesetzt. Gezielte Informationen zum Thema Energiesparen beim Hausbau, Wohnen und Arbeiten.
6. **Förderung sanfter Mobilität**
   Durch die Vermeidung unnötigen motorisierten Verkehrs können fossile Rohstoffe eingespart werden. Die Lebensqualität kann so erhöht und die Umwelt geschont werden. Entsprechende Maßnahmen sind z.B. Errichtung einer Fußgängerzone oder auch der Ausbau des Radwegnetzes.

7. **Beratung und Förderung**
   Beratung über die Möglichkeiten, die jedem Bürger offenstehen, um zur Autarkie beizutragen.
8. **Regionale Wärme**
   Zur Erzeugung von Raumwärme und Warmwasser werden regionale erneuerbare Energien wie, u.a. Biomasse und Sonnenenergie, eingesetzt.
9. **Strom aus der Region**
   Zur Stromgewinnung werden Windkraft, Wasserkraft, Biomasse oder Photovoltaik genutzt.
10. **Mobilität aus erneuerbarer Energie**
    Für die Mobilität stehen Biodiesel, Bioethanol oder auch Biogas zur Verfügung.[84]

5.2 Klima- und Energiemodellregionen

5.2.1 Gemeinde Hagenbrunn (NÖ)

Die Gemeinde Hagenbrunn in NÖ hat sich im Juli 2011 nach einer Gemeinderatssitzung das Ziel gesetzt, bis 2017 in Sachen Energie unabhängig zu sein. Die Gemeinde beherbergt ca. 2.000 Einwohner in ca. 1.200 Haushalten. Mit einer konkreten Ausarbeitung eines Klima- und Energieleitbildes wurde bereits vor ca. 2 Jahren begonnen.

Man versucht in der Gemeinde, die Weichen für einen energieeffizienten und schadstoffarmen Umgang mit Energie zu stellen. Jeder Einzelne ist aufgerufen, einen Teil zu übernehmen, die Themen Energie und Umwelt sind nicht allein Aufgabe der Politik, Wirtschaft und Verwaltung.

[84] Vgl. ÖBMV: Auf dem Weg zur energieautarken Gemeinde, Broschüre, 2011, S. 8.

Das Gemeindegebiet beheimatet aktuell 2 Fernwärmeanlagen, 2 Biomasse-Fernheizwerke, 4 Windkraftanlage und schlussendlich 2 Biogasanlagen.

Für öffentliche Gebäude bezieht die Klimabündnisgemeinde nur mehr zertifizierten Öko-Strom. Die Wärme aus dem Biomasse-Heizwerk wird dem Betriebsgebiet sowie dem Einkaufszentrum (G3 Shopping Resort Gerasdorf) zur Verfügung gestellt.[85]

Eine Stromtankstelle in zentraler Lage vor dem Gemeindeamt zeugt von Umweltbewusstsein im Bereich der Mobilität.

Biomasse-Heizwerkdaten:

- Leistung Biomassekessel: 2.500 kW
- Ausfallreserve Erdgas: 5.000 kW
- Wärmeabsatz im Endausbau rund 10 GWh/a
- Biomasseeinsatz: ca. 15.000 Schüttraummeter/a
- Länge Fernwärmenetz: ca. 4 km
- CO_2-Einsparung: ca. 3.000 t/a[86]

5.2.2 Stadtgemeinde Güssing (Bgld.)

Ihr Energiesystem völlig auf heimische und erneuerbare Energieträger umgestellt hat die burgenländische Gemeinde Güssing. Durch diesen Wandel wurde die Gemeinde Ökomusterstadt Europas. Schon zu Beginn der 1990er Jahre stand der Entschluss fest, die Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen zu reduzieren und lokale Ressourcen zu nutzen.

Das „Modell Güssing“ war geboren, und durch die Einbindung der Forschung ist die Weiterentwicklung sichergestellt.

---

[85] Vgl. http://www.meinbezirk.at/korneuburg/chronik/energieautark-bis-2017-d612140.html, verfügbar am 13.03.2014.

[86] Vgl. ÖBMV: Auf dem Weg zur energieautarken Gemeinde, Broschüre, 2011, S. 20 f.

Das Biomasse-Fernheizwerk wurde 1996 in Betrieb genommen und deckt mehr als 85 % des jährlichen Gesamtwärmebedarfs der Gemeinde ab. Die jährlich verkaufte Wärmemenge liegt bei ca. 50 GWh. Die Hauptabnehmer sind 53 Groß- und 406 Kleinabnehmer.[87] Den Brennstoff für das Heizwerk liefern der Bgld. Waldverband und zwei Parketterzeugungsfirmen.

Neben dem Fernheizwerk wird in Güssing seit dem Jahr 2001 auch Strom aus Biomasse erzeugt. Ein Biomassekraftwerk mit einem Holzvergasungsverfahren und einer Kraft-Wärme-Kopplung wurden zu diesem Zweck realisiert. Es entstehen aus ca. 2.500 kg Hackschnitzel pro Stunde etwa 2 MW Strom und 4,5 MW Fernwärme. Die so erzeugte Wärme wird in das örtliche Fernwärmenetz eingespeist, dasselbe passiert mit dem erzeugten Strom, dieser wird dem Stromnetz von Güssing zugeführt.

Güssing hat für seine herausragenden Leistungen den „**Energy Globe Award**“ (= Umwelt-Oscar Österreichs) im Jahr 2005 gewonnen.[88]

Biomasse-Kraftwerk:

- Investitionskosten: 9 Millionen Euro
- Brennstoff: Holz - Hackschnitzel
- Brennstoffwärmeleistung: 8 MW
- Elektrische Leistung: 2 MW
- Fernwärme: 4,5 MW
- Elektrischer Wirkungsgrad: 25%
- Thermischer Wirkungsgrad: 56,3%
- Gesamtwirkungsgrad: 81,3%[89]

[87] Vgl. http://www.eee-info.net/cms/, verfügbar am 14.03.2014.

[88] Vgl. http://www.guessing.co.at/, verfügbar am 14.03.2014.

[89] Vgl. http://www.oekonews.at/index.php?mdoc_id=1006327, verfügbar am 14.03.2014.

Seit dem Jahr 1996 ist das „**Europäische Zentrum für erneuerbare Energie**“ (EEE) in Güssing angesiedelt. Es werden nachhaltige, regionale und kommunale Konzepte zur Energieeinsparung und zur Nutzung und Erzeugung von erneuerbaren Energien entwickelt. Das EEE ist eine gefragte Koordinationsstelle in den Bereichen Forschung, Entwicklung und Projektmanagement. Das Europäische Zentrum ist Mitbegründer des „**ökoEnergielandes**“ (= 18 Gemeinden in den Bezirken Güssing und Oberwart) und agiert als Dachorganisation für alle energierelevanten Aktivitäten.[90]

Die Herausforderungen der Zukunft sieht man in Güssing im Bereich der Effizienzsteigerung, der Ressourcenbereitstellung sowie in der Rohstoffpreisentwicklung und in der Förderpolitik.[91]

5.2.3 Stadtgemeinde Mureck (Stmk.)

Die steirische Gemeinde Mureck, nahe an der slowenischen Grenze, hat das ehrgeizige Ziel, 100 % des Eigenbedarfs mit erneuerbarer Energie abzudecken. Aus aller Welt kommen interessierte Besucher und Besucherinnen, um sich Projekt, Anlagen und Anwendungen der mit dem „**Energy Globe Award 2001**“ ausgezeichneten Gemeinde anzusehen. In nur 3 Jahren wurde der CO_2-Ausstoß um mehr als 70 % reduziert, Mureck ist auf dem besten Weg, energieautark zu werden.

Zur Versorgung der Region mit erneuerbarer Energie gibt es eine Biodieselanlage, ein Biomasseheizwerk und eine Biogas-Ökostromanlage. Der Selbstversorgungsgrad an erneuerbarer Energie liegt bei ca. 170 %, es wird also deutlich mehr Energie erzeugt, als benötigt wird. Fünf vernetzte Kreisläufe – Biodiesel aus Raps und Altspeiseöl, Wärme aus Holz, Biogas und Ökostrom – sorgen für ausreichend Energie.[92]

---

[90] Vgl. http://www.oekoenergieland.at/index.php/oekoenergieland-gemeinden, verfügbar am 14.03.2014.

[91] Vgl. http://www.eee-info.net/cms/, verfügbar am 14.03.2014.

[92] Vgl. http://www.oegut.at/de/events/umweltpreis/2007-nom_energiekreislauf.php, verfügbar am 17.03.2014.

Beim **„Murecker-Energie-Kreislauf“** handelt es sich um ein nachhaltiges Energiekonzept. Die Gemeinde Mureck hat schon zahlreiche Auszeichnungen und Prämierungen für ihre innovativen Konzepte und ihre tadellose Umsetzung erhalten.

Abbildung 34: Murecker-Energie-Kreislauf

Quelle: http://www.mureck.gv.at/Murecker-Energiekreislauf.148.0.html, verfügbar am 17.03.2014.

Um die Gemeinde mit umweltfreundlicher Wärme zu versorgen, wird ein Biomasseheizwerk betrieben. 1998 fiel der Startschuss zum Bau der Nahwärme Mureck. Es wurde ein 10 km großes Leitungsnetz, Hausanschlüsse und eine 6000 m^3 fassende Hackgutlagerhalle für einen Halbjahresbedarf errichtet. Mit der Inbetriebnahme im Herbst 1998 wurde Mureck zur ersten Gemeinde der Welt mit einer autarken Bioenergieversorgung.

Ursprünglich war geplant, eine Leistung von 2 MW zu erreichen, durch eine Erweiterung werden mittlerweile 4 MW erreicht. Das Heizmaterial wird von Landwirten und Sägewerksbetrieben aus der Region geliefert.[93]

[93] Vgl. http://www.mureck.gv.at/Nahwaerme-Mureck.84.0.html, verfügbar am 17.03.2014.

Die Biogasökostromanlage liefert eine elektrische Leistung von knapp 1000 kW und eine thermische Leistung von ca. 1165 kW. Die elektrische Energie wird in das öffentliche Stromnetz und die Abwärme in das Verteilernetz eingespeist. Wirtschaftsdünger (z.B. Schweinegülle, Rindergülle) und nachwachsende Rohstoffe (u.a. Körnermais, Silomais) aus der Region werden als Rohstoffe eingesetzt.

Um die Aktivitäten auch unternehmerisch zu bündeln, wurde die **Südsteirische Energie- und Eiweißerzeugungsgenossenschaft (SEEG)** gegründet. Als weltweit erstes und lange Zeit einziges Unternehmen wird Biodiesel aus dem Problemstoff Altspeiseöl gewonnen und in einen hochwertigen und verwertbaren Energieträger umgewandelt. Aus 1.000 kg Altspeiseöl können 850 L Biodiesel gewonnen werden. Seit der Eröffnung der Biodiesel-Tankstelle im Jahr 2006 wurden bislang ca. 15.000 Liter Erdöl und rund 45.000 t CO_2 eingespart.[94]

5.2.4 Gemeinde Kötschach-Mauthen (Kärnten)

Mit der Gründung des Vereins „**energie:autark Kötschach-Mauthen**“ im Jahr 2008 wurde die Grundlage geschaffen, bis zum Jahr 2020 100% energieautark zu sein. Schon jetzt gilt Kötschach-Mauthen national und international als Mustergemeinde der erneuerbaren Energien.[95]

Erneuerbare Energien haben in der Gemeinde eine lange Geschichte, schon 1886 wurde das erste Wasserkraftwerk errichtet. Im Jahr 1889 gab es bereits ein elektrisches Stromnetz – 14 Jahr vor der Landeshauptstadt Klagenfurt.

[94] Vgl. http://www.umweltberatung.at/energieschauplatz-mureck, verfügbar am 17.03.2014.

[95] Vgl. http://www.science-center-net.at/index.php?id=505, verfügbar am 17.03.2014.

Derzeit gibt es 21 Kleinwasserkraftwerke (alle im Privatbesitz), drei Öko-Bergstauseen, Kärntens einzige Windturbine, eine Biogasanlage und etliche Solar- bzw. Photovoltaikanlagen sowie drei Fernwärmenetze. Alle öffentlichen Gebäude werden durch das Fernwärmenetz versorgt.[96]

Im Jahr 2008 wurde die „**Kötschach-Mauthen Energiebilanz 2008-2020**“ erstellt. Diese Energiebilanz ergibt, dass, gemessen am Verhältnis von regionalem Energieverbrauch und regionaler erneuerbarer Energieproduktion, der Energieautarkiegrad bei knapp 75 % liegt. Die Bereiche Strom, Wärme und Treibstoff werden als Energieverbrauch angesehen.

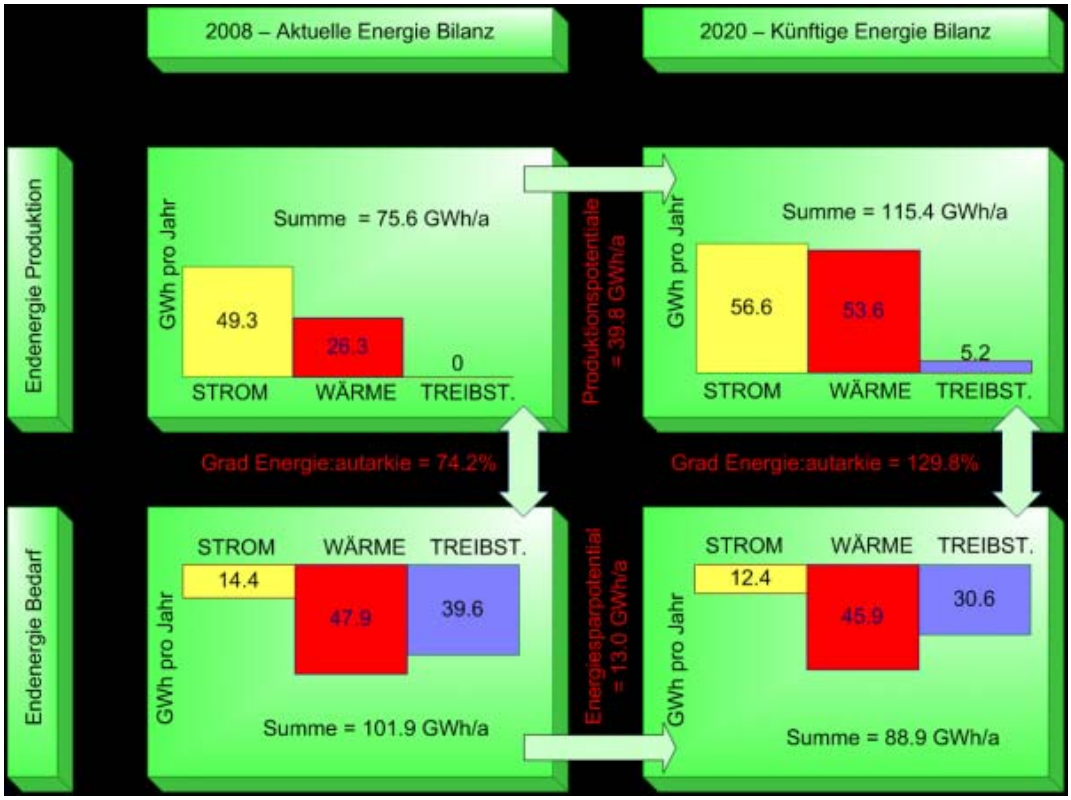


Abbildung 35: Energiebilanz Kötschach-Mauthen

Quelle: http://www.energie-autark.at/show_content.php?sid=47, verfügbar am 17.03.2014.

[96] Vgl. http://www.koetschachmauthen.gv.at/index.php?option=com_content&view=article&id=1559:energiegemeinde-koetschach-mauthen&catid=66:energie-und-umwelt&Itemid=107, verfügbar am 17.03.2014.

In der Gemeinde gibt es derzeit 3 bestehende Fernwärmenetze für die folgenden Ortsteile:

Obergailtaler Fernwärme

- Leistung: 1.500 kW
- Produktion: 4.500.000 kWh/a
- Netzlänge: ca. 3,3 km

Fernwärme Mauthen

- Leistung: 1.000 kW
- Produktion: 2 Mio. kWh/a (thermisch)
- Netzlänge: ca. 2,2 km

Fernwärme Würmlach

- Leistung: 290 kW
- Produktion: ca. 226.000 kWh/a
- Netzlänge: 1 km[97]

Die **Biogasanlage**, die sich im Ortsteil Würmlach befindet, produziert ca. 6 Millionen kWh an elektrischer und thermischer Energie. Die Besonderheit dieser Anlage liegt in der Kombination mit der „Obergailtaler Fernwärme“, durch eine 2 km lange Gaspipeline wird das Biogas zu einem 500 kW Biogasmotor transportiert. Mit Hilfe eines Wärmetauschers wird der Rücklauf der Fernwärmeanlage erwärmt.

[97] Vgl. http://www.energie-autark.at/show_content2.php?s2id=34, verfügbar am 17.03.2014.

Durch diese Technologie ist es möglich, den 1.500 kW Biomassekessel von Spätfrühjahr bis Spätherbst abzuschalten. Dies bringt eine enorme Einsparung des Rohstoffes mit sich.[98]

Durch ein **Biomasseheizwerk** ist es seit dem Frühjahr 2010 möglich, den gesamten Wärmebedarf des Krankenhaus Laas durch erneuerbare Energien zu decken. Der Rohstoff für die Anlage, Hackgut aus Tanne/Fichte, kommt zu 100 % aus der Gemeinde bzw. Region. Die Leistung der Anlage beträgt 390 kW, etwa 1 Mio. kWh/a thermische Energie können produziert werden.[99]

Im Jahr 2009 ist Kötschach-Mauthen dem e5-Landesprogramm für energieeffiziente Gemeinden beigetreten. Schon bei der Erstzertifizierung konnten 3 von möglichen 5 „e“ erreicht werden. 2010 gelang es der Gemeinde, das 4. „e“ zu erreichen und somit eine Vorreiterrolle in Kärnten einzunehmen.[100]

[98] Vgl. http://www.energie-autark.at/show_content2.php?s2id=35, verfügbar am 17.03.2014.

[99] Vgl. http://www.energie-autark.at/show_content2.php?s2id=188, verfügbar am 17.03.2014.

[100] Vgl. http://www.energie-autark.at/show_content.php?sid=58, verfügbar am 17.03.2014.

6 Erneuerbare Energie in Österreich bis zum Jahr 2050

6.1 Klimaschutz und Transformation der Energiesysteme

Ein vorrangiges Ziel der Politik muss der Klimaschutz sein, denn nur so lassen sich die Lebensbedingungen des Menschen, so wie wir sie jetzt kennen, aufrechterhalten. Ein anerkanntes Ziel der Wissenschaft und Politik ist es, eine globale Erwärmung um mehr als 2 °C zu verhindern. Eine wahrscheinlich (sehr) gefährlich irreversible und kaum beherrschbare Folge für die Natur und die Menschheit hätte eine darüber hinausgehende Klimaerwärmung.

Besonders Emissionen von $CO_{2,}$ die hauptsächlich durch menschliche Aktivitäten in die Atmosphäre eingebracht werden, sollen vermieden werden. Die größte Emissionsquelle ist die Nutzung fossiler Brennstoffe für energetische Zwecke.

Die nachfolgende Abbildung geht davon aus, dass bis zur Jahrhundertmitte höchstens noch etwa 750 Mill. t CO_2 aus fossilen Quellen in die Atmosphäre eingebracht werden dürfen. Nur so kann das 2 °C-Ziel mit einer Wahrscheinlichkeit von zwei Drittel eingehalten werden. Nur noch sehr kleine Mengen CO_2 dürfen im Jahr 2050 ausgestoßen werden.

Noch in der ersten Hälfte dieses Jahrhunderts muss der Einsatz fossiler Brennstoffe ein Ende finden. Die dafür notwendigen Potenziale erneuerbarer Energie sind vorhanden. Konsequente Effizienzmaßnahmen und der dynamische Ausbau der Technologien für erneuerbare Energien sind grundlegende Strategien der Transformation.[101]

Je länger mit der Transformation gewartet wird, desto steiler müssten die CO_2-Emissionen nachfolgend sinken, um das 2 °C-Ziel doch noch zu erreichen.

[101] Vgl. Schmid, J. et al.: Systemanalyse zur Transformation der Energiesysteme bis 2050, Fraunhofer IWES, Jahrestagung des ForschungsVerbunds Erneuerbare Energien, Berlin, 2011, S.19.

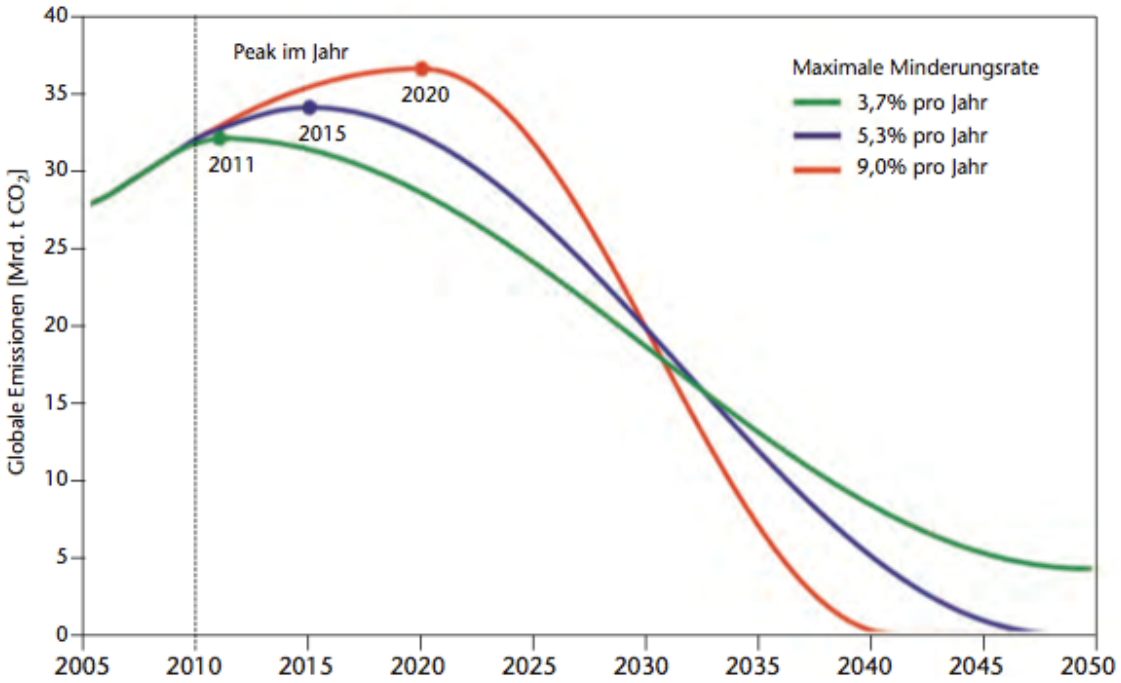


Abbildung 36: CO_2-Entwicklungspfade

Quelle: Schmid, J. et al.: Systemanalyse zur Transformation der Energiesysteme bis 2050, Jahrestagung des ForschungsVerbunds Erneuerbare Energien, Berlin 2011, S.19.

Wird zu lange gewartet, sind die großen Minderungsraten jedoch kaum realisierbar, denn sie verlangen hohe Investitionssummen und sind nicht mit dem normalerweise recht langen Lebenszyklus von Energiesystemen vereinbar.

Wettbewerbsvorteile werden durch Forschung und Entwicklung im Bereich der Energieeffizienz und der Nutzung erneuerbarer Energiequellen geschaffen. Nicht nur aufgrund der Klimaproblematik ist es unerlässlich, die Nutzung regenerativer Energien voranzutreiben, sondern auch angesichts der sich verknappenden und verteuernden fossilen Energieträger. Durch den Einsatz erneuerbarer Energien wird das Energiesystem wesentlich effizienter, da weniger Primärenergie eingesetzt werden muss.[102]

[102] Vgl. Schmid, J. et al.: Systemanalyse zur Transformation der Energiesysteme bis 2050, Jahrestagung des ForschungsVerbunds Erneuerbare Energien, Berlin 2011, S. 20.

6.2 Mögliche Szenarien des Energiebedarfs

Es gibt 3 mögliche Szenarien für Österreich für das Jahr 2050:

- **Konstantszenario**:
  Der Bedarf an Energiedienstleistungen und die gesamte Bruttowertschöpfung der Industrie liegen auf dem Niveau von 2008.
- **Wachstumsszenario**:
  Ein jährliches Wachstrum der Energiedienstleistungen bzw. der Bruttowertschöpfung in der Industrie um 0,8 % p.a. wird unterstellt. Bis zum Jahr 2050 wäre das ein Anstieg um knapp 40 % gegenüber 2008.
- **Effizienz-Wachstum**:
  vgl. Wachstumsszenario, mit erhöhter Effizienz[103]

Der Endenergiebedarf für 2050 ergibt sich aus der Erhöhung der Effizienz (= Energieeinsparung) von Technologien und der Verschiebung hin zu verbrauchsärmeren Technologien.

Im Gebäudebereich geht durch die thermische Sanierung der durchschnittliche Heizenergiebedarf um knapp 60 % zurück. Der Kühlbedarf wird trotz des Klimawandels als leicht fallend aufgrund der besseren Gebäudehüllen angenommen.

Im Wachstumsszenario erfolgt die Beheizung von Gebäuden fast ausschließlich mit einer Kombination aus Wärmepumpen und Solarthermie. Die vorhandene Biomasse kann somit für Mobilität und Industrie zur Verfügung gestellt werden.

Im Bereich der privaten Mobilität kann der Energieverbrauch nachhaltig verringert werden. Es müssten hohe Anteile des PKW-Verkehrs elektrisch bewältigt werden.

[103] Vgl. Streicher, W.: Energieautarkie für Österreich 2050, Endbericht, 2010, S. viii.

Damit werden die verfügbaren Mengen an heimischen Kraftstoffen für die Maschinen in Land-, Forst und Bauwirtschaft frei. Zusätzlich sollte eine starke Verlagerung auf den öffentlichen Verkehr stattfinden.[104]

Für das Konstantszenario ergeben die beschriebenen Änderungen eine Verringerung des Energiebedarfs um über 70 %, im Wachstumsszenario um etwa 2/3.[105]

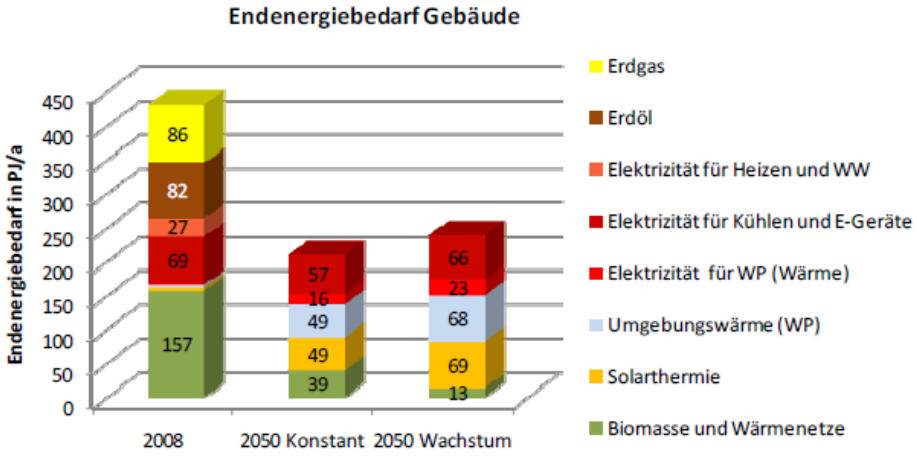


Abbildung 37: Endenergiebedarf der Gebäude 2008 und Szenarien für 2050

Quelle: Streicher, W.: Energieautarkie für Österreich 2050, Endbericht, 2010, S. ix.
(WW: Warmwasser, WP: Wärmepumpe)

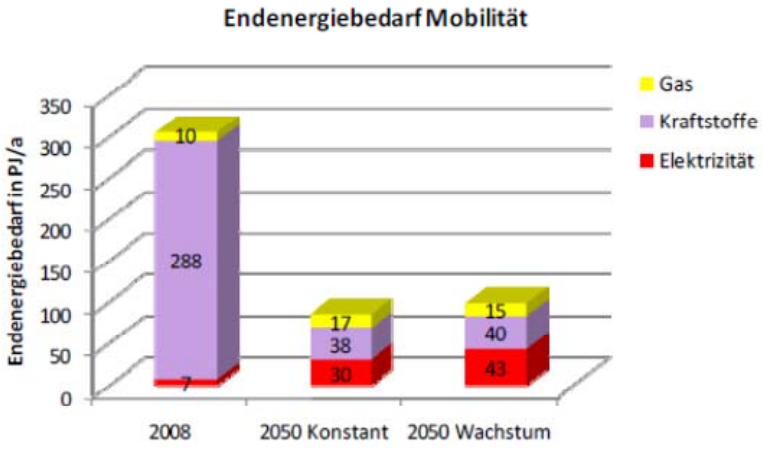


Abbildung 38: Energiebedarf der Mobilität 2008 und Szenarien für 2050

Quelle: Streicher, W.: Energieautarkie für Österreich 2050, Endbericht, 2010, S. ix.

[104] Vgl. Bockhorst, M.: ABC Energie – Energieerzeugung und Energienutzung – Probleme und Lösungsansätze, Books on Demand GmbH, Bonn, 2002, S. 169 f.

[105] Vgl. Streicher, W.: Energieautarkie für Österreich 2050, Endbericht, 2010, S. viii.

6.3 Biomasse Potenziale

Da Biomasse in vielen Teilen der Welt ein wichtiger Energieträger ist, kann das insgesamt vorhandene Potenzial kaum abgeschätzt werden, da regional sehr unterschiedlich große Anteile genutzt werden. Im Gegensatz zu fossilen Energieträgern wird die genutzte Biomasse nur teilweise unter bestimmten Voraussetzungen statistisch erfasst, daher handelt es sich im Folgenden um grobe Schätzungen.

So wie bei allen Potenzialbetrachtungen muss zwischen technischen, theoretischen, wirtschaftlichen und erschließbaren Potenzialen unterschieden werden.

Aus dem physikalisch-biologischen Angebot der Biomasse ergibt sich das **theoretische Biomasse-Potenzial**. Aufgrund technischer, ökologischer, struktureller und administrativer Restriktionen ist es in der Praxis nicht möglich, theoretische Potenziale vollständig zu nützen. Es gibt somit eine theoretische **Obergrenze des potenziell nachhaltig verfügbaren Energieangebots**. Diese wird anhand des maximalen photosynthetischen Wirkungsgrades bestimmt. Der maximale Ertrag an Pflanzenmasse wird mit 30 t Trockenmasse (TM) pro Hektar und Jahr für Lignocellulose (= komplexes Biopolymer; verholzter Pflanzenanteil) angegeben.

Die technischen Möglichkeiten der Bereitstellung von Energie aus Biomasse werden vom technischen Potenzial der energetisch nutzbaren Biomasse bestimmt. Das **technische Energieträgerpotenzial** beschreibt den Anteil an verfügbarer Biomasse, der **unter Berücksichtigung der gegebenen technischen Restriktionen als Energieträger nutzbar** ist. Zur Berechnung werden die energetisch nutzbaren Mengen unter Berücksichtigung der gegenwärtigen stofflichen Nutzung sowie unter Beachtung sonstiger restriktiver Aspekte ermittelt. Bei der anschließenden Umrechnung in Energieeinheiten können unterschiedliche Umwandlungspfade zum Einsatz kommen.[106]

[106] Vgl. Streicher, W.: Energieautarkie für Österreich 2050, Endbericht, 2010, S. 31 ff.

Der zeit- und ortsabhängige Anteil des technischen Potenzials, der unter den jeweils **betrachteten Rahmenbedingungen wirtschaftlich erschlossen** werden kann, wird durch das **wirtschaftliche Potenzial** beschrieben. Es existiert eine Vielzahl unterschiedlichster wirtschaftlicher Potenziale, zusätzlich kommen noch sich laufend ändernde Rahmenbedingungen hinzu, u.a. Änderungen des Ölpreises, CO_2-Steuer, Änderungen bei steuerlichen Abschreibungsmöglichkeiten.

Das **erschließbare Potenzial ist in der Regel kleiner als das wirtschaftliche**, da das wirtschaftliche Potenzial nur innerhalb eines sehr langen Zeitraumes, aufgrund existierender Restriktionen, erschlossen werden kann.[107]

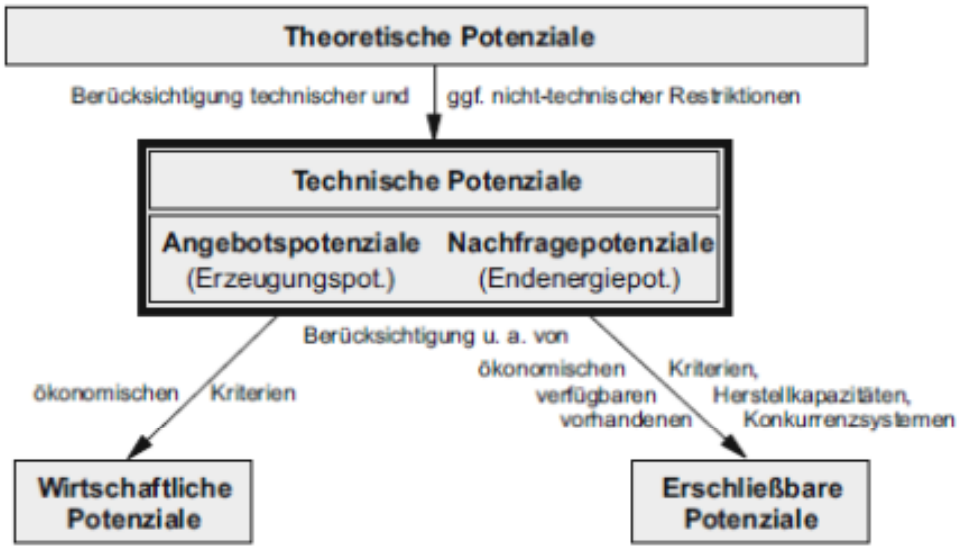


Abbildung 39: Abgrenzung der unterschiedlichen Potenzialbegriffe

Quelle: Kaltschmitt, M. (Hrsg.), Streicher, W., Wiese, A.: Erneuerbare Energien – Systemtechnik, Wirtschaftlichkeit, Umweltaspekte, 5. erweiterte Auflage, Springer Berlin Heidelberg, 2013, S. 25.

[107] Vgl. Kaltschmitt, M., Hartmann, H., Hofbauer, H. (Hrsg.): Energie aus Biomasse – Grundlagen, Techniken und Verfahren, 2. neu überarbeitete und erweiterte Auflage, Springer Berlin Heidelberg, 2009, S. 10 f.

			Konstant Szenario		Wachstums Szenario	
		2008	2030	2050	2030	2050
Elektrisch	PJ	5,4	14,0	9,5	14,0	11,4
Wärme HT	PJ	7,86	11,1	43,5	11,1	65,0
Wärme NT	PJ	136,0	170,0	104,1	170,0	102,3
Kraftstoffe	PJ	3.2	12,6	16,1	12,6	22,7
Gas	PJ	2,6	4,5	12,1	4,5	14,7

Abbildung 40: Genutzte Mengen an Biomasse und mögliche Szenarien

Quelle: Streicher, W.: Energieautarkie für Österreich 2050, Endbericht, 2010, S. 33.

Im Jahr 2006 umfasste die österreichische Waldfläche rund 4 Millionen Hektar. Etwa 60 % des Zuwachses wird jährlich genutzt, mittlerweile ist der Holzvorrat im österreichischen Wald auf über eine Milliarde Festmeter angewachsen.

Würde der **gesamte Holzvorrat energetisch genutzt** werden, könnte der Primärenergieeinsatz in Österreich nur für etwa **6 Jahre** lang gedeckt werden.[108]

6.4 Potenzial erneuerbarer Energien

In Österreich wird Wasserkraft und vor allem Biomasse sehr intensiv genutzt, es besteht daher das geringste Wachstumspotenzial. Im Vergleich hierzu sind bei Photovoltaik, Biogas und Solarthermie enorme Wachstumsraten möglich.

Insgesamt gesehen, gibt es ein langfristiges Potenzial von ca. 180 TWh erneuerbarer Energie.[109]

[108] Vgl. Hirschberger, P. et al.: Potenzial der Biomassenutzung aus dem Österreichischen Wald unter Berücksichtigung der Biodiversität - Naturverträgliche Nutzung forstlicher Biomasse zur Wärme- und Stromgewinnung unter besonderer Berücksichtigung der Flächen der Österreichischen Bundesforste, Studie des WWF in Zusammenarbeit mit den Österreichischen Bundesforste, Endfassung, Oktober 2006, S. 21.

[109] Vgl. http://initiative-gas.at/faq/, verfügbar am 18.03.2014.

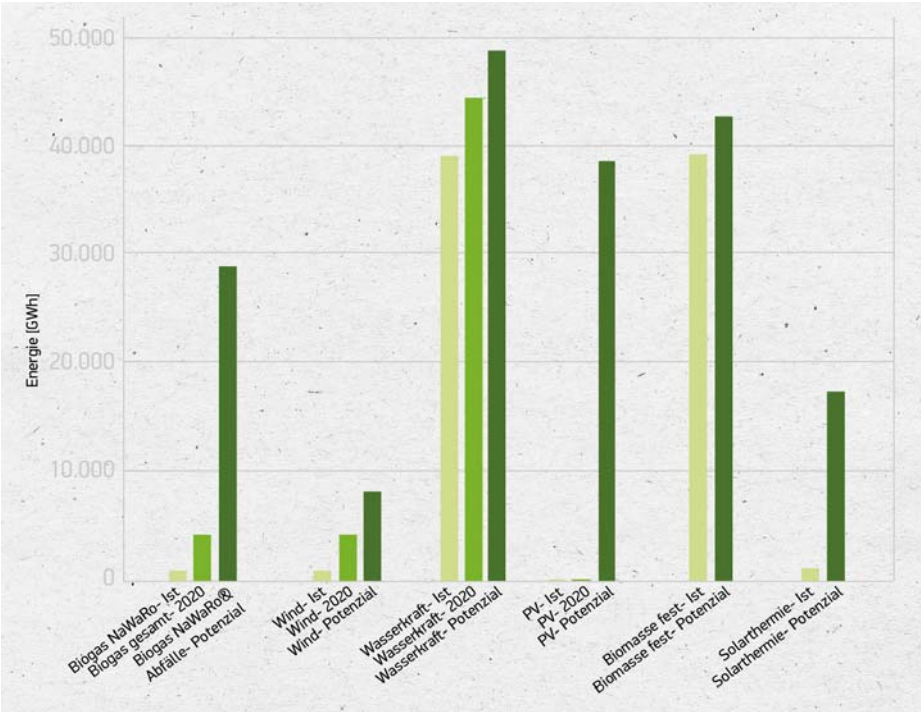


Abbildung 41: Potenzial erneuerbarer Energien im Vergleich

Quelle: http://initiativegas.at/fileadmin/content/Downloads/Pressegrafiken/RGB/PotenzialerneuerbareEnergie-01.jpg, verfügbar am 18.03.2014.

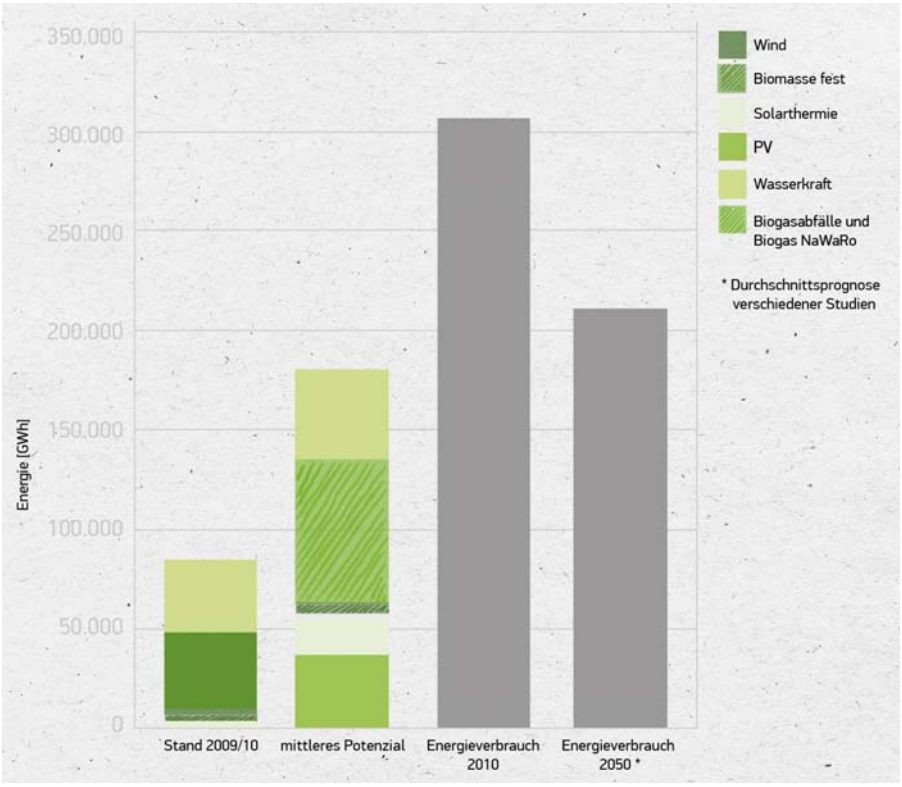


Abbildung 42: Potenzial erneuerbarer Energien im Vergleich zum Endenergieverbrauch

Quelle: http://initiativegas.at/fileadmin/content/Downloads/Pressegrafiken/RGB/PotenzialErneuerbareEnergieVSVerbrauch-01.jpg, verfügbar am 18.03.2014.

7 Schlussfolgerungen

Aus der vorliegenden Arbeit lässt sich entnehmen, dass die Nutzung von regenerativer Energie, v.a. von Biomasse, sowohl positive als auch negative ökologische, ökonomische und soziale Auswirkungen haben kann.

Wo Licht ist, dort ist auch Schatten, dies trifft auf jede Art von Energieträgern zu. Es kommt jedoch nur darauf an, sie intelligent, zukunftsfähig, nachhaltig und für die Umwelt und die Menschheit ungefährlich einzusetzen.

Gerade beim Einsatz von Biomasse ist darauf zu achten, dass die Flächen für die Bioenergienutzung nicht konkurrieren mit jenen für die Nahrungsmittelproduktion, da dies u.a. zum Aussterben zahlreicher Tierarten und zur Rodung von Regenwäldern führen kann. Die Nutzung von Biomasse trägt jedoch erheblich zum Klimaschutz (CO_2-Neutralität) und zum Ersatz fossiler Brennstoffe und Energieträger bei.

Biomasse ist vielen anderen erneuerbaren Energieträgern überlegen, da sie keinen witterungs- und saisonal bedingten Schwankungen unterliegt und jederzeit bedarfsgerecht zur Verfügung steht.

Durch die Nutzung erneuerbarer Energien in der Industrie bieten sich einige Vorteile. Die Eigenversorgung mit Energie aus Biomasse ist technisch möglich und aus wirtschaftlicher Sicht auch sinnvoll. Es wird ein wertvoller Beitrag zur Erreichung des Kyoto-Zieles erbracht. Die heimische Wirtschaft wird durch regionale Wertschöpfung gestärkt, und eine gewisse Vorbildwirkung wird erreicht.

In vielen österreichischen Gemeinden schafft die Energie aus Biomasse Unabhängigkeit. Es gibt einige Klima- und Energiemodellregionen, die auf diese Art der Energie- und Wärmeerzeugung setzen und so die Weichen für einen energieeffizienten und schadstoffarmen Umgang mit Energie stellen.

Derzeit ist Biomasse der wichtigste Energieträger unter den erneuerbaren Energien. In den nächsten Jahren wird sich die Nutzung von Biomasse (erheblich) steigern, jedoch ist auch dieser Energieträger (leider) endlich. Ob es jemals möglich und sinnvoll sein wird, den gesamten Primärenergiebedarf durch Biomasse zu decken, kann aus heutiger Sicht (noch) nicht beantwortet werden.

Es muss eine Strategie über die ökonomisch, ökologisch und sozial effizientesten Nutzungsmöglichkeiten der verfügbaren Biomasse erarbeitet werden, um die Potenziale ausschöpfen zu können. Die Technologie muss weiterentwickelt und optimiert werden, um den größtmöglichen Ertrag zu erzielen. Es gibt noch einiges zu tun ...

Literaturverzeichnis

Monographien

Amon, T. et al.	Biogas – Strom und Gülle aus Biomasse, Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster, 2002
Bockhorst, M.	ABC Energie – Energieerzeugung und Energienutzung – Probleme und Lösungsansätze, Books on Demand GmbH, Bonn, 2002
Bundesministerium für Wirtschaft, Familie und Jugend	Energiestatus Österreich 2013 (Entwicklung bis 2011), Wien, April 2013
Dannenberg, M., Duracak, A.	Energien der Zukunft – Sonne, Wind, Wasser, Biomasse, Geothermie, Primus Verlag, Darmstadt, 2012
Eder, B., Schulz, H.	Biogas Praxis – Grundlagen, Planung, Anlagenbau, Beispiele, Wirtschaftlichkeit, 3. Auflage, ökobuch Verlag, Staufen bei Freiburg, 2006
Görisch, U., Helm, M. (Hrsg.)	Biogasanlagen – Planung, Errichtung und Betrieb von landwirtschaftlichen und industriellen Biogasanlagen, 2. Auflage, Eugen Ulmer KG, Stuttgart, 2007
Kaltschmitt, M. (Hrsg.), Streicher, W., Wiese, A.	Erneuerbare Energien – Systemtechnik, Wirtschaftlichkeit, Umweltaspekte, 5. erweiterte Auflage, Springer Berlin Heidelberg, 2013
Kaltschmitt, M., Hartmann, H., Hofbauer, H. (Hrsg.)	Energie aus Biomasse – Grundlagen, Techniken und Verfahren, 2. neu überarbeitete und erweiterte Auflage, Springer Berlin Heidelberg, 2009

Kaltschmitt, M., Streicher, W. (Hrsg.)	Regenerative Energien in Österreich – Grundlagen, Systemtechnik, Umweltaspekte, Kostenanalyse, Potenziale, Nutzung, 1. Auflage, Vieweg+Teubner Verlag, Wiesbaden, 2009
Khartchenko, N. V.	Umweltschonende Energietechnik, 1. Auflage, Vogel Buchverlag, Würzburg, 1997
Kranzl, L., Haas, R.	Strategien zur optimalen Erschließung der Biomassepotenziale in Österreich bis zum Jahr 2050 mit dem Ziel einer maximalen Reduktion an Treibhausgasemissionen, Wien, September 2008
Quaschning, V.	Regenerative Energiesysteme, Technologie – Berechnung – Simulation, 8. aktualisierte und erweiterte Auflage, Hanser Verlag, München, 2013
Wagner, H. J., Wiegandt, K. (Hrsg.)	Was sind die Energien des 21. Jahrhunderts? Der Wettlauf um die Lagerstätten, Fischer Taschenbuch Verlag, 2. Auflage, Frankfurt am Main, 2007
Watter, H.	Regenerative Energiesysteme, Systemtechnik und Beispiele nachhaltiger Energiesysteme aus der Praxis, 3. Auflage, Springer Vieweg, Wiesbaden, 2013

Sammelbände

Bohn, T. (Hrsg.)	Nutzung regenerativer Energie, Band 13 – Handbuchreihe Energie, Technischer Verlag Resch, Verlag TÜV Rheinland, 1988
Hirschl, B. et al.	Markt- und Kostenentwicklung erneuerbarer Energien, 2 Jahre EEG – Bilanz und Ausblick, Band A 151, Erich Schmidt Verlag, Berlin, 2002
Schmid, J. et al.	Systemanalyse zur Transformation der Energiesysteme bis 2050, Fraunhofer IWES, Jahrestagung des ForschungsVerbunds Erneuerbare Energien, Berlin, 2011

Zeitschriftenartikel und Broschüren

Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft	Biokraftstoffbericht 2013 – Daten zu Biokraftstoffen in Österreich für das Berichtsjahr 2012, Juni 2013
Das Land Steiermark	Grüner Bericht Steiermark 2004/2005, Bericht über die Lage der Land- und Forstwirtschaft in der Steiermark
Fricke, K., Fischer, J.	Die ökologische Bedeutung der Biomassenutzung, TU Braunschweig, IGW Ingenieurgemeinschaft Turk & Fricke GmbH
Green Jobs Austria, Florian Beer (GF)	Green Tech Report 2013 – Innovative erneuerbare Energien in Betrieben, Wien, 2013
Lebensministerium	Erneuerbare Energie in Zahlen – Die Entwicklung erneuerbarer Energie in Österreich im Jahr 2011, Wien, März 2013
Milles, U.	Kraft und Wärme koppeln, basisEnergie 21, BINE Informationsdienst, FIZ Karlsruhe, 2006
ÖBMV – Österreichischer Biomasseverband	Bioenergie 2020 – Wärme, Strom, Treibstoffe, Broschüre, 2011
ÖBMV – Österreichischer Biomasseverband	Auf dem Weg zur energieautarken Gemeinde, Broschüre, 2011
Reisenhofer, E. et al.	Prozesswärmeversorgung auf Basis Biomasse am Beispiel der Tirol Milch Wörgl, 2011
Streicher, W.	Energieautarkie für Österreich 2050, Endbericht, 2010

Internetquellen

Abfallwirtschaft Steiermark	http://www.abfallwirtschaft.steiermark.at
Beuth Verlag	http://www.beuth.de
Biomasseverband	http://www.biomasseverband.at
BIOS Bioenergiesysteme	http://www.bios-bioenergy.at
Blockheizkraftwerk Verbraucherportal	http://ihrbhkw.de
Brasa	http://www.brasafire.de
Bundesministerium für Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft	http://m.bmwfw.gv.at
Das ökoEnergieland	http://www.oekoenergieland.at
Deutsches Pelletinstitut Berlin	http://www.depi.de
„die“ Umweltberatung	http://www.umweltberatung.at
Die Welt	http://www.welt.de
E-Control	http://www.e-control.at
e5-Gemeinden	http://www.e5-gemeinden.at
EEE GmbH	http://www.eee-info.net
energie-autark	http://www.energie-autark.at
energie:bau	http://www.energie-bau.at
Energiesparen im Haushalt	http://www.energiesparen-im-haushalt.de
Europäische Union	http://europa.eu
Europäisches Zentrum für erneuerbare Energien Güssing	http://www.eee-info.net
Grazer Energie Agentur	http://www.grazer-ea.at
Holzpellets	http://www.holzpellets.net

Initative Gas	http://initiative-gas.at
Land- und Forstwirtschaft in der Steiermark	http://www.agrar.steiermark.at
Marktgemeinde Kötschach-Mauthen	http://www.koetschach-mauthen.gv.at
Nachrichten aus ganz Österreich	http://www.meinbezirk.at
ökonews	http://www.oekonews.at
Österreichische Gesellschaft für Umwelt und Technik	http://www.oegut.at
ProPellets Austria	http://www.propellets.at
Science Center Netzwerk	http://www.science-center-net.at
Stadtgemeinde Güssing	http://www.guessing.co.at
Stadtgemeinde Mureck	http://www.mureck.gv.at
Stadtwärme Lienz	http://www.stadtwaerme-lienz.at
Stadtwerke Erdgas Plauen	http://www.stadtwerke-erdgas-plauen.de
Thema Energie	http://www.thema-energie.de
TÜV Rheinland	http://www.tuv.com
Umwelt-Gemeinde-Service	http://www.umweltgemeinde.at
Umweltbundesamt	http://www.umweltbundesamt.at
Verband der Elektrotechnik	http://www.vde.com
Wien Energie	http://www.wienenergie.at
Zukunft Europa	http://www.zukunfteuropa.at

Sonstiges

DIN-Workshop	Energiemanagementsysteme – DIN EN ISO 50001 ersetzt die DIN EN 16001 – Ein Erfolgsmodell wird international, Beuth Verlag GmbH, Berlin, 2011
Hirschberger, P. et al.	Potenzial der Biomassenutzung aus dem Österreichischen Wald unter Berücksichtigung der Biodiversität - Naturverträgliche Nutzung forstlicher Biomasse zur Wärme- und Stromgewinnung unter besonderer Berücksichtigung der Flächen der Österreichischen Bundesforste, Studie des WWF in Zusammenarbeit mit den Österreichischen Bundesforste, Endfassung, Oktober 2006
Kraftstoffverordnung (VO Nr. 418/1999 i.d.F. 417/2004)	Verordnung des Bundesministers für Umwelt, Jugend und Familie über die Festlegung der Qualität von Kraftstoffen

Glossar

anaerob:
Lebewesen, die für ihren Stoffwechsel keinen Sauerstoff verwenden oder sogar durch ihn gehemmt oder abgetötet werden.

Brennwert (H_S):
Unter dem Brennwert versteht man die Wärmemenge, die frei wird, wenn ein Stoff vollständig verbrannt (oxidiert) wird, gefolgt von der Abkühlung der Verbrennungsgase auf 25 °C, sowie deren Kondensation.

Bruttoinlandsprodukt (BIP):
Das Bruttoinlandsprodukt misst die Produktion von Waren und Dienstleistungen im Inland nach Abzug aller Vorleistungen.

Bruttoinlandsverbrauch:
Der Bruttoinlandsverbrauch bezeichnet die Menge an Energie, die benötigt wird, um den inländischen Energiebedarf zu decken.

Energieimportabhängigkeit:
Darunter versteht man, inwieweit eine Wirtschaft auf Importe angewiesen ist, um seinen eigenen Energiebedarf zu decken.

Energieintensität:
Verhältnis zwischen dem Netto-Inlandsverbrauch an Energie und dem Bruttoinlandsprodukt (BIP), gemessen in kg ROE (Rohöleinheiten) pro 1000 €.

Festmeter (Fm):
Maßeinheit für 1 Kubikmeter (m^3) feste Holzmasse.

Fototrophie:
Ernährungsweise, bei der die Energie für Wachstum und Erhaltungsstoffwechsel aus dem Licht stammt, also durch Fotosynthese gewonnen wird.

Heizwert (H_U):
Der Heizwert bezeichnet die Wärmemenge, die freigesetzt wird, bei der Verbrennung und anschließender Abkühlung auf die Ausgangstemperatur des brennbaren Gemisches. Der bei der Verbrennung entstandene Wasserdampf bleibt gasförmig.

Kraft-Wärme-Kopplung:
Unter dem Begriff der Kraft-Wärme-Kopplung versteht man die gleichzeitige Energieumwandlung von chemischer Brennstoffenergie in thermische und mechanische und/oder elektrische Energie. Liegt die elektrische Leistung unter 50 kW, so spricht man von einer **Mikro-KWK**.

Maximaler photosynthetischer Wirkungsgrad:
Der maximale Ertrag an Pflanzenmasse wird mit 30 t Trockenmasse (TM) pro Hektar und Jahr für Lignocellulose (= komplexes Biopolymer) angegeben.

Mesophil (Bakterien):
Bakterien die bei Temperaturen von 20-45 °C leben.

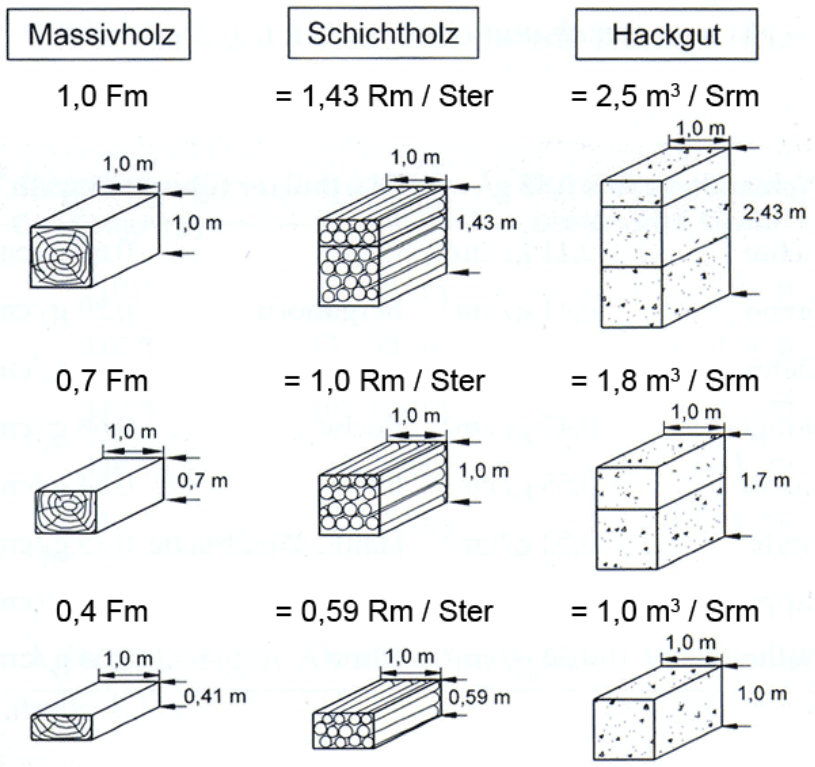
Nutzungsgrad:
Unter dem Nutzungsgrad versteht das Verhältnis aus einem maximal möglichen und einem tatsächlich erreichbaren Wert einer Bezugsgröße.

Primärenergie:
Als Primärenergie bezeichnet man die Energie, die mit den ursprünglich vorkommenden Energieformen oder -quellen zur Verfügung steht. Dazu zählen Brennstoffe wie Erdöl, Erdgas und Kohle, aber auch Energieträger wie Sonne, Wind und natürlich vorkommendes Uran.

Raummeter (Rm):
Volumen (m^3) von aufgeschichteten Holzteilen.

Schüttraummeter (Srm):

Volumen (m^3) von lose geschüttetem bzw. aufgehäuftem Holzmaterial.



Quelle: http://www.holzbrennstoffe.de/index.php?plink=masseinheiten

Wattstunde (Wh):

Energie, die eine Maschine mit einer Leistung von einem Watt in einer Stunde aufnimmt, bzw. abgibt.

1 Liter Öl	10 kWh
1 m^3 Gas	10 kWh
1 kg Steinkohle	7,5 kWh
1 rm Holz	2000 kWh

Wirkungsgrad:

Der Wirkungsgrad ist ein Maß für die Effizienz von Energieumwandlungen. Er bezeichnet das Verhältnis zwischen gewonnener Arbeit und zugeführter Energie.

Anhang 1

Herausforderungen und strategische Ansätze der Forst- und Holzwirtschaft[110]

Blick in die Gegenwart

Stärken
- nachhaltige Forstwirtschaft
- CO_2-neutraler Rohstoff
- kostengünstiger als fossile Rohstoffe
- Know-how und Technologiekompetenz bei Ernte und Aufbereitung
- regionale Produktion „Holz der kurzen Wege"
- Organisationsgrad der heimischen Waldbesitzer (Waldverbände)

Schwächen
- Kopplung des Anfalls von Energieholz, Pellets und Sägenebenprodukten an Sägerundholzmarkt
- Besitzstrukturen (bäuerlicher Kleinwald, hofferne Waldbesitzer)
- kaum positive Deckungsbeiträge bei Energieholz
- fehlende Standardisierung
- Einzelkämpfer

Blick in die Zukunft

Chancen
- ungenutzte Reserven im bäuerlichen Kleinwald
- steigende Öl- und Gaspreise durch Verknappung
- steigende Holzpreise aufgrund erhöhter Nachfrage
- international boomender Pelletsmarkt
- Klimadiskussion

Stärken–Chancen–Strategien
- Nutzung der nachhaltig verfügbaren Reserven
- Aufbau schlagkräftiger Bereitstellungsstrukturen für forstliche Biomasse
- Optimierung von Ernte, Logistik und Aufbereitung von Energieholz
- Ausbau der internationalen Technologieführerschaft bei Produktion und Nutzung von Pellets

Schwächen–Chancen–Strategien
- Forcierung der Durchforstung
- Offensive zur Mobilisierung der Holzreserven im bäuerlichen Kleinwald und bei hoffernen Waldbesitzern
- Vorantreiben der Standardisierung von Energieholzsortimenten und der Energieholzübernahme
- Internationalisierung der Pelletsversorgung

Risiken
- Zunahme von Schadereignissen
- Diskussion stoffliche versus energetische Nutzung
- verstärkte Naturschutzauflagen
- Nachhaltigkeitskriterien und Zertifizierung
- Gefährdung der Standortsproduktivität durch Nutzung von Schlagabraum
- Rückläufige Investitionen in die Infrastruktur

Stärken–Risiken–Strategien
- generelle Forcierung von Holz als CO_2-neutralem Baustoff und Energieträger
- Forcierung von dezentralen, in regionale Versorgungsstrukturen eingebetteten Projekten
- Einbringen heimischer Interessen in internationale Nachhaltigkeitsdiskussion
- Beratungstool für Praxis bzgl. Nutzung von Schlagabraum
- richtige Baumartenwahl

Schwächen–Risiken–Strategien
- Erhalt und Ausbau der forstlichen Infrastruktur (v. a. Wegenetz) im bäuerlichen Kleinwald und bei hoffernen Waldbesitzern
- stärkere gemeinsame Positionierung der Wertschöpfungskette Holz (Forst/Holz/Papier/Energie) in der Auseinandersetzung mit der fossilen Energiewirtschaft und der Beton- und Stahlindustrie sowie in Naturschutzfragen

[110] ÖBMV: Bioenergie 2020 – Wärme, Strom, Treibstoffe, Broschüre, 2011, S. 24.

Anhang 2

Herausforderungen und strategische Ansätze der Landwirtschaft[111]

Blick in die Gegenwart

Stärken
- nachhaltige Produktion
- CO_2-neutraler Rohstoff
- kostengünstiger als fossile Rohstoffe
- regionale Produktion „Rohstoff der kurzen Wege"
- Organisationsgrad der heimischen Landwirte (Maschinenringe)
- Reststoffe stehen nicht in Konkurrenz zur Produktion von Nahrungsmitteln

Schwächen
- fehlende Standardisierung der Brennstoffe
- fehlende rechtliche Rahmenbedingungen
- teilweise ungünstigere Brennstoffeigenschaften als Holz – Brennstoffvielfalt
- Ernte, Logistik und Aufbereitung
- Umstieg auf Dauerkultur schränkt Flexibilität ein
- bislang wenig Forschungs- und Züchtungsaktivitäten

Blick in die Zukunft

Chancen
- steigende Nachfrage wegen begrenzter Ausbaupotenziale im Wald
- steigende Öl- und Gaspreise durch Verknappung
- Zusatzeinkommen für Acker- und Grünlandbauern
- Alternative für Betriebe, die aus Viehhaltung aussteigen
- Volatile Preise auf Lebens- und Futtermittelmärkten
- Klimadiskussion

Stärken–Chancen-Strategien
- Nutzung der nachhaltig verfügbaren Potenziale bei Energiepflanzen und Reststoffen
- Aufbau schlagkräftiger Bereitstellungsstrukturen
- Forcierter Einsatz in dezentralen Projekten und bäuerlichen Betrieben
- Diversifizierung der Rohstoffquellen bei Heizwerken und Biogasanlagen

Schwächen–Chancen-Strategien
- Erarbeiten von Liefer- und Abnahmemodellen mit längerfristig gesicherten Preisen
- Optimierung von Ernte, Logistik und Aufbereitung
- Intensivierung von Forschung und Züchtung
- Standardisierung agrarischer Brennstoffe und deren Übernahme
- Schaffen von rechtlichen Rahmenbedingungen für den Einsatz agrarischer Rohstoffe

Risiken
- Diskussion um Extensivierung der Landnutzung
- Konkurrenz zur Produktion von Futtermitteln für die Veredlungswirtschaft
- Konkurrenz zur Produktion von Lebensmitteln
- Nachhaltigkeitskriterien und Zertifizierung

Stärken–Risiken-Strategien
- Einbringen heimischer Interessen in internationale Nachhaltigkeitsdiskussion
- Anreize zur Mobilisierung von Reststoffen schaffen
- Vorrang für Produktion von Lebens- und Futtermitteln
- Energiepflanzenproduktion auf Überschuss- und Restflächen fokussieren

Schwächen–Risiken-Strategien
- Forschung hinsichtlich der Auswirkungen des Anbaus von Energiepflanzen auf die Biodiversität intensivieren
- Interessen von Naturschutz und Nutzung von Reststoffen bündeln

[111] ÖBMV: Bioenergie 2020 – Wärme, Strom, Treibstoffe, Broschüre, 2011, S. 25.

Anhang 3

Herausforderungen und strategische Ansätze im Treibstoffmarkt[112]

Blick in die Gegenwart

Stärken
- heimische Unternehmen gehören zu den Technologieführern
- hohe heimische Forschungskompetenz
- Nebenprodukte von Biotreibstoffen der ersten Generation reduzieren Futtermittelimporte
- wichtigster Beitrag zur CO_2-Reduktion im Verkehrssektor

Schwächen
- Importbedarf bei Biodiesel
- technologische Grenzen bei Beimischung
- fehlende Freigaben von Autoherstellern
- schwankende Rohstoffpreise gefährden Wirtschaftlichkeit
- teilweise Qualitätsprobleme bei der Lagerung
- fehlende Rahmenbedingungen für Biomethan

Blick in die Zukunft

Chancen
- klare Rahmenbedingungen zur Markteinführung (Ziele für Beimischung, steuerliche Anreize)
- Mineralölwirtschaft setzt auf Biotreibstoffe
- Forcierung von Pflanzenöl und Biomethan in der Landwirtschaft

Stärken–Chancen-Strategien
- weitere Umsetzung des geplanten Biotreibstoff-Pfades
- Substitution von fossilem Diesel durch Pflanzenöl oder Biomethan in der Landwirtschaft zur Verringerung der Abhängigkeit von fossilem Energieinput

Schwächen–Chancen-Strategien
- Forcierung der Reinverwendung von Biotreibstoffen in Kooperation mit der Autoindustrie
- Schaffen von klaren rechtlichen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen für die Einspeisung von Biomethan ins Erdgasnetz und dessen Einsatz in der Mobilität

Risiken
- Verschärfung der unsachlichen Diskussion „Tank versus Teller" und „Regenwaldrodung"
- Biotreibstoffe der zweiten Generation könnten Diskussion „stoffliche versus energetische Holznutzung" verschärfen
- zu starker Fokus auf Beimischung gefährdet Reinverwendung

Stärken–Risiken-Strategien
- Versachlichung der Diskussion „Tank versus Teller"
- Intensivierung von Forschung und Entwicklung bei der Erzeugung von Biotreibstoffen der zweiten Generation – speziell hinsichtlich der Verwendung von agrarischen Reststoffen

Schwächen–Risiken-Strategien
- klare Abgrenzung zwischen heimischer Biotreibstoff-Produktion und Importen aus nicht nachhaltigen Quellen
- Forcierung von dezentralen Anlagen zur Produktion von Pflanzenöl, Biodiesel und Biomethan, Ausbau des regionalen Tankstellennetzes und Schaffen von Anreizen für die Flottenumstellung

[112] ÖBMV: Bioenergie 2020 – Wärme, Strom, Treibstoffe, Broschüre, 2011, S. 28.

Eidesstattliche Erklärung

Ich versichere hiermit, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig ohne fremde Hilfe verfasst und keine anderen als die im Literaturverzeichnis angegebenen Quellen benutzt habe.

Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten oder noch nicht veröffentlichten Quellen entnommen sind, sind als solche kenntlich gemacht.

Die Zeichnungen oder Abbildungen in dieser Arbeit sind von mir selbst erstellt worden oder mit einem entsprechenden Quellennachweis versehen.

Diese Arbeit ist in gleicher oder ähnlicher Form noch bei keiner anderen Prüfungsbehörde eingereicht worden.

Ort, Datum	Romana Greiner