



FACHHOCHSCHUL-BACHELORSTUDIENGANG

Bio- und Umwelttechnik

Vergleich des Deutschen und des Österreichischen Ökostromgesetzes anhand von Fallbeispielen

ALS BACHELORARBEIT EINGEREICHT

zur Erlangung des akademischen Grades

Bachelor of Science in Engineering

von

Klemens Obermaier

Februar 2010

Betreuung der Bachelorarbeit durch

DI Harald Bala MSc

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die angegebenen Quellen nicht benutzt, die den benutzten Quellen entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe und dass diese Arbeit mit der vom Begutachter beurteilten Arbeit übereinstimmt.

Die Arbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch nicht veröffentlicht.

.....
Klemens Obermaier

Atzbach, 15. Februar 2010

KURZFASSUNG

Um unser Klima zu schützen wird nun vermehrt Strom aus erneuerbaren Energieträgern gewonnen. Zur Förderung von Ökostrom haben sich Österreich und Deutschland unterschiedliche Modelle ausgedacht, die in dieser Arbeit verglichen werden. Zuerst werden die Entwicklungen in der Stromerzeugung behandelt und gezeigt, dass Österreich schon immer einen großen Anteil an Ökostrom produziert hat und Deutschland großen Aufholbedarf hat. Anschließend werden die einzelnen Ökostromarten aus der technischen Sicht betrachtet und die Funktionsweise der einzelnen Technologien (Biomasse, Biogas, Wasserkraft, Photovoltaik und Windkraft) erklärt. Danach werden die Stromtarife der beiden Gesetze einander gegenübergestellt. Für den direkten Vergleich werden die Fördermodelle an Beispiel-Anlagen angewendet und die zu erwartenden Erlöse errechnet. Es zeigt sich, dass die Tarife für Ökostrom in Deutschland viel höher sind und, mit Ausnahme von Windkraft, der Erlös deutlich größer ist, als bei einer vergleichbaren Anlage in Österreich.

ABSTRACT

Because of climate protection more electricity is produced from renewable sources. To advance the development of green electricity Austria and Germany have made different laws. These two laws are compared in this paper. At first the production of electricity in the two countries in the last few years is mentioned. It turns out that Austria has always produced a lot of green electricity while Germany has not. Furthermore the different technologies to produce green electricity (Biomass, Biogas, Hydropower, Photovoltaic and Wind power) are introduced and explained. Afterwards the electricity rates of the two laws are compared. Finally these rates are used to calculate the revenue of sample plants. It turned out that the rates for green electricity in Germany are much higher than they are in Austria. Except of Wind power, all plants show up a higher revenue in Germany than in Austria.

INHALTSVERZEICHNIS

1. EINLEITUNG	1
2. Entwicklung der Stromerzeugung	2
2.1. Stromerzeugung in Österreich	2
2.2. Stromerzeugung in Deutschland	4
3. Arten von Ökostrom	6
3.1. Sonne	7
3.1.1 Definition	7
3.1.2 Prinzip	7
3.1.3 Daten	9
3.2. Wasser	10
3.2.1 Wasserkraftwerke	10
3.2.1.1 Definition	10
3.2.1.2 Prinzip	10
3.2.2 Wellenkraftwerke	14
3.2.3 Gezeitenkraftwerke	16
3.3. Wind	18
3.3.1 Definition	18
3.3.2 Prinzip	18
3.3.3 Aufbau eines Windkraftwerks:	19
3.3.4 Daten	19
3.4. Biomasse	20
3.4.1 Feste Biomasse	20
3.4.2 Flüssige Biomasse	21
3.4.3 Gasförmige Biomasse	22
3.4.4 Deponiegas	23
3.4.5 Klärgas	23
3.5. Geothermie	24

4. Vergleich des österreichischen Ökostromgesetzes und des deutschen Erneuerbare-Energien-Gesetzes	25
4.1. Österreich – Ökostromgesetz	25
4.2. Deutschland – Erneuerbare Energien Gesetz	25
4.3. Vergleich der Tarife	26
4.3.1 Rohstoffunabhängige Ökostromtarife	26
4.3.1.1 Windkraft	26
4.3.1.2. Geothermie	27
4.3.1.3. Photovoltaik	28
4.3.1.4 Wasserkraft	29
4.3.1.5 Grubengas, Deponiegas und Klärgas	30
4.3.2 Rohstoffabhängige Ökostromtarife	31
4.3.2.1 Feste Biomasse	31
4.3.2.2 Flüssige Biomasse	32
4.3.2.3 Biogas	33
4.4. Fallbeispiele	34
4.4.1 Wind	34
4.4.2 Geothermie	35
4.4.3 Photovoltaik	36
4.4.4 Wasserkraft	37
4.4.5 Klärgas	38
4.4.6 Grubengas	38
4.4.7 Deponiegas	39
4.4.8 Biomasse fest	40
4.4.9 Biomasse flüssig	41
4.4.10 Biomasse gasförmig	42
5. Zusammenfassung und Ausblick	43
6. LITERATUR	45

Tabellen Verzeichnis

Tabelle 1: Stromerzeugung nach Energieträgern - in TWh von 1920-2008	3
Tabelle 2: Stromerzeugung nach Energieträgern - in TWh von 1990-2008	5
Tabelle 3: Österreichische Tarife für Windkraft	26
Tabelle 4: Deutsche Tarife für Windkraft	26
Tabelle 5: Österreichische Tarife für Geothermie.....	27
Tabelle 6: Deutsche Tarife für Geothermie.....	27
Tabelle 7: Österreichische Tarife für Photovoltaik	28
Tabelle 8: Deutsche Tarife für Photovoltaik	28
Tabelle 9: Deutsche Tarife für Kleinwasserkraft	29
Tabelle 10: Österreichische Tarife für Deponiegas und Klärgas	30
Tabelle 11: Deutsche Tarife für Deponie-, Klär und Grubengas	30
Tabelle 12: Österreichische Tarife für feste Biomasse	31
Tabelle 13: Deutsche Tarife für feste Biomasse	31
Tabelle 14: Österreichische Tarife für Strom aus flüssiger Biomasse.....	32
Tabelle 15: Deutsche Tarife für Strom aus flüssiger Biomasse	32
Tabelle 16: Österreichische Tarife für Biogas	33
Tabelle 17: Deutsche Tarife für Strom aus Biogas	33
Tabelle 18: Berechnung Wind.....	34
Tabelle 19: Berechnung Geothermie.....	35
Tabelle 20: Berechnung Photovoltaik.....	36
Tabelle 21: Berechnung Wasserkraft	37
Tabelle 22: Berechnung Klärgas	38
Tabelle 23: Berechnung Deponiegas.....	39
Tabelle 24: Berechnung feste Biomasse	40
Tabelle 25: Berechnung flüssige Biomasse	41
Tabelle 26: Berechnung Biogas	42
Tabelle 27: Zusammenfassende Darstellung der Erlöse	43

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Österreichische Stromerzeugung von 1920 bis 2008 (eigene Darstellung).....	2
Abbildung 2: Deutsche Stromerzeugung von 1990 bis 2008 (eigene Darstellung).....	4
Abbildung 3: Darstellung der Ökostromquellen von Ökostrom.at	6
Abbildung 4: Modell einer Solarzelle	8
Abbildung 5: PV-Dachanlage in Hattenhofen (Bayern)	9
Abbildung 6: Modell eines Laufkraftwerks	11
Abbildung 7: Modell eines Speicherkraftwerks.....	11
Abbildung 8: Modell eines Pumpspeicherkraftwerks	12
Abbildung 9: Pelamis Wave Energy Konverter.....	14
Abbildung 10: Modell eines klassischen Gezeitenkraftwerks mit Staudamm.....	16
Abbildung 11: Windpark Parndorf.....	18
Abbildung 12: Marktpreientwicklung der EEX-Leipzig 2003 -2010.....	29

1. EINLEITUNG

Am 27. Oktober 2001 trat die EU-Richtlinie 2001/77/EG zur Förderung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energiequellen im Elektrizitätsbinnenmarkt in Kraft. Die Richtlinie hatte den Zweck, den Anteil an Erneuerbaren Energieträgern zur Stromerzeugung in der EU zu steigern und die Grundlage für einen künftigen Gemeinschaftsrahmen zu bilden. Der Anteil der Erneuerbaren Energieträger an der Stromerzeugung sollte bis 2010 im EU-Mittel von 13 % auf 22 % steigen (EU 25).

Aus den Vorgaben dieser EU-Richtlinie wurde vom österreichischen Nationalrat 2002 das Ökostromgesetz (ÖSG) verabschiedet.¹ In Deutschland ist bereits am 29. März 2000 das sogenannte „Erneuerbare Energien Gesetz“ (EEG) in Kraft getreten.² Beide Gesetze sind sich ähnlich. Das Prinzip basiert darauf, dass jeder, der Ökostrom erzeugt, diesen auch einspeisen darf (Kontrahierungspflicht), und dafür einen gesetzlich geregelten Tarif pro Kilowattstunde bekommt. Neben unterschiedlichen Tarifen unterscheiden sich das österreichische und das deutsche Modell auch noch in anderen Details, auf die im Verlauf der Arbeit eingegangen wird.

Neben den bestehenden Gesetzen unterscheidet die beiden Länder auch die Geschichte. Österreich hat immer schon auf Wasserkraft gesetzt und bei der Entstehung der Richtlinie 2001/77/EG bereits 70 % des Stroms aus erneuerbaren Energien produziert. Deutschland hingegen produzierte Strom zumeist aus Kohle und Atomkraft.

Mit Erneuerbaren Energieträgern sind im Wesentlichen alle Energiequellen gemeint, die nicht auf fossile Brennstoffe zurückgehen: Wind, Sonne, Erdwärme, Wellen- und Gezeitenenergie, Wasserkraft, Biomasse, Deponiegas, Klärgas und Biogas.³

¹ BM für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (Österreich)

² BM für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Deutschland)

³ Richtlinie 2001/77/EG des Europäischen Parlaments und des Rates

2. Entwicklung der Stromerzeugung

2.1. Stromerzeugung in Österreich

Wie bereits erwähnt war Österreich schon immer ein Vorzeigestaat in der Nutzung erneuerbarer Energieträger. Der Grund dafür liegt weniger in dem Umweltbewusstsein der Österreicher, sondern in der einfachen Verfügbarkeit der Wasserkraft. Die ältesten online-verfügbaren Aufzeichnungen der Energie-Control gehen zurück bis 1920. Damals wurden in ganz Österreich 1,7 TWh Strom erzeugt. Zum Vergleich: Im Jahr 2008 wurden in Österreich 67,0568 TWh Strom erzeugt.

1920 wurden bereits 51% aus Wasserkraft gewonnen. Aus Abbildung 1 lässt sich deutlich erkennen, dass Wasserkraft immer Hauptenergiequelle war und immer noch ist. Die anderen erneuerbaren Energiequellen nehmen nur einen sehr kleinen Stellenwert ein. Das liegt daran, dass ihre Nutzung erst seit dem ÖSG entsprechend gefördert wird. Die zweithäufigsten Stromproduzenten sind die Kalorischen Kraftwerke.⁴

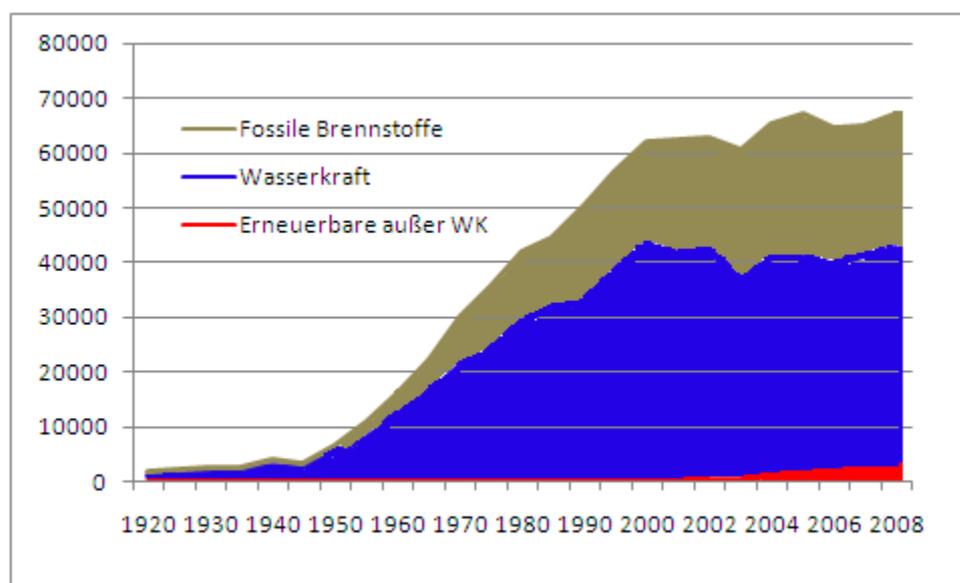


Abbildung 1: Österreichische Stromerzeugung von 1920 bis 2008 (eigene Darstellung)

Man erkennt, dass der Stromverbrauch von 1920 bis 1950 nur geringfügig anstieg, um danach umso deutlicher anzusteigen. Ab 2000 flachte dieser Trend ab. Auffällig ist, dass in Zeiten des stark steigenden Stromverbrauchs vermehrt auf fossile Brennstoffe zurückgegriffen wurde.

⁴ E-Control; Jahresreihen

Die folgende Tabelle ist eine Sammlung von Daten der E-Control. Aus diesen Werten wurde die Abbildung 1 erstellt und auch später wird noch mehrmals darauf zurückgegriffen.

Tabelle 1: Stromerzeugung nach Energieträgern - in TWh von 1920-2008⁵

	Fossile Brennstoffe	Wasserkraft	Erneuerbare außer WK	Sonstige	Gesamt
1920	850	918	0	0	1768
1925	810	1330	0	0	2140
1930	750	1750	0	0	2500
1935	458	2037	0	0	2495
1940	1135	2676	0	0	3811
1945	854	2326	0	0	3180
1950	1375	4976	0	0	6351
1955	2847	7905	0	0	10752
1960	4083	11882	0	0	15965
1965	6158	16082	0	0	22240
1970	8796	21240	0	0	30036
1975	11460	23745	0	0	35205
1980	12876	29090	0	0	41966
1985	12932	31603	0	0	44535
1990	17921	32492	0	0	50413
1995	18110	38477	0	0	56587
2000	18270	43461	67	0	61798
2001	20416	41731	106	0	62253
2002	20294	42266	209	316	63085
2003	24485	35635	379	119	60618
2004	24327	39909	939	318	65493
2005	26126	39574	1347	312	67359
2006	24680	38039	1766	121	64606
2007	23521	39164	2059	24	64768
2008	24380	40677	2031	32	67120

⁵ Jahresreihe der E-Control; http://www.e-control.at/portal/pls/portal/portal.kb_folderitems_xml.redirectToItem?pMasterthingId=433374

2.2. Stromerzeugung in Deutschland

Die deutsche Stromerzeugung ist nicht wie in Österreich von zwei Energiequellen dominiert, sondern vielseitiger. 1997 wurde bei der Festlegung der Ökostromziele in der EU-Richtlinie 2001/77/EG ein Anteil an Erneuerbaren Energieträgern von 4,5 % ermittelt.⁶

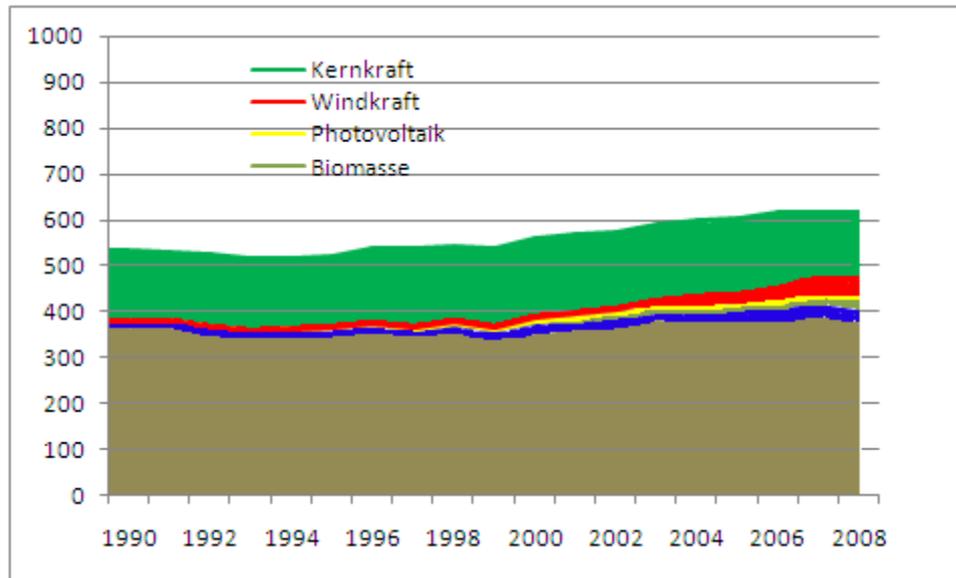


Abbildung 2: Deutsche Stromerzeugung von 1990 bis 2008 (eigene Darstellung)

Wie aus Abbildung 2 ersichtlich waren es im Jahr 1997 24,3 TWh. Im Jahr 2008 produzierte Deutschland bereits 98,1 TWh Strom aus Erneuerbaren Energieträgern. Das entspricht 15,3 % der Stromerzeugung.⁷

Die Quelle für Abbildung 2 stellen Daten des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technik dar, die in Tabelle 2 zusammengefasst wurden. Später werden auch Ökostromanteile und –menge aus dieser Tabelle entnommen bzw. berechnet.

⁶ Richtlinie 2001/77/EG des Europäischen Parlaments und des Rates

⁷ Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (Deutschland);

Tabelle 2: Stromerzeugung nach Energieträgern - in TWh von 1990-2008⁸

	Fossile Brennstoffe	Wasserkraft	Biomasse	Photovoltaik	Windkraft	Kernkraft	Sonstige	Gesamt
1990	358,4	19,7	0	0	0	152,5	19,3	549,9
1991	359,2	19,2	0	0	0,1	147,4	14,3	540,2
1992	342,6	21,9	0	0	0,3	158,8	14,6	538,2
1993	336,6	22,3	0	0	0,6	153,5	14,1	527,1
1994	336,9	23,5	0	0	0,9	151,2	16,0	528,5
1995	339,9	25,2	0	0	1,5	154,1	16,1	536,8
1996	350,7	22,7	0	0	2,0	161,6	15,6	552,6
1997	340,3	22,0	0	0	3,0	170,3	16,7	552,3
1998	350,3	22,5	1,1	0	4,5	161,6	17,3	557,3
1999	337,2	24,7	1,2	0	5,5	170,0	17,7	556,3
2000	346,5	29,4	1,6	0	9,5	169,6	19,9	576,5
2001	354,8	27,8	3,3	0,1	10,5	171,3	18,6	586,4
2002	357,6	28,4	4,5	0,2	15,8	164,8	15,4	586,7
2003	376,0	23,5	6,5	0,3	18,7	165,1	16,7	606,8
2004	370,5	26,9	8,4	0,6	25,5	167,1	16,3	615,3
2005	370,8	26,7	12,0	1,3	27,2	163,0	19,6	620,6
2006	372,9	26,8	15,5	2,2	30,7	167,4	21,4	636,9
2007	382,7	28,1	19,4	3,1	39,7	140,5	23,9	637,4
2008	372,0	27,0	23,0	4,0	40,2	148,8	24,1	639,1

⁸ Quelle: Energiestatistik des Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie;

3. Arten von Ökostrom

Als Ökostrom bezeichnet man Strom, der aus erneuerbaren Energieträgern produziert wird. In der EU-Richtlinie 2001/77/EG⁹ unterscheidet man zwischen Wind, Sonne, Erdwärme, Wellen- und Gezeitenenergie, Wasserkraft, Biomasse, Deponiegas, Klärgas und Biogas. Diese Punkte lassen sich auf 4 Energiequellen zusammenfassen:¹⁰

- Sonne
- Wasser
- Wind
- Biomasse



Abbildung 3: Darstellung der Ökostromquellen von Ökostrom.at

⁹ Richtlinie 2001/77/EG des Europäischen Parlaments und des Rates

¹⁰ E-Control GmbH, "Basiswissen – Ökostrom"

3.1. Sonne

3.1.1 Definition

Unter dem Begriff der Photovoltaik versteht man die direkte Umwandlung von Licht in elektrische Energie. Die Photonen im Licht verursachen eine Trennung von Atom und Elektron und ermöglichen so die Bildung eines Spannungspotentials. Im Wesentlichen verwendet man für die technische Nutzung des Photovoltaik-Effekts sogenannte Solarzellen, die mit einem dotierten Halbleiter gefüllt sind.¹¹

3.1.2 Prinzip

Halbleiter (z.B. Silizium) sind Elemente mit 4 Valenzelektronen. In einem Kristallgitter haben sie so 4 Elektronenpaarbindungen zu ihren Kristallnachbarn. Trifft nun ein Photon durch Lichteinstrahlung auf den Kristall, so kann die Bindung zwischen Atom und Elektron getrennt werden. Dabei entstehen sogenannte „Löcher“, die einen positiven Ladungsüberschuss besitzen und freie Elektronen, die einen negativen Ladungsüberschuss verursachen. Löcher und Elektronen versuchen natürlich sich zu rekombinieren und dadurch die Ladungsdifferenz auszugleichen. Dies will man verhindern und stattdessen das dadurch entstehende Spannungspotential nutzen.¹²

Dazu wird der Halbleiter mit Fremdatomen „dotiert“. Das bedeutet in das Kristallgitter werden fremde Atome eingebracht, z.B.: Phosphor. Phosphor besitzt 5 Valenzelektronen und bringt dadurch schon von Beginn freie Elektronen in das Gitter ein. Man bezeichnet den Kristall dann als n-Silizium (n wie negativ). In einem zweiten Kristall wird nun ein Atom mit nur 3 Valenzelektronen hinzugegeben (z.B.: Bor), dann besitzt das Gitter schon von vornherein Löcher.

¹¹ E-Control GmbH; „Basiswissen – Photovoltaik“

¹² Vignola, Frank; Hocken, John; Gary Grace (2000): PV in schools. PV lesson plan 1 – Solar cells. Lesson at the University of Oregon;

3.1.2.1 Aufbau einer Solarzelle

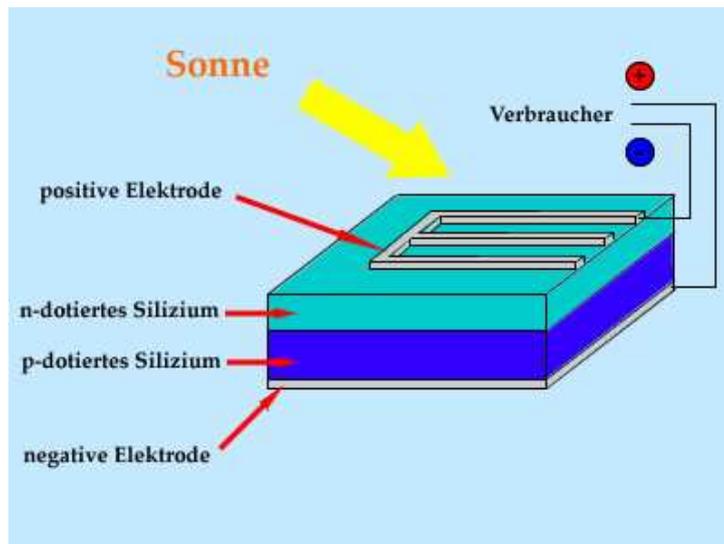


Abbildung 4: Modell einer Solarzelle¹³

Wie in der Grafik dargestellt, befinden sich in einer Solarzelle eine n-Schicht an der sonnenzugewandten Seite und eine p-Schicht an der Unterseite. Die Elektronen und Löcher rekombinieren sich an der Übergangszone und bilden eine neutrale Grenzschicht. Die neutrale Grenzschicht bildet durch die Ladungsdifferenz der beiden Schichten ein elektromagnetisches Feld aus, welches der weiteren Rekombination entgegenwirkt.

Trifft nun ein Photon auf die n-Schicht und schlägt ein freies Elektron heraus, so baut sich eine Spannung auf. Die Grenzfläche verhindert die Bewegung des Elektrons auf direktem Weg in ein Loch in der p-Schicht. Werden nun die beiden Schichten mit einer elektrischen Leitung verbunden und damit die Grenzschicht umgangen, so fließt in der Leitung Strom. Es kann ein Verbraucher angeschlossen werden. Solarzellen produzieren Gleichstrom und daher muss der erzeugte Strom vor der Einspeisung ins Netz mit einem Wechselrichter transformiert werden.¹⁴

¹³ Abbildung des Johanneum, "Modell einer Solarzelle"

¹⁴ Rudolf Hug, Heindl Server GmbH; „Solarserver“

3.1.3 Daten

Die Nennleistung für Photovoltaikanlagen wird in kW_p angegeben, das steht für Kilowatt-Peak-Leistung. Dafür wird die abgegebene Leistung zu Standardtestbedingungen (25 °C, 1.000 W/m² Bestrahlungsstärke) gemessen.¹⁵

Die durchschnittliche Fläche einer Solarzelle beträgt ca. 10 cm x 10 cm. Auf einer Fläche von 9 – 10 m² kann man damit eine PV-Anlage mit 1 kW_p errichten. Abhängig vom Standort (Sonnenstunden, etc.) lassen sich damit 800-1000 kWh Strom pro Jahr erzeugen.¹⁶

Das ergibt 800 – 1.000 Volllaststunden im Jahr. Das Jahr hat 8.760 Stunden, also lässt sich mit einer PV-Anlage nur ein Jahresnutzungsgrad von ca. 9 – 11 % erreichen. Im Ökostromgesetz werden für Photovoltaikanlagen 1.000 Volllaststunden angegeben.¹⁷



Abbildung 5: PV-Dachanlage in Hattenhofen (Bayern)¹⁸

¹⁵ Sonnenertrag; Begriffserklärung - Photovoltaik

¹⁶ SolaranlagenPortal, „Aufbau einer Solarzelle“

¹⁷ ÖSG, 2009; §10

¹⁸ <http://www.speidel.de/bilder/gfpv/gfpv0101.jpg?PHPSESSID=f31e9de66430f37e0bbb594b86916cfd>

3.2. Wasser

Wasserkraft ist die bedeutendste Quelle zur Stromerzeugung in Österreich (>70 %). In Deutschland liegt der Wasserkraftanteil an der Stromerzeugung bei nur ca. 4 %.

Vom Prinzip muss man bei der Nutzung von Wasser unterscheiden in:

- Klassische Wasserkraftwerke (Lauf-, Speicher- und Pumpspeicherkraftwerke), die durch das Gefälle von Gewässern erzeugte Strömungsenergie nutzen.
- Wellenkraftwerke, welche die Meereswellen zur Stromgewinnung nutzen
- Gezeitenkraftwerke, die den Tidenhub zur Stromerzeugung nutzen

3.2.1 Wasserkraftwerke

3.2.1.1 Definition

Unter der klassischen Wasserkraftnutzung versteht man die Erzeugung von Strom aus Fließgewässern. Durch das Gefälle eines Flusses besitzt Wasser potentielle Energie, die durch Bewegung in kinetische Energie umgewandelt wird. Diese Massenbewegung wird durch eine Turbine in Rotationsbewegung umgewandelt, die mittels Generator Strom erzeugt.

3.2.1.2 Prinzip

Die treibende Kraft ist die Sonne, welche Wasser zum Verdunsten bringt. Der Wasserdampf wird verfrachtet, kondensiert in der Atmosphäre und regnet wieder herunter. Auf Grund einer Höhendifferenz (in einem Gewässer) entsteht eine Wasserströmung. Dabei wird die kinetische Energie des Wassers genutzt um eine Turbine anzutreiben. Die an der Turbine verrichtete Arbeit wird an einen Generator übertragen, der durch seine Bewegung elektrische Spannung induziert und so die mechanische Energie in elektrische Energie umwandelt. Im Generator bewegen sich Magneten senkrecht zu Leiterspulen. Auf Grund der Lorenzkraft bewegen sich die Elektronen im Leiter, wenn sich der Magnet bewegt und erzeugen so eine Potentialdifferenz.¹⁹

Die produzierbare Menge an Elektrizität ist abhängig von der Wassermenge und der Höhendifferenz. Daher kann es bei der Produktion zu Schwankungen kommen, die von Wasserstand etc. abhängig sind.

¹⁹ OM-Service: <http://www.om-service.ch/knowledgebase/elektrischesmaschinen/generator/index.html>

3.2.1.3 Laufkraftwerke

Die Abbildung 6 zeigt die prinzipielle Funktion eines Wasserkraftwerkes. Die produzierbare Menge an Elektrizität ist abhängig von der Wassermenge und der Höhendifferenz. Das Gewässer wird nicht aufgestaut und daher wird die Anlage mit weniger Druck aber dafür mit großem Massenstrom betrieben.

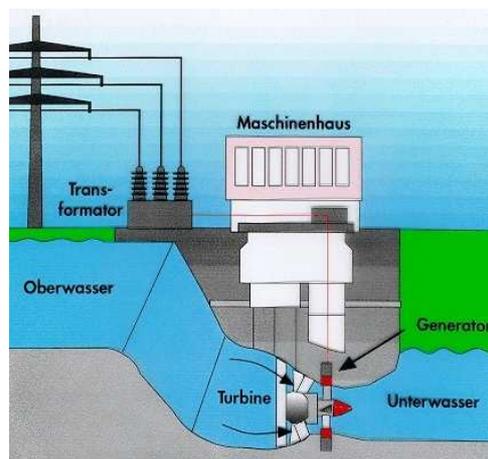


Abbildung 6: Modell eines Laufkraftwerks²⁰

3.2.1.4 Speicherkraftwerke

Um die Energie gezielt einsetzen zu können, wird das Wasser in der Regel vor dem Wasserkraftwerk gestaut, um so den Wasserfluss zu kontrollieren. Bei solchen Kraftwerken greift man sehr stark in die Natur ein. Man versucht große Fallhöhen zu erreichen, um so mit großem Druck selbst bei kleineren Masseströmen viel Energie zu gewinnen.²¹

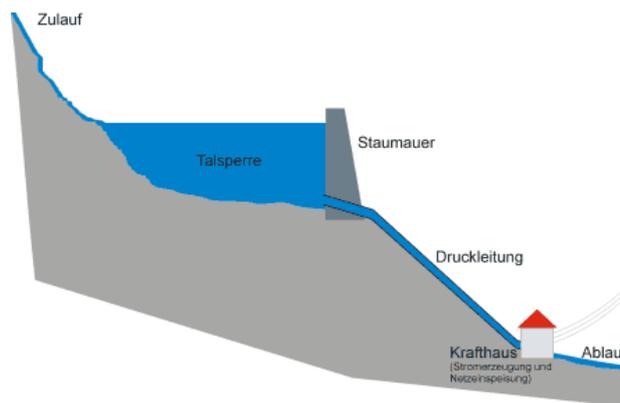


Abbildung 7: Modell eines Speicherkraftwerks²²

²⁰ Modell eines Laufkraftwerks;

http://www.franz-marc-gymnasium.de/aktuell/wettb/1999_00/donauer/bilder/flusskraftwerk-skizze.gif

²¹ Strauß, Karl (2006), Kraftwerkstechnik zur Nutzung fossiler, nuklearer und regenerativer Energiequellen, Springer-Verlag

²² Modell eines Speicherkraftwerks: <http://www.energiesroute.de/images/skw.gif>

3.2.1.5 Pumpspeicherkraftwerke:

Überschüssige Energie kann dazu genutzt werden, Wasser wieder nach oben in den Stausee zu pumpen. Dies hat folgenden Vorteil: Im öffentlichen Stromnetz gibt es sogenannte Bedarfsspitzen, in welchen die Bevölkerung besonders viel Strom verbraucht. Die Stromversorgung muss dafür ausgelegt sein und dementsprechend auch zu diesen Zeiten Elektrizität liefern. Die meisten Kraftwerke sind jedoch auf eine konstante Produktion ausgelegt und können die erzeugten Strommengen kaum ändern. Dadurch wird zu verbrauchsarmen Tageszeiten ein Überschuss erzeugt. Dieser Stromüberschuss wird von den Pumpspeicherkraftwerken zum Wasserhochpumpen genutzt. Die dadurch gespeicherte Energie wird im Gegenzug dazu verwendet, die Spitzenlastzeiten auszugleichen.²³

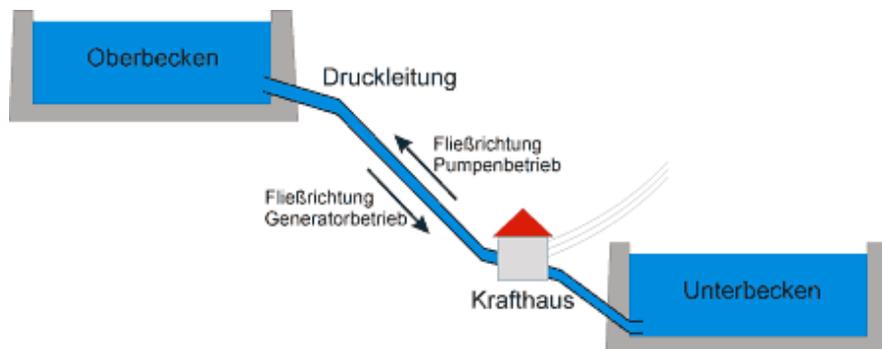


Abbildung 8: Modell eines Pumpspeicherkraftwerks²⁴

²³ Agentur für Erneuerbare Energien; <http://www.unendlich-viel-energie.de/de/wasserkraft/wasserkraft.html>

²⁴ Modell eines Pumpspeicherkraftwerks: <http://www.energiesroute.de/images/psw.gif>

3.2.1.6 Daten

Die mögliche Energiemenge eines Wasserkraftwerks lässt sich durch Wassermenge und Höhenunterschied theoretisch errechnen. Dennoch lässt sich der Nutzungsgrad nicht so einfach bestimmen. Laut EU-Wasserrahmenrichtlinie müssen die Mitgliedsstaaten Oberflächengewässer schützen. Dies hat zur Folge, dass Wasserkraftwerke auf die Ökologie des Gewässers achten müssen. Daher muss immer eine Mindestwassermenge am Kraftwerk vorbeigeleitet werden (z.B.: Fischleiter). Dadurch entstehen Verluste (Restwasser- und Schwallproblematik). Der Nutzungsgrad einer Anlage ist daher gewässerabhängig. Die Bandbreite kann von 15 % Nutzungsgrad bis 85 % Nutzungsgrad variieren.

Die für den Ökostromtarif nach ÖSG §12 entscheidenden Kraftwerkstypen sind die so genannten Kleinwasserkraftwerke (KWKW). In Deutschland sind das Anlagen bis 1 MW²⁵, in Österreich bis 10 MW²⁶. Das BMU-Deutschland geht dabei von 3.000 – 5.000 Volllaststunden für Kleinwasserkraftwerke pro Jahr aus. Das entspricht einem Nutzungsgrad von 34 – 57 % und ist nicht gleich den theoretischen Werten (s.o.). Im ÖSG werden 7.250 Volllaststunden angegeben²⁷, das entspricht 83 %. Dieser Wert wird für die nachfolgenden Berechnungen verwendet, da es durchaus bauliche Maßnahmen gibt (z.B.: Schwellbecken), um die Verluste zu verringern und Neuanlagen diese Baumaßnahmen umsetzen.

²⁵ Bundeministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit; „Wasserkraft“
<http://www.erneuerbare-energien.de/inhalt/4644/>

²⁶ ÖSG, 2009, Begriffsbestimmung

²⁷ ÖSG, 2009; §10

3.2.2 Wellenkraftwerke

3.2.2.1 Definition

Wellenkraftwerke wandeln die Energie der vom Wind erzeugten Wellen in Strom um.

3.2.2.2 Prinzip

Wind streicht über die Wasseroberfläche. Wasser besitzt nicht die gleiche Geschwindigkeit wie der Wind und dadurch bilden sich an der Grenzschicht Verwirbelungen. Kommt es zu Turbulenzen der Luftschicht, so verlaufen die Stromlinien der Luft in nichthomogenen Bahnen. Es kommt es zu Druckschwankungen, die das Wasser bewegen und somit Wellen erzeugen.

Es gibt unterschiedliche Ansätze zur Umwandlung der „Wellenenergie“ in Strom.²⁸ Die am häufigsten verwendete Form ist die der „Oszillierenden Wassersäulen“ (OWC). Das Prinzip beruht darauf, dass eine Kammer zum Teil unter Wasser ist, weshalb durch eine Öffnung Wellen eintreten können. Über dem schwankenden Wasserspiegel befindet sich ein luftgefüllter Raum. Durch die Veränderung des Wasserspiegels wird auch die Luft in Bewegung versetzt, dies treibt eine Turbine an und diese wiederum einen Generator. Der Pelamis Wave Energy Converter ist Portugals Weg Wellenenergie zu nutzen. Dabei wird durch die „oszillierende Bewegung“ der einzelnen Stahlrohre in den Gelenken ein hydraulischer Druck aufgebaut, der in Strom umgewandelt wird.



Abbildung 9: Pelamis Wave Energy Konverter²⁹

²⁸ Achmed A. W. Khammas (2008); „Buch der Synergie“;

http://www.buch-der-synergie.de/c_neu_html/c_06_07_wasser_wellenenergie_austr_bis_dk.htm

²⁹ Pelamis Homepage

Eine weitere Methode ist die sogenannte Überspültechnik. Dabei wird durch die Niveauänderung des Meeresspiegels bei einer Welle ein Reservoir gefüllt und beim späteren Auslaufen des Beckens Strom erzeugt.

Die Idee der Wellenenergienutzung ist nicht neu. Bereits im 18. Jahrhundert wird dies aktenkundig erwähnt. Dennoch sind die bestehenden Technologien alle sehr jung und kaum erprobt. So gibt es auch Ansätze, die Wellenenergie dadurch zu nutzen, dass man eine Boje an einem Kolben am Meeresgrund befestigt und durch das Auf und Ab der Boje durch den Wellengang den Kolben bewegt.³⁰

3.2.2.3 Daten

Weder in Deutschland noch in Österreich gibt es Wellenkraftwerke. Österreich besitzt keinen Meereszugang und die deutschen Küsten gelten als wenig geeignet. Daher gibt es auch keine Förderung nach dem Ökostromgesetz. In Portugal ist ein Prototyp der Firma Pelamis im Einsatz. Die sogenannte Seeschlange besitzt eine maximale Leistung von 750 kW und einen jährlichen Nutzungsgrad von 25 – 40 %.

³⁰ Achmed A. W. Khammas (2008); Buch der Synergie;

http://www.buch-der-synergie.de/c_neu_html/c_06_07_wasser_wellenenergie_austr_bis_dk.htm

3.2.3 Gezeitenkraftwerke

3.2.3.1 Definition

Durch die Gezeiten entsteht eine Meereswasserbewegung, die von Gezeitenkraftwerken in Strom umgewandelt wird.

3.2.3.2 Prinzip

Die Gezeiten entstehen durch die Erdrotation mit Einwirkung von Mond und Sonne. Dabei „hebt“ und „senkt“ sich der Meeresspiegel mancherorts sogar um einige Meter. Diese Strömung des Wassers kann man zur Stromerzeugung nutzen. Eine Methode beruht auf der Aufstauung des Wassers bei der Flut. Beim Zurücklaufen wird durch Turbinen Strom erzeugt. Die Gezeitenkraftwerke der Zukunft sind im Wesentlichen so aufgebaut, dass sich eine Turbine, die am Meeresboden befestigt wird, durch die Strömung bei Ebbe und Flut dreht und so in einem Generator Strom produziert. Der Vorteil liegt darin, dass die größte Strömung tiefer Unterwasser ist.³¹

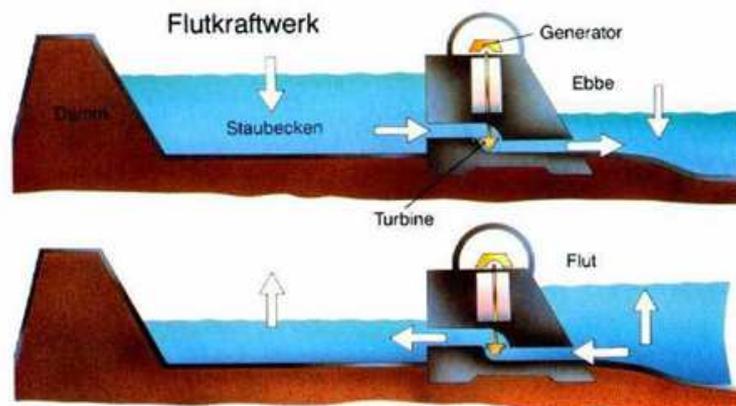


Abbildung 10: Modell eines klassischen Gezeitenkraftwerks mit Staudamm³²

³¹ Achmed A. W. Khammas (2008); Buch der Synergie;

http://www.buch-der-synergie.de/c_neu_html/c_06_05_wasser_gezeiten.htm#Gezeitenenergie

³² Sebastian Holmok; „Wasserenergie“ <http://www.master-of-ice.de/wasserenergie.php>

3.2.3.3 Nachteile:

In der Praxis sind Gezeitenkraftwerke sehr wartungsintensiv (Probleme mit Korrosion, Versandung). Auch der Einfluss auf Meereslebewesen ist nicht zu unterschätzen. Ein bedeutender Punkt ist der Verlauf der Gezeiten. 4 Mal am Tag gibt es einen Punkt wo nahezu kein Strom produziert wird – und dieser Zeitpunkt verschiebt sich auch noch jeden Tag um 50 Minuten.

3.2.3.4 Daten:

Für diese Technologie kommt Österreich auf Grund des fehlenden Meeres nicht in Frage. Auch Deutschland ist kein guter Standort, da der Tidenhub durchwegs gering ist. Das Gezeitenkraftwerk in Rance in Frankreich besitzt eine Leistung von 240 MW. Die Anlage hat durchschnittlich 2500 Volllaststunden, das entspricht einem Nutzungsgrad von rund 30 %.

3.3. Wind

3.3.1 Definition

Unter Windkraftwerken versteht man Anlagen, welche die Bewegungsenergie von Luft zur Erzeugung von Strom verwenden.

3.3.2 Prinzip

Durch die unterschiedliche Sonneneinstrahlung entstehen auf der Erde Temperaturunterschiede. Diese sorgen für unterschiedlich schnell aufsteigende Luft. Druck- und Temperaturunterschiede führen, unterstützt durch die Erdrotation und Neigung der Erdachse, zu Luftbewegungen = Wind. Also ist Wind eine indirekte Form der Sonnenenergie. Genutzt wird diese Energie in Form von Rotoren, die von der Luftströmung in Bewegung versetzt werden und einen Generator antreiben. Da auf den Meer in der Regel mehr Wind weht, unterscheidet das deutsche Gesetz für erneuerbare Energien zwischen Offshore-Anlagen und den herkömmlichen (Onshore) Anlagen.³³

Ein Teil der atmosphärischen Grenzschicht (Prandtl-Schicht) ist bedeutend für die Stromerzeugung. Sie zeichnet sich durch den Einfluss der Bodenreibung und damit zusammenhängenden Turbulenzen aus. Die Prandtl-Schicht ist gekennzeichnet durch ihre Böigkeit, wobei die Windgeschwindigkeiten, aber auch die Richtung stark wechseln.³⁴



Abbildung 11: Windpark Parndorf³⁵

³³ Achmed A. W. Khammas (2008); Buch der Synergie;

http://www.buch-der-synergie.de/c_neu_html/c_08_02_windenergie_potential_segel.htm

³⁴ Strauß, Karl (2006), Kraftwerkstechnik zur Nutzung fossiler, nuklearer und regenerativer Energiequellen, Springer-Verlag

³⁵ Ökostrom AG; http://www.oekostrom.at/magazin/00/artikel/61336/img/windpark_pandorf.jpg

3.3.3 Aufbau eines Windkraftwerks:

Die „Ernte“ der Windenergie erfolgt mit Windrädern. Es gibt einige unterschiedliche Bauformen. Die meisten Anlagen besitzen eine horizontale Drehachse, wie in der Abbildung 11 dargestellt.

Man unterscheidet zwischen Ein-, Zwei und Dreiblatt-Rotoren. Die Rotorblätter sind an der Rotornabe befestigt, welche die Rotationsbewegung weiterleitet. An der Nabe sitzt eine Bremse, da eine Anlage bei zu viel und zu wenig Wind abgeschaltet wird. Die Kraftübertragung erfolgt über ein Getriebe an den Generator.

Beim Auftreffen der Luftströmung auf den Rotor wird der Wind gebremst und es baut sich ein Staudruck auf. Im Bereich der Flügel fällt der Druck stark ab und normalisiert sich anschließend wieder. Durch die sich ändernde Geschwindigkeit verbreitert sich das Strömungsfeld.

Ein wichtiger Parameter für Windkraftwerke ist die Schnelllaufzahl γ . Sie ist das Verhältnis von Umfangsgeschwindigkeit zu Windgeschwindigkeit. Die optimale Schnelllaufzahl für die Auslegung (Windgeschwindigkeiten von 6 – 10 m/s) ist von der Bauform abhängig und liegt zwischen 7,5 für Dreiblattrotoren und 10 für Zweiblattrotoren. Ist die Geschwindigkeit zu niedrig, wird die Anlage abgestellt, da sie sonst zum Stromverbraucher werden kann. Ab einer Anlaufwindgeschwindigkeit (2,5 – 4 m/s) wird mit der Produktion begonnen, bei einer Windgeschwindigkeit von 10 – 16 m/s wird die Nennleistung erreicht, bei höheren Windgeschwindigkeiten wird Stromproduktion konstant gehalten. Wird die Windgeschwindigkeit zu hoch (20 – 30 m/s), besteht das Risiko einer Beschädigung und die Anlage wird angehalten.³⁶

3.3.4 Daten

Im Ökostromgesetz werden 2.300 Vollaststunden angegeben³⁷, obwohl bei Offshore-Anlagen bis zu 7.500 Betriebsstunden erreicht werden können.³⁸ Das bedeutet, dass eine Windkraftanlage nur zu ca. $\frac{1}{4}$ der Nennleistung ausgelastet ist.

³⁶ Quaschnig, Volker (2003), „Regenerative Energiesysteme; Carl Hanser Verlag

³⁷ ÖSG, 2009; §10

³⁸ Innovations Report; http://www.innovations-report.de/html/berichte/umwelt_naturschutz/bericht-14579.html

3.4. Biomasse

Unter Biomasse versteht man die Gesamtheit (Luft, Wasser, Boden) der lebenden Organismen und deren Abbauprodukte (z.B.: Gülle) und Rückstände (Torf, Erdöl, Erdgas). Während der Kohlenstoffkreislauf der lebenden Organismen mit dem CO₂-Kreislauf der Atmosphäre im Gleichgewicht steht (Photosynthese und Atmung), erhöht sich durch die Nutzung von fossil gebundenem Kohlenstoff der CO₂-Gehalt in der Atmosphäre.

Bei der Nutzung von Biomasse wird unterschieden in:

- Fest (Holzabfälle, Stroh...)
- Flüssig (Ethanol, Methanol, Pflanzenöl) und
- Gasförmig (= Biogas, Deponiegas und Klärgas)

3.4.1 Feste Biomasse

3.4.1.1 Definition

Feste Biomasse ist jede direkte, durch Photosynthese gebildete organische Verbindung. Während Pflanzen Wassergehalte von ca. 80 % aufweisen, ist der Wassergehalt von Holz deutlich geringer. Somit eignet sich Holz zur Verbrennung/Vergasung und pflanzliche Biomasse zur Vergärung.

3.4.1.2 Verbrennung

Prinzip: Bei der Verbrennung von Biomasse werden die organischen Verbindungen in einem exothermen Prozess direkt zu CO₂ und H₂O oxidiert. Die dabei entstehende Wärme wird für einen sogenannten Rankine Prozess genutzt. Dabei wird Wasser unter Druck erwärmt und danach in einer Turbine entspannt und abgekühlt. Die Bewegung der Turbine wird von einem Generator in Strom umgewandelt.³⁹

3.4.1.3 Vergasung

Aus der organischen Verbindung wird durch sauerstoffarme Oxidation ein möglichst energiereiches Gas erzeugt, das als Brenngas zum Beispiel in einer Gasturbine eingesetzt wird.

3.4.1.4 Daten

Für feste Biomasseanlagen werden im ÖSG 6.000 Volllaststunden angegeben. Das entspricht einem Nutzungsgrad von 68%.⁴⁰

³⁹ Strauß, Karl (2006), Kraftwerkstechnik zur Nutzung fossiler, nuklearer und regenerativer Energiequellen, Springer-Verlag

⁴⁰ ÖSG, 2009; §10

3.4.2 Flüssige Biomasse

3.4.2.1 Definition

Flüssige Biomasse entsteht durch die Bearbeitung von geeigneter Biomasse.

Beispiele für flüssige Biomasse:

- Pflanzenöl
- Biodiesel
- Bioethanol.

3.4.2.2 Prinzip

Die Nutzung von flüssiger Biomasse erfolgt meist mit Motoren, deren Funktionsweise ähnlich der eines Dieselmotors ist. In einem Zylinder wird Luft durch den Kolben verdichtet und so erhitzt (700 – 900 °C). Am oberen Totpunkt wird der Kraftstoff eingespritzt und verteilt sich im Zylinder. Durch die erwärmte Luft verdampft der Kraftstoff und das Luft-Dampf-Gemisch entzündet sich. Die freiwerdende Energie drückt einen Kolben im Zylinder nach unten und bewirkt so eine lineare Bewegung, die über eine Pleuelstange in eine Rotationsbewegung umgewandelt wird und mittels Generator Strom erzeugt wird.

3.4.2.3 Daten

Für flüssige Biomasseanlagen werden im ÖSG 6.000 Volllaststunden angegeben. Das entspricht einem Nutzungsgrad von 68%.⁴¹

⁴¹ ÖSG, 2009; §10

3.4.3 Gasförmige Biomasse

3.4.3.1 Definition

Gasförmige Biomasse bezeichnet man umgangssprachlich auch als Biogas. Es entsteht beim anaeroben Abbau von Biomasse durch Mikroorganismen.

3.4.3.2 Prinzip

Beim anaeroben Abbau von Biomasse wird aus dem organischen Substrat ein methanhaltiges Gas gebildet, welches dann mittels eines Gasmotors verstromt wird.

Die Produktion von Methan erfolgt unter anaeroben Bedingungen. Das Substrat wird dabei in vier definierten Abbauschritten zerlegt. Im ersten Schritt wird die Biomasse von Mikroorganismen hydrolysiert. Dabei werden Zucker, Fette, Kohlenhydrate in ihre niedermolekularen Bestandteile (Monosaccharide, Fettsäuren, Aminosäuren) zerlegt. In einem zweiten Schritt, der acidogenen Stufe, werden die niedermolekularen Bestandteile zu Carbonsäuren, Alkohole, CO₂ etc. vergärt. In der acetogenen Stufe entsteht weiteres CO₂, Wasserstoff und Essigsäure. In der letzten, der methanogenen Stufe, wird nun von den Mikroorganismen Methan gebildet.⁴²

Das gewonnene Gas besteht nur zu 55 - 70% aus Methan und ist von CO₂, H₂O etc. verunreinigt. Für die direkte Nutzung durch in einem BHKW genügt es das biogene Gas zu entschwefeln und H₂O abzuscheiden. Im BHKW entsteht Abwärme, die nur zum Teil als Prozesswärme im Fermenter eingesetzt werden kann. Gibt es keine weiteren Wärmeabnehmer so muss man die Abwärme einfach „wegkühlen“ und verliert so an Wirkungsgrad. Daher gibt es auch die Möglichkeit Biogas ins Erdgasnetz einzuspeisen. Dazu muss aber eine entsprechende Reinheit erreicht werden. Das Biogas kann dann anderenorts aus dem Gasnetz entnommen werden und damit Strom erzeugt werden.⁴³ Als Substrat können jegliche Abfälle mit hohem biogenen Anteil aber auch Nutzpflanzen (Mais) verwendet werden.

3.4.3.3 Daten

Für Biogasanlagen werden im ÖSG 6.500 Volllaststunden angegeben. Das entspricht einem Nutzungsgrad von 74 %.⁴⁴

⁴² Josef Hofmann, 2003; „Grundlagen der Biogaserzeugung“

⁴³ Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe; <http://www.bio-energie.de/biogas/biogasnutzung.html>

⁴⁴ ÖSG, 2009; §10

3.4.4 Deponiegas

3.4.4.1 Definition

Deponiegas nennt man Gas, das durch den anaeroben Abbau von organischem Material in Deponien entsteht.

3.4.4.2 Prinzip

Die prinzipielle Entstehung des Deponiegas ist gleich zu Biogas. Der Unterschied besteht darin, dass herkömmliches Biogas ein gewolltes Produkt und Deponiegas eine negative Begleiterscheinung ist. Deponiegas entsteht aus dem biogenen Anteil im Müll, der abgelagert wird. Dieser war mitunter sehr hoch. Seit 2004 wurde das Deponieren von Müll mit biogenem Anteil über 5 % verboten. Dennoch emittieren bestehende Deponien Gas. Methan ist ein viel gefährlicheres Treibhausgas als Kohlendioxid und daher ist die Nutzung von Deponiegas zusätzlich von Vorteil.

3.4.4.3 Daten

Für Deponiegasanlagen werden im ÖSG 6.500 Volllaststunden angegeben. Das entspricht einem Nutzungsgrad von 74%.⁴⁵

3.4.5 Klärgas

3.4.5.1 Definition

Klärgas nennt man Gas, das durch die Vergärung von Klärschlamm entsteht.

3.4.5.2 Prinzip

Die prinzipielle Entstehung des Klärgases ist ebenso gleich zu Biogas, lediglich das Substrat ist anders. Klärschlamm ist das Abfallprodukt der kommunalen Abwasserreinigung und kann aufgrund seines hohen biogenen Anteils zur Klärgaserzeugung eingesetzt werden.

3.4.5.3 Daten

Für Klärgasanlagen werden im ÖSG 6.500 Volllaststunden angegeben. Das entspricht einem Nutzungsgrad von 74 %.

⁴⁵ ÖSG, 2009; §10

3.5. Geothermie

3.5.1 Definition

Geothermie bezeichnet jene Form der Wärmeenergie, die in der Erdkruste gespeichert ist.

3.5.2 Prinzip

Durch die Gravitationskraft herrschen im Erdinneren große Drücke und Temperaturen. Neben der Entstehung durch Gravitation befinden sich im Erdkern auch noch radioaktive Isotope, deren Zerfall einen zusätzlichen Teil zur Erwärmung beiträgt. Vom Erdinneren zur Kruste nehmen die Temperaturen stetig ab.⁴⁶

Man unterscheidet bei der Geothermie zwischen Niedrig-, Mittel- und Hoch-Temperaturnutzung. Die Nutzung von Niedrig- und Mitteltemperatur erfolgt meist nur zu Heizzwecken. Erst im Hochtemperaturbereich bei über 100 °C ab 1.000 m Tiefe wird die Stromerzeugung sinnvoll. Daher ist die Stromgewinnung im großen Stil mit Geothermie nur in Regionen sinnvoll, die auf Grund geologischer Bedingungen einen einfacheren Zugang zur Erdwärme haben: z.B.: Kalifornien, Island.⁴⁷ Dabei wird das Prinzip des Organic Rankine Process verwendet. Hier wird anstelle von Wasser mit anderen (meist organischen) Arbeitsmitteln gearbeitet, die günstigere Verdampfungseigenschaften besitzen (Iso-Pentan, Iso-Okton, Toluol, etc.). Das Fluid wird verdichtet in die Erdkruste geleitet, dabei erwärmt es sich. Zurück an der Erdoberfläche wird das Arbeitsmittel in einer Turbine entspannt und die Turbinenbewegung erzeugt Strom.

3.5.3 Daten

In Österreich gibt es nur zwei anerkannte Anlagen zur Erzeugung von Ökostrom mit einer gesamten Engpassleistung von 0,9 MW⁴⁸. Geothermieranlagen produzieren konstant Strom und besitzen daher theoretisch 100 % Nutzungsgrad, also 8.760 Volllaststunden im Jahr.⁴⁹ In der Praxis kommen natürlich Wartungsarbeiten etc. hinzu. Im ÖSG werden für Geothermiekraftwerke 7.250 Volllaststunden angegeben.⁵⁰

⁴⁶ Strauß, Karl (2006), Kraftwerkstechnik zur Nutzung fossiler, nuklearer und regenerativer Energiequellen, Springer-Verlag

⁴⁷ Geothermie.ch; <http://www.geothermie.ch/index.php?p=geothermics>

⁴⁸ E-Control; Verhältnis anerkannter Anlagen; http://www.e-control.at/portal/page/portal/medienbibliothek/oeko-energie/bilder/jpgs/EPL_Anerkannte%20Anlagen%20vs%20Vertragsverh%C3%A4ltnis_Daten%20Q3_2.jpg

⁴⁹ Udo Leuscher; „Basiswissen Geothermie“ <http://www.udo-leuschner.de/basiswissen/SB112-09.htm>

⁵⁰ ÖSG, 2009; §10

4. Vergleich des österreichischen Ökostromgesetzes und des deutschen Erneuerbare-Energien-Gesetzes

Nun folgt der „praktische“ Teil der Arbeit. In den folgenden Kapiteln werden die Ökostromtarife einander gegenübergestellt. Zuerst werden die Tarife in Form von Tabellen dargestellt und danach wird für jede Ökostromart eine Beispielanlage gerechnet.

4.1. Österreich – Ökostromgesetz

Die Einspeisetarife für Ökostromanlagen in Österreich werden per Verordnung vom Bundesminister für Wirtschaft und Arbeit festgelegt.⁵¹ Für die Netzeinspeisung zum Ökostromtarif benötigt man einen Vertrag mit der Ökostromabwicklungsstelle (OeMAG). Der OeMAG steht per Gesetz nur ein bestimmtes Kontingent für Verträge zur Verfügung (pro Jahr 17 Mio. €). Das Kontingent wird nach dem Windhundprinzip verteilt („Wer zuerst kommt, mahlt zuerst“).

Für unterschiedliche Technologien gibt es unterschiedliche Laufzeiten. So gelten die Tarife für rohstoffunabhängige Energiequellen (wie Wind, Geothermie, Photovoltaik) 13 Jahre, für rohstoffabhängige Technologien (wie feste, flüssige und gasförmige Biomasse) 15 Jahre. Für Kleinwasserkraftwerke wurden keine Einspeisetarife mehr erlassen, da diese in der Vergangenheit immer unter dem Marktpreis lagen, was viele Betreiber zum Vertragsausstieg bewog. So wird die Stromproduktion der Kleinwasserkraft nun mittels Marktpreis (minus Ausgleichsenergie) bezahlt, zusätzlich wird eine Investitionsförderung angeboten.

4.2. Deutschland – Erneuerbare Energien Gesetz

Die Einspeisetarife für Ökostromanlagen sind im EEG festgelegt. Darin enthalten ist auch bereits die jährliche Änderung/Degression der Tarife. In Deutschland ist der Ökostrom nicht mit einem Kontingent limitiert. Jeder Netzbetreiber ist durch die gesetzliche Kontrahierungspflicht zu einem Vertragsabschluss mit einem Ökostromproduzenten verpflichtet. Mit Ausnahme der Wasserkraft > 5 MW mit 15 Jahren haben alle anderen Ökostromanlagen Abnahmeverträge von 20 Jahren Laufzeit.

⁵¹ ÖSG, 2009, §11

4.3. Vergleich der Tarife

4.3.1 Rohstoffunabhängige Ökostromtarife

4.3.1.1 Windkraft

Tabelle 3: Österreichische Tarife für Windkraft

Technologie	Tarif in Cent/kWh
Rohstoffunabhängige Technologien	Laufzeit 13 Jahre
Windenergie	9,70

In Österreich wird für Wind nur ein Tarif ohne jede Unterscheidung nach Größenklasse und ohne jede Zu- oder Abschläge ausbezahlt. Dieser Tarif gilt für 13 Jahre.

Tabelle 4: Deutsche Tarife für Windkraft

Technologie	Laufzeit 20 Jahre	Grundtarif	Zuschlag	Summe
Windenergie	Anfangsvergütung (5 Jahre) ¹	9,11	0,50 ²	9,11 – 9,61
	Grundvergütung	4,97		
Windenergie Offshore	Anfangsvergütung (12 Jahre) ²	13,0	2,00 ⁴	
	Grundvergütung	3,5		

¹Anfangsvergütung: Die Anlage wird mit einem Referenzmodell verglichen. Liegt der tatsächliche Ertrag nach 5 Jahren unter 150 % des Referenzertrages so wird die Anfangsvergütung um 2 Monate je 0,75 % der Unterschreitung verlängert.

²Systemdienstleistungsbonus bekommt eine Wind-Anlage, die nachweislich Anforderungen zur Betriebssicherheit erfüllt. Dadurch erhöht sich die Anfangsvergütung um 0,50 Cent/kWh.

³Der Zeitraum der Anfangsvergütung für Offshore-Anlagen verlängert sich für Strom aus Anlagen, die in einer Entfernung von mindestens zwölf Seemeilen und in einer Wassertiefe von mindestens 20 Metern errichtet worden sind, für jede zusätzliche Seemeile um 0,5 Monate und für jeden zusätzlichen vollen Meter Wassertiefe um 1,7 Monate.

⁴Für Anlagen, die vor dem 1.1.2016 in Betrieb genommen werden erhöht sich die Anfangsvergütung um 2 Cent/kWh

Im Gegensatz zum österreichischen Tarif unterscheidet man in Deutschland zwischen Onshore- und Offshore-Anlagen und einer Anfangs- und einer Grundvergütung. Zusätzlich besteht für Onshore-Anlagen die Möglichkeit einer Verlängerung der Anfangsvergütung, wenn die Anlage nur einen Teil des theoretisch errechneten Stroms produziert. Die Laufzeit beträgt (mit Verlängerung der Anfangsvergütung und ohne) in Summe 20 Jahre.

4.3.1.2. Geothermie

Tabelle 5: Österreichische Tarife für Geothermie

Technologie	Tarif in Cent/kWh
Rohstoffunabhängige Technologien	Laufzeit 13 Jahre
Geothermie	7,50

In Österreich wird für Geothermie nur 1 Tarif ohne jede Unterscheidung nach Größenklasse und ohne jede Zu- oder Abschläge ausbezahlt. Dieser Tarif gilt für 13 Jahre.

Tabelle 6: Deutsche Tarife für Geothermie

Technologie	Laufzeit 20 Jahre	Grundtarif	Zuschlag	Gesamt
Geothermie	Bis 10 MW	19,80	3 ¹ 4 ²	19,8-27,8
	Über 10 MW	14,36		14,36

¹ Wärmenutzungsbonus: zur Beanspruchung des Wärmenutzungsbonus muss mindestens ein Fünftel der verfügbaren Wärmeleistung ausgekoppelt werden und die Wärmenutzung nachweislich fossile Energieträger in einem mit dem Umfang der Wärmenutzung vergleichbaren Energieäquivalent ersetzen.

² Bonus für petrothermale Techniken: petrothermale Systeme nutzen die Erdwärme in dem zwischen zwei Brunnen im Erdinneren das Fluid zirkuliert.

Bei der Geothermie werden 2 Größenklassen geführt. Die Klasse bis 10 MW kann zusätzlich zum Grundtarif noch Zuschläge für eine Wärmenutzung und die Verwendung eines petrothermalen Systems erhalten. Die Geothermietarife in Deutschland sind deutlich höher als in Österreich. Zusätzlich werden die deutschen Tarife um 7 Jahre länger ausbezahlt.

4.3.1.3. Photovoltaik

Tabelle 7: Österreichische Tarife für Photovoltaik

Technologie	Tarife in Cent/kWh	
Rohstoffunabhängige Technologien	Laufzeit 13 Jahre	
Photovoltaik	Gebäudeintegriert bis 5 kWp	Über KLI.EN ¹ (Investitionszuschuss)
	Gebäudeintegriert 5 bis 20 kWp	38,00
	Gebäudeintegriert über 20 kWp	33,00
	Auf Freiflächen bis 5 kWp	Über KLI.EN ¹ (Investitionszuschuss)
	Auf Freiflächen 5 bis 20 kWp	35,00
	Auf Freiflächen über 20 kWp	25,00

¹KLI.EN steht für den Klima- und Energiefonds. 2009 standen 18 Millionen Euro zur Investitionsförderung von kleinen PV-Anlagen zur Verfügung

In Österreich werden PV-Anlagen in 2 verschiedene Aufstellungstypen (gebäudeintegriert und auf Freiflächen) und zusätzlich noch in 3 verschiedene Leistungsklassen unterteilt. Außerdem fällt auf, dass PV-Anlagen einen vergleichsweise hohen Tarif bekommen.

Tabelle 8: Deutsche Tarife für Photovoltaik

Technologie	Tarife in Cent/kWh	
Rohstoffunabhängige Technologien	Laufzeit 20 Jahre	
Photovoltaik	Gebäudeintegriert bis 30 kWp	39,14
	Gebäudeintegriert 30 bis 100 kWp	37,23
	Gebäudeintegriert 100 bis 1000 kWp	35,23
	Gebäudeintegriert über 1 MWp	29,37
	Auf Freiflächen	28,43

Die PV-Anlagen werden analog zu Österreich auch in gebäudeintegrierte Anlagen und in Anlagen auf Freiflächen unterschieden. Die gebäudeintegrierten Anlagen sind in 4 Leistungsstufen unterteilt, für PV-Anlagen auf Freiflächen gibt es keine Unterteilung. Die unterste Stufe der Leistungsunterteilung für gebäudeintegrierte Anlagen in Deutschland endet bei 30 kWp, die oberste Stufe für österreichische Anlagen beginnt bei 20 kWp. Die Tarife sehen sich auf den ersten Blick recht ähnlich, doch bezogen auf die Laufzeit stellt sich heraus, dass man in Deutschland mehr bekommt.

4.3.1.4 Wasserkraft

Das neue Ökostromgesetz hat die bisher gültigen Regelungen komplett geändert. Für neue bzw. revitalisierte Anlagen gibt es 2 Förderansätze

- Investitionsförderung bis zu max. 30% (< 1.500€)
- Der Ökostromtarif ist mit dem Marktpreis minus Ausgleichsenergie definiert

Da der zukünftige Marktpreis nicht vorhergesagt werden kann, wird mit dem Mittelwert des Marktpreises der jeweils drei voran gegangenen Jahre gerechnet. Aus den in Abbildung 12 ersichtlichen Daten errechnet sich für 2010 ein Einspeisetarif von 56, 67c je kWh Strom.

Abbildung 12: Marktpreisentwicklung der EEX-Leipzig 2003 -2009⁵²



Tabelle 9: Deutsche Tarife für Kleinwasserkraft

Technologie	Tarife in Cent/kWh	
Rohstoffunabhängige Technologien	Laufzeit 20 Jahre	
Wasserkraft	Bis 500 kW	12,67
	Bis 2 MW	8,65
	Bis 5 MW	7,65
	Bis 10 MW	6,26

In Deutschland ist das Tarifsystem so wie bei den meisten anderen Technologien leistungsorientiert. Wasserkraft lässt sich hier in 4 Tarifstufen unterteilen, wobei die kleinste Klasse bis 500 kW reicht und der kleinste Tarif für Anlagen über 10 MW gilt. Die deutschen Tarife sind klar besser, es muss aber der Effekt der Investförderung berücksichtigt werden.

⁵² E-Controll: <http://www.e-control.at/de/industrie/oeko-energie/oekostrommarkt/marktpreise-gem-paragraph-20>

4.3.1.5 Grubengas, Deponiegas und Klärgas

Tabelle 10: Österreichische Tarife für Deponiegas und Klärgas

Deponiegas		Klärgas	
Tarif in c	5,00	Tarif in c	6,00

In Österreich gibt es keinen Ökostromtarif für Grubengas. Für Anlagen auf der Basis von Deponiegas sowie Klärgas gibt es jeweils nur eine Grundvergütung.

Tabelle 11: Deutsche Tarife für Deponie-, Klär und Grubengas

Grubengas					
Leistung	Grund- Vergütung	Gasaufbereitung auf Erdgasqualität		Innovative Anlagentechnologie ¹	Gesamt
		bis 350 m ³ /h	bis 700 m ³ /h		
bis 1 MW	7,05	2	1	2	7,05 – 11,05
bis 5 MW	5,08	2	1	2	5,08 – 9,08
über 5 MW	4,09	2	1	2	4,09 – 8,09
Deponiegas					
Leistung	Grund- Vergütung	Gasaufbereitung auf Erdgasqualität		Innovative Anlagentechnologie ¹	Gesamt
		bis 350 m ³ /h	bis 700 m ³ /h		
bis 500 kW	8,87	2	1	2	8,87 – 12,87
bis 2 MW	6,97	2	1	2	6,97 – 10,97
Klärgas					
Leistung	Grund- Vergütung	Gasaufbereitung auf Erdgasqualität		Innovative Anlagentechnologie ¹	Gesamt
		bis 350 m ³ /h	bis 700 m ³ /h		
bis 500 kW	7,00	2	1	2	7,00 – 11,00
bis 2 MW	6,07	2	1	2	6,07 – 10,07

¹Innovative Anlagentechnologie nach Anlage 1 des EEG: Gasturbine, Brennstoffzelle etc.

In Deutschland gibt es Tarife für Grubengas. Es wird in 3 Leistungsstufen unterschieden. Anlagen die Strom aus Deponiegas oder Klärgas erzeugen werden in 2 Leistungsstufen geteilt. Für alle 3 Technologien gibt es neben der Grundvergütung, die von der Leistung abhängt, auch noch Zuschläge für die Gasaufbereitung auf Erdgasqualität und für Innovative Anlagentechnologien.

4.3.2 Rohstoffabhängige Ökostromtarife

4.3.2.1 Feste Biomasse

Tabelle 12: Österreichische Tarife für feste Biomasse

Feste Biomasse					
Leistung	Grund-Vergütung	Abfallabschläge (SN 17, Tab.1) ¹	Abfallabschläge (SN 17, Tab. 2) ¹	Abfallabschläge (sonstige)	Gesamt
Bis 500 kW	14,98	- 40 %	- 25 %	5	5 – 14,98
500 kW bis 1 MW	13,54	- 40 %	- 25 %	5	5 – 13,54
1 bis 1,5 MW	13,10	- 40 %	- 25 %	5	5 – 13,10
1,5 bis 2 MW	12,97	- 40 %	- 25 %	5	5 – 12,97
2 bis 5 MW	12,26	- 40 %	- 25 %	5	5 – 12,26
5 bis 10 MW	12,06	- 40 %	- 25 %	5	5 – 12,06
Über 10 MW	10,00	- 40 %	- 25 %	5	5 – 10,00

Feste Biomasse in Hybrid- und Mischfeuerungsanlagen			
Grund-Vergütung	Abfallabschläge (SN 17, Tab. 2)	Abfallabschläge (sonstige)	Gesamt
6,12	20%	30 %	4,284 – 6,12

¹Abfallabschlag: Wird als Substrat ein Abfallprodukt eingesetzt, so verringert sich der Tarif. „SN 17, Tab.1“ steht für Abfälle aus der Tabelle 1 des Ökostromgesetzes, deren Schlüsselnummer mit 17 (z.B.: Bauholz). Dies gilt analog für SN 17, Tab. 2 (z.B.: Rinde)

Tabelle 13: Deutsche Tarife für feste Biomasse

Feste Biomasse					
Leistung	Grund-Vergütung	NawaRo-Bonus für feste Biomasse	Innovative Anlagentechnologie ¹	KWK-Bonus	Gesamt
bis 150 kW	11,55	6	2	3	11,55 – 22,55
bis 500 kW	9,09	6	2	3	9,09 – 20,09
bis 5 MW	8,17	4	2	3	8,17 – 17,17
bis 20 MW	7,71	0	0	3	7,71 – 10,71

¹Für die Verwendung von innovative Anlagentechnologien/Verfahren nach Anlage 1 des EEG (z.B.: ORC-Anlagen, Dampfmaschinen, Umwandlung von Biomasse durch thermische Vergasung)

Für Strom aus fester Biomasse wird im ÖSG in 7 Leistungsstufen (von kleiner 150 kW bis größer 20 MW). Für alle Substrate gilt die Grundvergütung, außer es handelt sich um sogenannte Abfälle mit hohem biogenen Anteil, dann verringert sich der Tarif. Die deutschen 4 Tarife für feste Biomasse besitzen eine größere Bandbreite der Leistungsstufen. Werden nachwachsende Rohstoffe als Substrat verwendet, steigt die Vergütung, für innovative Anlagentechnologie und Kraft-Wärme-Kopplung ebenfalls.

4.3.2.2 Flüssige Biomasse

Tabelle 14: Österreichische Tarife für Strom aus flüssiger Biomasse

Flüssige Biomasse		
Grundvergütung	KWK-Zuschlag ¹	Gesamt
5,80	2,00	5,80 – 7,80

¹ KWK-Zuschlag: für Anlagen, welche die Effizienzkriterien gemäß § 8 Abs. 2 des Kraft-Wärme-Kopplungs-Gesetzes (BGBl. 111/2008) erfüllen ($2/3 * W/B + E/B \geq 0,6$; W = die in das Fernwärmenetz eingespeiste Wärmemenge, B = Gesamter Brennstoffeinsatz, E = elektrische Energie, die an das Netz abgegeben wird)

Für Strom aus flüssiger Biomasse setzt sich der Tarif nur aus der Grundvergütung und eventuell auch aus dem KWK-Zuschlag zusammen. Auch mit KWK-Zuschlag ist der Tarif sehr klein.

Tabelle 15: Deutsche Tarife für Strom aus flüssiger Biomasse

Flüssige Biomasse					
Leistung	Grund-Vergütung	NawaRo-Bonus für flüssige Biomasse	Innovative Anlagentechnologie	KWK-Bonus	Gesamt
bis 150 kW	11,55	6	2	3	11,55 – 22,55
bis 500 kW	9,09	0	2	3	9,09 – 14,09
bis 5 MW	8,17	0	2	3	8,17 – 13,17
bis 20 MW	7,71	0	0	3	7,71 – 10,71

In Deutschland unterscheidet man Anlagen mit flüssiger Biomasse 4 Leistungsstufen. Zusätzlich gibt es für kleine Anlagen bis 150 kW einen Bonus für die Verwendung nachwachsender Rohstoffe. Zusätzlich können Anlagen bis 5 MW einen Tarifzuschlag für innovative Anlagentechnologien erhalten. Auch bei deutschen Anlagen mit flüssiger Biomasse erhöht sich der Tarif bei KWK-Strom.

4.3.2.3 Biogas

Tabelle 16: Österreichische Tarife für Biogas

Biogas					
Leistung	Grund-Vergütung	Abschläge bei Kofermentation von Abfällen	KWK-Zuschlag	Zuschlag für Erdgasqualität	Gesamt
Bis 250 kW	18,50	- 20 %	2,0	2,0	14,8 – 22,50
250 bis 500 kW	16,50	- 20 %	2,0	2,0	13,2 – 20,50
Über 500 kW	13,00	- 20 %	2,0	2,0	10,4 – 17,00

In Österreich werden Biogas-Anlagen in 3 Leistungsstufen unterteilt. Bei der Kofermentation von Abfällen wird der Tarif um 1/5 verringert. Für Kraft-Wärme-Kopplung, sowie für die Aufbereitung des Biogases auf Erdgasqualität gibt es Zuschläge.

Tabelle 17: Deutsche Tarife für Strom aus Biogas

Leistung	Grund-Vergütung	NawaRo-Bonus für Biogas	Zuschläge		Gasaufbereitung auf Erdgasqualität		Innovative Anlagentechnologie ¹	KWK-Bonus	Gesamt
			Gülle (>30 %)	Pflanzen aus Landschaftspflege	bis 350 m ³ /h	bis 700 m ³ /h			
bis 150 kW	11,55	7	4	2	2	1	2	3	11,55 – 25,55
bis 500 kW	9,09	7	1	2	2	1	2	3	9,09 – 23,09
bis 5 MW	8,17				2	1	2	3	8,17 – 15,17
bis 20 MW	7,71						0	3	7,71 – 10,71

¹Innovative Anlagentechnologie nach Anlage 1 des EEG: Gasturbine, Brennstoffzelle etc.

In Deutschland werden die Biogasanlagen in 4 Leistungsstufen unterteilt. Die Unterteilung ist deutlich breiter gewählt. Die unterste Stufe endet schon bei 150 kW und die oberste endet erst bei 20 MW. Es gibt, ähnlich wie in Österreich, Zuschläge für Kraft-Wärme-Kopplung, sowie für die Aufbereitung von Biogas auf Erdgasqualität. Kleine Anlagen können einen relativ großen Bonus durch die Verwendungen von nachwachsenden Rohstoffen, Gülle oder Pflanzen aus Landschaftspflege erhalten.

4.4. Fallbeispiele

Für die Fallbeispiele wurden bestimmte Anlagengrößen ausgewählt und dann auf Grund der Volllaststunden die erzeugte Strommenge errechnet. Multipliziert mit dem maximal möglichen Tarif (inklusive aller Zuschläge = „best case szenario“) und der Laufzeit ergibt diese Rechnung den theoretischen Erlös, den ein Investor für sein Ökostromkraftwerk kalkulieren kann. Diese Berechnung beruht jedoch nicht auf exakten betriebswirtschaftlichen Überlegungen, da für ein buchhalterisch repräsentatives Ergebnis die Verzinsung des Fremd- und Eigenkapitals sowie deren Einfluss auf geänderte Laufzeiten fehlen. Die Investitionskosten sind in Österreich und Deutschland etwa gleich.

4.4.1 Wind

Für den Vergleich „Wind“ wurden die Tarife für eine 20 MW-Anlage betrachtet.

Tabelle 18: Berechnung Wind

Berechnung Wind		Größe der Anlage
		20 MW
	Volllaststunden in h	2.300
	Erzeugte Strommenge pro Jahr in kWh/a	46.000.000
Österreich	Tarif Cent/kWh	9,7
	Laufzeit in Jahre	13
	Erlös pro Jahr in €	4.462.000
	Gesamterlös in €	58.006.000
Deutschland	Tarif Anfangsvergütung	9,61
	Laufzeit	5
	Tarif Grundvergütung	4,97
	Laufzeit	15
	Durchschnittlicher Erlös pro Jahr in €	3.759.733
	Gesamterlös in €	56.396.000

Windanlagenbetreiber bekommen, wie in der Tabelle ersichtlich, in Österreich einen größeren Erlös. Dieses Ergebnis ist unabhängig von der Anlagengröße, da in beiden Ländern der Tarif nicht gestaffelt wird. Wie in bereits erwähnt, ist der österreichische Anlagenbetreiber zusätzlich noch durch die kürzere Laufzeit begünstigt. Einziger Vorteil des deutschen Tarifsystems für Wind ist die verlängerbare Anfangsvergütung. Wenn die Anlage nicht die geplante Leistung erbringt, dann bekommen deutsche Betreiber den Tarif für Anfangsvergütung länger.

4.4.2 Geothermie

In Deutschland wird der Tarif für Geothermie unterteilt in Anlagen, die kleiner als 10 MW sind und jene die größer als 10 MW sind. Für Österreich gibt es keine Unterteilung. Es wurde 2009 in Österreich nur Strom aus Anlagen mit einer Gesamtengpassleistung von 0,9 MW eingespeist. Um beide Länder zu veranschaulichen wurden daher folgende Leistungen gewählt: 2 MW und 10 MW.

Tabelle 19: Berechnung Geothermie

Berechnung Geothermie		Anlagenleistung	
		2 MW	10 MW
	Volllaststunden in h	7.250	7.250
	Erzeugte Strommenge pro Jahr in kWh/a	14.500.000	72.500.000
Österreich	Tarif Cent/kWh	7,5	7,5
	Laufzeit in Jahre	13	13
	Erlös pro Jahr in €	1.087.500	5.437.500
	Gesamterlös in €	14.137.500	70.687.500
Deutschland	Tarif	27,8	14,36
	Laufzeit	20	20
	Erlös pro Jahr in €	4.031.000	10.411.000
	Gesamterlös in €	80.620.000	208.220.000

Man sieht sehr deutlich, dass Deutschland hier für Geothermie eindeutig bessere Bedingungen wählt. Eine 10 MW Anlage in Österreich würde theoretisch die 5-fache Strommenge produzieren und dennoch weniger bekommen, als die 2 MW Anlage in Deutschland.

4.4.3 Photovoltaik

Der Vergleich mit den PV-Tarifen wurde für 20, 100 und 500 kWp angestellt. Dadurch konnten die beiden österreichischen Tarife und die drei niedrigsten deutschen Tarife gegenübergestellt werden.

Tabelle 20: Berechnung Photovoltaik

Berechnung Photovoltaik		Anlagenleistung		
		20 kWp	100 kWp	500 kWp
	Volllaststunden in h	1.000	1.000	1.000
	Erzeugte Strommenge pro Jahr in kWh/a	20.000	100.000	500.000
Österreich	Tarif Cent/kWh	38	33	33
	Laufzeit in Jahre	13	13	13
	Erlös pro Jahr in €	7.600	33.000	165.000
	Gesamterlös in €	98.800	429.000	2.145.000
Deutschland	Tarif	39,14	37,23	35,23
	Laufzeit	20	20	20
	Erlös pro Jahr in €	7.828	37.230	176.150
	Gesamterlös in €	156.560	744.600	3.523.000

Unabhängig von der Anlagengröße erhält man in Deutschland mehr Geld als in Österreich. In Österreich ist die Tarifstaffelung eher klein gewählt, was bedeutet, dass große Anlagen in Österreich verhältnismäßig viel Geld erhalten, als im Vergleich zu kleineren.

Die deutsche Tarifstaffelung ist viel höher angesetzt und dennoch bekommt man in Deutschland einen besseren Tarif. Hinzu kommt, dass Anlagen, die in Deutschland noch mittlere Tarife erhalten, nur schwer in Österreich realisierbar sind. Von den 17 Millionen Euro des Kontingents der OeMAG stehen nur 10 % der Photovoltaik zur Verfügung. Solche Anlagen würden das Kontingent alleine verbrauchen und sind daher nur theoretisch möglich.

4.4.4 Wasserkraft

Für den Vergleich „Wasserkraft“ wurden die Tarife für ein 1 MW Kleinwasserkraftwerk betrachtet.

Tabelle 21: Berechnung Wasserkraft

Berechnung Wasserkraft		Anlagenleistung		
		0,5 MW	2 MW	10 MW
Volllaststunden in h		7.250	7.250	7.250
Erzeugte Strommenge pro Jahr in kWh/a		3.625.000	14.500.000	72.500.000
Österreich	Investförderung in €	750.00	2.000.000	4.000.000
	Tarif Cent/kWh	56,67	56,67	56,67
	Laufzeit in Jahre	13	13	13
	Erlös pro Jahr in €	2.670.699	10.683	53.413.988
	Gesamterlös in €	3.420.699	12.682.798	57.413.988
Deutschland	Tarif	12,56	8,65	6,26
	Laufzeit	20	20	20
	Erlös pro Jahr in €	455.300	1.254.250	4.538.500
	Gesamterlös in €	9.106.000	25.085.000	90.770.000

¹ bis 500kW werden max. 30 % bzw. 1.500 € als Investförderung bezahlt, bis 2 MW 20 % bzw. 1.000 €, bis 10 MW 10 % bzw. 400 €

Das Ergebnis ist auch hier eindeutig. In Deutschland wird deutlich mehr für den Strom aus Wasserkraft gezahlt.

4.4.5 Klärgas

Österreich unterscheidet bei Klärgas nicht nach Anlagengröße, Deutschland klassifiziert in 2 Stufen: bis 500 kW und bis 2 MW. Zusätzlich gibt es in Deutschland einen Tarifizuschlag, wenn auf Erdgasqualität aufbereitet wurde.

Tabelle 22: Berechnung Klärgas

Berechnung Klärgas		Anlagenleistung		
		0,5 MW	2 MW*	2 MW*
Volllaststunden in h		6.500	6.500	6.500
Erzeugte Strommenge pro Jahr in kWh/a		3.250.000	13.000.000	13.000.000
Österreich	Tarif Cent/kWh	6	6	6
	Laufzeit in Jahre	13	13	13
	Erlös pro Jahr in €	195.000	780.000	780.000
	Gesamterlös in €	2.535.000	10.140.000	10.140.000
Deutschland	Tarif	11	10,07	8,07
	Laufzeit	20	20	20
	Erlös pro Jahr in €	357.500	1.309.100	1.049.100
	Gesamterlös in €	7.150.000	26.182.000	20.982.000

* mit bzw. ohne Aufbereitung auf Erdgasqualität

In Deutschland wird der Strom auch für Klärgas besser vergütet. Das Weglassen des Bonus für die Aufbereitung auf Erdgasqualität ändert daran auch nichts. Eine 2 MW Anlage in Deutschland bekommt dann immer noch doppelt so viel, wie eine vergleichbare österreichische Anlage.

4.4.6 Grubengas

In Österreich gibt es keinen Tarif für Strom aus Grubengas. Daher wird dieser Vergleich ausgelassen. Grubengas wird in Deutschland ähnlich wie Klärgas vergütet. Eine 2 MW Anlage mit 6.500 Volllaststunden würde in 20 Jahren Laufzeit einen Erlös von **23.608.000 €** einbringen.

4.4.7 Deponiegas

Deponiegas ist ähnlich wie Klärgas. Österreich unterscheidet nicht nach Anlagengröße, Deutschland klassifiziert in 2 Stufen: bis 500 kW und bis 2 MW. Auch hier gibt es in Deutschland einen Tarifizuschlag für Erdgasqualität.

Tabelle 23: Berechnung Deponiegas

Berechnung Deponiegas		Anlagenleistung		
		0,5 MW	2 MW	2 MW*
	Volllaststunden in h	6.500	6.500	6.500
	Erzeugte Strommenge pro Jahr in kWh/a	3.250.000	13.000.000	13.000.000
Österreich	Tarif Cent/kWh	5	5	5
	Laufzeit in Jahre	13	13	13
	Erlös pro Jahr in €	162.500	650.000	650.000
	Gesamterlös in €	2.112.500	8.450.000	8.450.000
Deutschland	Tarif	12,87	10,97	8,97
	Laufzeit	20	20	20
	Erlös pro Jahr in €	418.275	1.426.100	1.166.100
	Gesamterlös in €	8.365.500	28.522.000	23.322.000

* mit bzw. ohne Aufbereitung auf Erdgasqualität

Ähnliche Tarife wie Klärgas und auch ein ähnliches Ergebnis. Unabhängig von der Anlagengröße bekommt eine deutsche Anlage mehr als das doppelte.

4.4.8 Biomasse fest

Der Vergleich für feste Biomasse ist sehr komplex. In Österreich gibt es Abschläge bei der Verwendung von Abfällen. In Deutschland wiederum Zuschläge für die Verwendung von nachwachsenden Rohstoffen. Der Vergleich wurde mit zwei Anlagengrößen gemacht: 500 kW und 10 MW. Zusätzlich wird jeweils einmal Holz als nachwachsender Rohstoff verwendet und einmal Holzspäne als Abfall mit der SN 17 aus der Tab. 1 des ÖSG.

Tabelle 24: Berechnung feste Biomasse

Berechnung Biomasse fest	Anlagenleistung			
	NaWaRo 0,5 MW	SN 17 0,5 MW	NaWaRo 10 MW	SN 17 10 MW
Volllaststunden in h	6.500	6.500	6.500	6.500
Erzeugte Strommenge pro Jahr in kWh/a	3.250.000	3.250.000	65.000.000	65.000.000
Österreich	Tarif Cent/kWh	14,98	8,988	12,06
	Laufzeit in Jahre	15	15	15
	Erlös pro Jahr in €	486.850	292.110	7.839.000
	Gesamterlös in €	7.302.750	4.381.650	117.585.000
Deutschland	Tarif	20,09	14,09	17,17
	Laufzeit	20	20	20
	Erlös pro Jahr in €	652.925	457.925	11.160.500
	Gesamterlös in €	13.058.500	9.158.500	223.210.000

Die Abschläge für die Verwendung von Abfällen verringern für Anlagen in beiden Ländern den Erlös deutlich. Unterm Strich steigt man als Anlagenbetreiber in Österreich wieder schlechter aus. Man bekommt im Wesentlichen etwas mehr als die Hälfte, die man in Deutschland bekommen würde.

4.4.9 Biomasse flüssig

Flüssige Biomasse wird in Deutschland nach dem gleichen Modell klassifiziert wie bei fester Biomasse. Die Tarife fallen jedoch etwas geringer aus und für die Verwendung von nachwachsenden Rohstoffen gibt es nur für Anlagen bis 150 kW einen Zuschlag. Österreich hingegen vergibt nur einen einzigen Tarif. Folgende Anlagengrößen wurden gewählt: 150 kW mit NaWaRo Zuschlag, 150 kW ohne NaWaRo und 10 MW

Tabelle 25: Berechnung flüssige Biomasse

Berechnung Biomasse flüssig		Anlagenleistung		
		0,15 MW*	0,15 MW*	10 MW
Volllaststunden in h		6.000	6.000	6.000
Erzeugte Strommenge pro Jahr in kWh/a		900.000	900.000	60.000.000
Österreich	Tarif Cent/kWh	7,8	7,8	7,8
	Laufzeit in Jahre	15	15	15
	Erlös pro Jahr in €	70.200	70.200	4.680.000
	Gesamterlös in €	1.053.000	1.053.000	70.200.000
Deutschland	Tarif	22,55	14,55	13,17
	Laufzeit	20	20	20
	Erlös pro Jahr in €	202.950	130.950	7.902.000
	Gesamterlös in €	4.059.000	2.619.000	158.040.000

* mit bzw. ohne NaWaRo-Bonus

Eine Anlage für flüssige Biomasse mit einer Leistung von 150 kW bekommt in Deutschland nicht ganz das 4-fache von dem, was die gleiche Anlage in Österreich bekommt. Hier sieht man, dass Österreich scheinbar nicht viel Interesse an Anlagen auf Basis flüssiger Biomasse hat.

4.4.10 Biomasse gasförmig

Im österreichischen Tarifmodell für Biogas gibt es einen Grundtarif und Abschläge bei der Kofermentation von Abfällen ähnlich wie bei fester Biomasse. In Deutschland gibt es für diverse Rohstoffe unterschiedliche Zuschläge. Für den Vergleich wurden Anlagen mit 250 kW und 1 MW gewählt.

Tabelle 26: Berechnung Biogas

Berechnung Biogas		Anlagenleistung	
		0,25 MW	2 MW
Volllaststunden in h		6.500	6.500
Erzeugte Strommenge pro Jahr in kWh/a		1.625.000	13.000.000
Österreich	Tarif Cent/kWh	22,5	17
	Laufzeit in Jahre	15	15
	Erlös pro Jahr in €	365.625	2.210.000
	Gesamterlös in €	5.484.375	33.150.000
Deutschland	Tarif	25,55	23,09
	Laufzeit	20	20
	Erlös pro Jahr in €	415.187,5	3.001.700
	Gesamterlös in €	8.303.750	60.034.000

Analog zu den vorhergegangenen Vergleichen, wird Biogasstrom in Deutschland deutlich höher bezahlt als in Österreich. Im Durchschnitt sind die Stromeinnahmen aus Biogas in Österreich um 40 % geringer. Wenn man davon ausgeht, dass die deutschen Tarife sich an den realen Gestehungskosten orientieren, so erklärt sich schnell, dass zu den Österreichischen Tarifen (fast) keine Anlagen gebaut werden können.

5. Zusammenfassung und Ausblick

Die Erlöse variierten bei den beiden Fördersystemen sehr stark. Die folgende Tabelle zeigt die Ergebnisse des Vergleichs im Überblick:

Tabelle 27: Zusammenfassende Darstellung der Erlöse

Technologie	Anlagengröße		€ Erlös in Österreich / Deutschland			Höherer Erlös in Mio. €/%	
Wind	20	MW	58.006.000	56.396.000	AUT	1,4 Mio. €	3 %
Geothermie	2	MW	14.137.500	80.620.000	BRD	66,5 Mio. €	470 %
	10	MW	70.687.500	208.220.000	BRD	137,5 Mio. €	195 %
Photovoltaik	20	kWp	98.800	156.560	BRD	0,06 Mio. €	58 %
	100	kWp	429.000	744.600	BRD	0,3 Mio. €	74 %
	500	kWp	2.145.000	3.523.000	BRD	1,4 Mio. €	64 %
Wasserkraft	0,5	MW	3.420.699	9.106.000	BRD	5,7 Mio. €	166 %
	2	MW	12.682.798	25.085.000	BRD	12,4 Mio. €	98 %
	10	MW	57.413.988	90.770.000	BRD	33,4 Mio. €	58 %
Klärgas	500	kW	2.535.000	7.150.000	BRD	4,6 Mio. €	182 %
	2	MW	10.140.000	26.182.000	BRD	16 Mio. €	158 %
	*2	MW	10.140.000	20.982.000	BRD	10,8 Mio. €	107 %
Grubengas	2	MW	X	23.608.000	BRD	X	X
Deponiegas	500	kW	2.112.500	8.365.500	BRD	6,3 Mio. €	296 %
	2	MW	8.450.000	28.522.000	BRD	20,1 Mio. €	238 %
	*2	MW	8.450.000	23.322.000	BRD	14,9 Mio. €	176 %
Biomasse fest	**500	kW	7.302.750	13.058.500	BRD	5,8 Mio. €	79 %
	***500	kW	4.381.650	9.158.500	BRD	4,8 Mio. €	109 %
	**10	MW	117.585.000	223.210.000	BRD	106 Mio. €	90 %
	*10	MW	70.551.000	171.210.000	BRD	101 Mio. €	143 %
Biomasse flüssig	150	kW	1.053.000	4.059.000	BRD	3,0 Mio. €	285 %
	****150	kW	1.053.000	2.619.000	BRD	1,6 Mio. €	149 %
	10	MW	70.200.000	158.040.000	BRD	87,8 Mio. €	125 %
Biogas	250	kW	5.484.375	8.303.750	BRD	2,8 Mio. €	51 %
	2	MW	33.150.000	60.034.000	BRD	26,9 Mio. €	81 %

* ohne Aufbereitung auf Erdgasqualität ** NaWaRo *** SN 17, Tab. 1 **** ohne NaWaRo-Bonus

Die Tabelle 27 zeigt ein klares Ergebnis. Bis auf Windkraft werden alle Ökostromarten von Deutschland deutlich besser gefördert als von Österreich. Dies liegt zum einen an den deutlich längeren Vertragslaufzeiten in Deutschland, zum anderen an den höheren Tarifen.

Nachdem beide Gesetze kostendeckende Tarife vorschreiben, lassen sich die zum Teil exorbitanten Tarifunterschiede (bis zum Faktor 5 ! unterschiedlich) rational nicht erklären. Betrachtet man die Ökostromentwicklung in den beiden Staaten, dann sieht man aber schnell, dass in Deutschland ein klarer Anstieg der Ökostromeinspeisung erfolgt, während er in Österreich sogar zurückgeht.

Es ist somit klar, dass rein politisch-lobbyistische Gründe und Ansichten über Erfolg und Misserfolg von Ökostrom entscheiden. Während in Deutschland alle Ökostromarten gute Bedingungen vorfinden, trifft dies in Österreich nur auf die Windkraft zu, die als einzige Ökostromerzeugungsart bessere Einspeisebedingungen als in Deutschland vorfindet.

Es liegt auf der Hand, dass große Investoren Österreich im direkten Vergleich mit Deutschland aber auch mit anderen Nachbarländern „links liegen lassen“, da das Investitionsrisiko in Österreich viel zu hoch und die Renditeerwartung zu niedrig (= negativ) ist. Will man den Ökostrom in Österreich ausbauen, führt somit kein Weg an den deutschen Tarifen vorbei, da sich diese ja unmittelbar auf die Investitionsfreudigkeit auswirken.

Fazit: Deutschland hat die EU-Vorgaben bezüglich Steigerung des Ökostromanteils bis 2010 bereits übertroffen, Österreich entfernt sich jedes Jahr weiter davon.

6. LITERATUR

Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (Österreich); 2010; <http://www.umweltnet.at/article/articleview/33177/1/7068>

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Deutschland); 2010; <http://www.bmu.de/gesetze/verordnungen/doc/2676.php>

Richtlinie 2001/77/EG des Europäischen Parlaments und des Rates; <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2001:283:0033:0040:DE:PDF>

Energie-Control GmbH;

www.e-control.at/de/statistik/strom/betriebsstatistik/jahresreihen

www.e-control.at/de/konsumenten/oeko-energie/basiswissen/oekostrom-arten

[http://www.e-](http://www.e-control.at/portal/pls/portal/portal.kb_folderitems_xml.redirectToItem?pMasterthingId=167210)

[control.at/portal/pls/portal/portal.kb_folderitems_xml.redirectToItem?pMasterthingId=167210](http://www.e-control.at/portal/pls/portal/portal.kb_folderitems_xml.redirectToItem?pMasterthingId=167210)

[http://www.e-control.at/portal/page/portal/medienbibliothek/oeko-](http://www.e-control.at/portal/page/portal/medienbibliothek/oeko-energie/bilder/jpgs/EPL_Anerkannte%20Anlagen%20vs%20Vertragsverh%C3%A4ltnis_Daten%20Q3_2.jpg)

[energie/bilder/jpgs/EPL_Anerkannte%20Anlagen%20vs%20Vertragsverh%C3%A4ltnis_Daten%20Q3_2.jpg](http://www.e-control.at/portal/page/portal/medienbibliothek/oeko-energie/bilder/jpgs/EPL_Anerkannte%20Anlagen%20vs%20Vertragsverh%C3%A4ltnis_Daten%20Q3_2.jpg)

Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (Deutschland);

<http://bmwi.de/BMWi/Navigation/Energie/energiestatistiken,did=180894.html>

Hug, Rudolf, (2010), Heindl Server GmbH;

<http://www.solarserver.de/wissen/photovoltaik.html#wie>

Beer, Lothar (2010): <http://www.sonnenertrag.de/photovoltaikbegriffe>

OM-Service:

<http://www.om-service.ch/knowledgebase/elektrischeschmaschinen/generator/index.html>

Agentur für Erneuerbare Energien;

<http://www.unendlich-viel-energie.de/de/wasserkraft/wasserkraft.html>

Achmed A. W. Khammas (2008); Buch der Synergie;

Auch online:

[http://www.buch-der-](http://www.buch-der-synergie.de/c_neu_html/c_06_07_wasser_wellenenergie_austr_bis_dk.htm)

[synergie.de/c_neu_html/c_06_07_wasser_wellenenergie_austr_bis_dk.htm](http://www.buch-der-synergie.de/c_neu_html/c_06_07_wasser_wellenenergie_austr_bis_dk.htm)

[http://www.buch-der-](http://www.buch-der-synergie.de/c_neu_html/c_06_05_wasser_gezeiten.htm#Gezeitenenergie)

[synergie.de/c_neu_html/c_06_05_wasser_gezeiten.htm#Gezeitenenergie](http://www.buch-der-synergie.de/c_neu_html/c_06_05_wasser_gezeiten.htm#Gezeitenenergie)

http://www.buch-der-synergie.de/c_neu_html/c_08_02_windenergie_potential_segel.htm

Hofmann, Josef, 2003; „Grundlagen der Biogaserzeugung“

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe;

<http://www.bio-energie.de/biogas/biogasnutzung.html>

Bundesgesetzblatt: „Gesetz zur Neuregelung des Rechts der Erneuerbaren Energien im Strombereich und zur Änderung damit zusammenhängender Vorschriften“

Strauß, Karl (2006), Kraftwerkstechnik zur Nutzung fossiler, nuklearer und regenerativer Energiequellen, Springer-Verlag

Quaschnig, Volker (2003), „Regenerative Energiesysteme; Carl Hanser Verlag

http://www.innovations-report.de/html/berichte/umwelt_naturschutz/bericht-14579.html

Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (Deutschland);

<http://bmwi.de/BMWi/Navigation/Energie/energiestatistiken,did=180894.html>

Quelle: Energiestatistik des Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie;

<http://bmwi.de/BMWi/Navigation/Energie/energiestatistiken,did=180894.html>

Udo Leuschner

<http://www.udo-leuschner.de/basiswissen/SB112-landau1.jpg>

<http://www.udo-leuschner.de/basiswissen/SB112-09.htm>

Geothermie.ch; <http://www.geothermie.ch/index.php?p=geothermics>