



FACHHOCHSCHUL-BACHELORSTUDIENGANG

Biotechnologie und Umwelttechnik

Erneuerbarer- Energie- Anteil

an der Stromerzeugung innerhalb der EU

Vergleich der Rahmenbedingungen und der Tarife

ALS BACHELORARBEIT EINGEREICHT

zur Erlangung des akademischen Grades

Bachelor of Science in Engineering

von

Peter Reichetseder

Jänner 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.

.....
Reichetseder Peter

Gallneukirchen, 15.02.2010

KURZFASSUNG

Innerhalb der europäischen Union wird Ökostrom größtenteils aus Wasserkraft erzeugt. In dieser Arbeit werden unterschiedliche Ökostromanteile am Gesamtstrom der jeweiligen EU-Länder erörtert und verglichen. Dazu wurden offizielle Daten der europäischen Union von Mitgliedsländern herangezogen um die jeweiligen Fortschritte und Rückstände zu ermitteln. Dabei ergab sich, dass Deutschland bzw. die Niederlande ihre Kyotoziele von 12,5 % bzw. 9,59 % Ökostrommengen bereits 2008 überschritten oder annähernd erreicht hatten. Österreich hingegen liegt mit 10,4 % unter den vorgegebenen Wert wobei Österreich den höchsten Ökostromanteil von 67,7 % in das Stromnetz einspeist. Flächenmäßig größere Länder wie Frankreich bzw. Spanien erreichten 2008 nur einen Ökostromanteil von 14,12 % bzw. 23,1 %, wobei sich die verbindlichen EU-Richtlinien 2010 von 21 % bzw. 29,4 % noch weit außer Reichweite befinden. Diese Ergebnisse lassen darauf schließen, dass in den meisten EU-Ländern die Erzeugung von Ökostrom weiter ausgebaut werden muss damit die Vorgaben bis 2010 erreicht werden.

ABSTRACT

The greatest amount of produced "Green energy" in Europe is generated by water. In this thesis, the differences in the use of renewable sources between European countries are shown. Energy data of countries demonstrate their amount in the use of renewable sources. According to this data, the progress and regress were determined. The results were that Germany and the Netherlands reached their EU targets of 12.5 % and 9.59 % by 2008, respectively. Austria is far away from the target of 78.1 % and has reached just an amount of 67.7 %; but this percentage is the highest in the European Union. Further countries such as France and Spain have reached an amount of 14.12 % and 23.1 %, respectively; but their 2010 targets are low at 21 % and 29.4 %, respectively. Based on these results, it can be assumed that most of the countries have to increase their production of "Green electricity" by 2010.

INHALTSVERZEICHNIS

1	Einleitung.....	4
1.1	Anthropogene Emissionsquellen.....	4
1.2	Erderwärmung.....	5
1.3	Ozonabbau.....	6
1.4	Fossile Energiequellen.....	6
1.5	Erneuerbare Energiequellen.....	6
2	Der elektrische Strom.....	7
2.1	Geschichte.....	7
2.2	Prinzip.....	7
2.3	Verbreitung.....	8
2.4	Technik.....	8
2.4.1	Kraft-Wärme-Kopplung.....	8
2.4.2	Dampfkraftprozess.....	9
2.4.3	Stromerzeugung.....	10
2.4.4	Generatorprinzip.....	10
2.5	Windkraft.....	11
2.5.1	Geschichte der Windkraft.....	11
2.5.2	Prinzip.....	11
2.5.3	Angabe der Windstärke.....	11
2.5.4	Windgeschwindigkeitsverteilungen.....	12
2.5.5	Nutzung der Windenergie.....	12
2.5.6	Windturbinen.....	13
2.5.7	Auftriebsräder.....	13
2.6	Wasserkraft.....	14
2.6.1	Geschichte.....	14
2.6.2	Prinzip.....	14
2.6.3	Technik.....	14
2.6.4	Wichtige Faktoren für die Nutzung der Wasserkraft.....	16
2.7	Gezeitenenergie.....	17
2.7.1	Geschichte.....	17

Erneuerbarer- Energie- Anteil an der Stromerzeugung innerhalb der EU
Vergleich der Rahmenbedingungen und der Tarife

2.7.2	Prinzip	17
2.8	Geothermie	18
2.8.1	Geschichte	18
2.8.2	Prinzip	18
2.9	Photovoltaik	19
2.9.1	Geschichte	19
2.9.2	Prinzip	19
2.9.3	Technik	19
2.9.4	Herstellung und Aufbau von kristallinen Zellen	22
2.10	Biomasse	23
2.10.1	Definition der Biomasse	23
2.10.2	Kategorien von Biomasseprodukten	23
2.10.3	Feste Biomasse	24
2.10.4	Gasförmige Biomasse → Biogas	25
2.10.5	Der Weg vom Bioabfall zum Biogas	25
2.10.6	Die 4 Schritte der bakteriellen Biogasproduktion	26
2.10.7	Ausgangsprodukte für die Biogaserzeugung	27
2.10.8	Technik	27
2.10.9	Flüssige Biomasse → Biokraftstoffe	28
2.11	Wirkungsgrade der einzelnen Energiequellen	29
2.11.1	Volllaststunden	30
3	Klimaschutz	31
3.1	Von Kyoto nach Kopenhagen	31
3.2	Das Ergebnis von Kopenhagen	32
3.3	Marktwirtschaftliche Mechanismen des Kyotoprotokolls	32
3.3.1	Der Emissionshandel:	32
3.3.2	Burden Sharing	33
3.4	Das europäische Klimaprogramm	34
3.4.1	EU-Richtlinien	34
3.5	Ziele für Österreich bis 2010	35
3.6	Geschichte des Ökostroms in Österreich:	36
3.6.1	Ökostromnovelle 2003	36
3.6.2	Ökostromnovelle 2006	37

Erneuerbarer- Energie- Anteil an der Stromerzeugung innerhalb der EU
Vergleich der Rahmenbedingungen und der Tarife

3.6.3	Ökostromnovelle 2008	37
3.6.4	Resultat der Novellierung.....	38
4	Zahlen und Fakten	39
4.1	Die Entwicklung des Erneuerbaren Energieanteils an der Stromerzeugung der europäischen Union.....	39
4.2	Zielvorgaben der EU	40
4.3	Ökostromanteile einiger EU-Länder im Vergleich	42
4.3.1	Österreich	42
4.3.2	Deutschland.....	44
4.3.3	Italien.....	45
4.3.4	Großbritannien.....	46
4.3.5	Spanien	47
4.3.6	Frankreich.....	48
4.3.7	Polen.....	49
4.3.8	Niederlande	50
5	Fazit.....	51

1 Einleitung

Die Klimaänderung auf unserer Erde ist nicht mehr aufzuhalten und die Zeit zum Handeln wird immer kürzer. Fakt ist, dass der Großteil der Wissenschaftler eine Temperaturerhöhung der Erdoberfläche von 2 °Celsius bis zum Ende dieses Jahrhunderts prophezeit. Pessimisten sprechen von 5 °C. Die gegenwärtigen Auswirkungen sind zum Beispiel auf den Malediven zu sehen. Die Inselgruppe liegt im Indischen Ozean und ragt größtenteils nur 1 m aus dem Meer heraus. Der steigende Meeresspiegel bedroht das Leben auf der Insel. Kürzlich wurde aufgrund der Bedrohung eine Kabinettsitzung der Regierung der Malediven Unterwasser durchgeführt. Dieser Hilfeschrei ist einer von vielen und wir haben jetzt die Pflicht, etwas gegen die globale Erderwärmung zu tun.

1.1 Anthropogene Emissionsquellen

Tabelle 1 zeigt Emissionsquellen und Abgasbestandteile die vom Menschen verursacht werden.

Tabelle 1: Übersicht über anthropogene Emittentengruppen

Emissionsquelle	Luftverunreinigende Abgasanteile	Höhe über der Oberfläche
Haushalt	CO ₂ , SO ₂ , Staub, CO, VOC	ca. 10-30 m
Verkehr	CO ₂ , CO, NO _x , VOC, Feinstaub	ca. 0,3 m
Industrie	theoretisch alle Komp. Möglich	50-300 m
Abfallverbrennungsanlage	CO ₂ , SO ₂ , Staub, NO _x , Metalle, Cl und F- Verbindungen	über 100 m
Kraftwerke, Heizkraftwerke	CO ₂ , SO ₂ , Staub, NO _x	bis 300 m

[Dr. C.Lanzersdorfer, 2007]

1.2 Erderwärmung

Die Sonne ist die einzige maßgebliche Energiequelle für alle Vorgänge auf der Erde. In Abbildung 1 wird der Treibhauseffekt vereinfachte dargestellt.

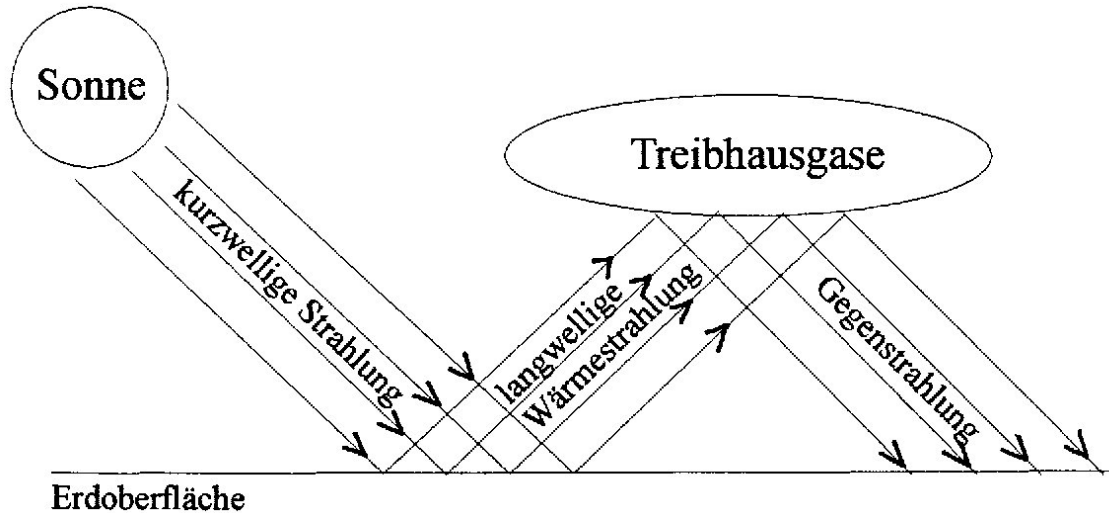


Abbildung 1: Treibhauseffekt

[Kepler-Gymnasium Tübingen, 12.12.2009]

Die globale Sonneneinstrahlung würde zu einer Erdoberflächentemperatur von durchschnittlich -18 °Celsius führen. Die mittlere Temperatur der Erdoberfläche beträgt jedoch $+14,3$ °Celsius. Der Grund für die zusätzliche Erwärmung ist der sogenannte Treibhauseffekt. In der oberen Atmosphäre wird von der Erde abgestrahlte langwellige Wärmestrahlung durch Verbindungen wie Kohlendioxid und Wasserdampf auf die Erde rückgestrahlt. Reichern sich diese Verbindungen durch natürliche oder anthropogene Ursachen an, führt dies zu einer erhöhten Gegenstrahlung und zu einer Verstärkung des Treibhauseffektes.

1.3 Ozonabbau

[Dr. C.Lanzersdorfer, 2007]

Verantwortlich für den Ozonabbau sind Chlor- bzw. Halogenverbindungen. Es gibt verschiedene Kreisläufe, in denen Ozon zerstört werden kann. Die Zersetzung von FCKW (Fluorchlorkohlenwasserstoff) findet durch intensive UV- Einstrahlung in der Stratosphäre (20–25 km) statt. Die Strahlung in der Stratosphäre ist hoch genug, sodass ozongefährdende Halogene freigesetzt werden. Reaktives Chlor und Brom zerstört das Ozon äußerst effektiv und es dauert sehr lange bis diese Substanzen wieder aus der Troposphäre ausgewaschen werden.

1.4 Fossile Energiequellen

Im Laufe der Zeit haben sich in der Erdkruste Ablagerungen von Lebewesen und Pflanzen chemisch zu Erdöl und Erdgas umgewandelt. Die entstandenen Öl- Kohle- bzw. Gasfelder werden für die globale Energieversorgung verwendet. Fossile Energiequellen werden als nicht erneuerbar bewertet, da sie den Kohlenstoff der Erde in Millionen von Jahren eingelagert haben. Bei der Verbrennung von fossilen Brennstoffen werden für die Umwelt sehr schädliche Abgase freigesetzt (siehe Tab. 1). Der Treibhauseffekt nimmt dabei zu.

1.5 Erneuerbare Energiequellen

Für den Ausbau des Klimaschutzes ist die Nutzung von Wind-, Wasser-, Sonnen-, Gezeiten-, Erdwärme der richtige Weg. Diese Ressourcen sind erneuerbar. Erneuerbare Energiequellen haben keinen negativen Einfluss auf den Treibhauseffekt und werden als CO₂-neutral beurteilt.

2 Der elektrische Strom

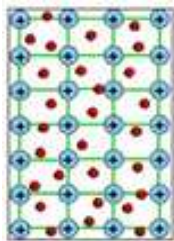
[Bastian Peter et al, 2005]

2.1 Geschichte

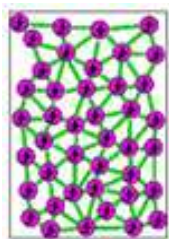
Thomas Alva Edison gilt bis heute als der Erfinder der Glühbirne. 1879 gelang Edison mittels Schraubfassung und Kohlefäden ein Quantensprung in der Technik. Erstmals wurde die Lampe 1880 der breiten Öffentlichkeit vorgestellt. Eine entscheidende Weiterentwicklung Edisons war die Möglichkeit den elektrischen Strom auf mehrere Lampen aufzuteilen. Der Geschäftsmann konstruierte in New York ein Elektrizitätswerk. Mit der Ausbreitung des Stromes verfügten von da an Haushalte über elektrisches Licht.

2.2 Prinzip

Der elektrische Strom beschreibt die Bewegung der elektrischen Ladungsträger, d.h. dabei fließen Elektronen (negativ geladen) vom Minuspol (Elektronenüberschuss) zum Pluspol (Elektronenmangel). Das Ausgleichsbestreben der Ladungen ist die Ursache für den Elektronenfluss.



In elektrischen Leitern sind Elektronen (fast) frei beweglich.
Dazu gehören: alle Metalle wie Cu, Fe, Al, Au und
Metalllegierungen



In Nichtleitern sind Elektronen fest an Atome gebunden.
Keramik, Bernstein, Plexiglas und Papier

[H.J. Wollersheim]

Definition:

[Bastian Peter et al, 2005]

„Der elektrische Strom in einem metallischen Leiter ist die gerichtete Bewegung von freien Elektronen“.

2.3 Verbreitung

In der heutigen Zeit wird Strom durch fossile (Kohle, Gas und Erdöl) und erneuerbare Energieträger gewonnen. Die Stromerzeugung in Kohle- oder Gaskraftwerken ist seit ca. 50 Jahren Stand der Technik.

2.4 Technik

Für die Stromgewinnung werden verschieden Techniken verwendet. Weit verbreitet sind Kraft-Wärme-Koppelanlagen und Dampfkraftanlagen.

2.4.1 Kraft-Wärme-Kopplung

In Blockheizkraftwerken werden flüssige oder gasförmige Medien verbrannt, die einen Motor antreiben (Abb.2). Diese mechanische Leistung wird mittels Generator in Strom umgewandelt. Dabei anfallende Abwärme wird für die Beheizung von Gebäuden verwendet. Bei dieser Technik ist der Wirkungsgrad sehr hoch, da es nur geringe Energieverluste gibt.

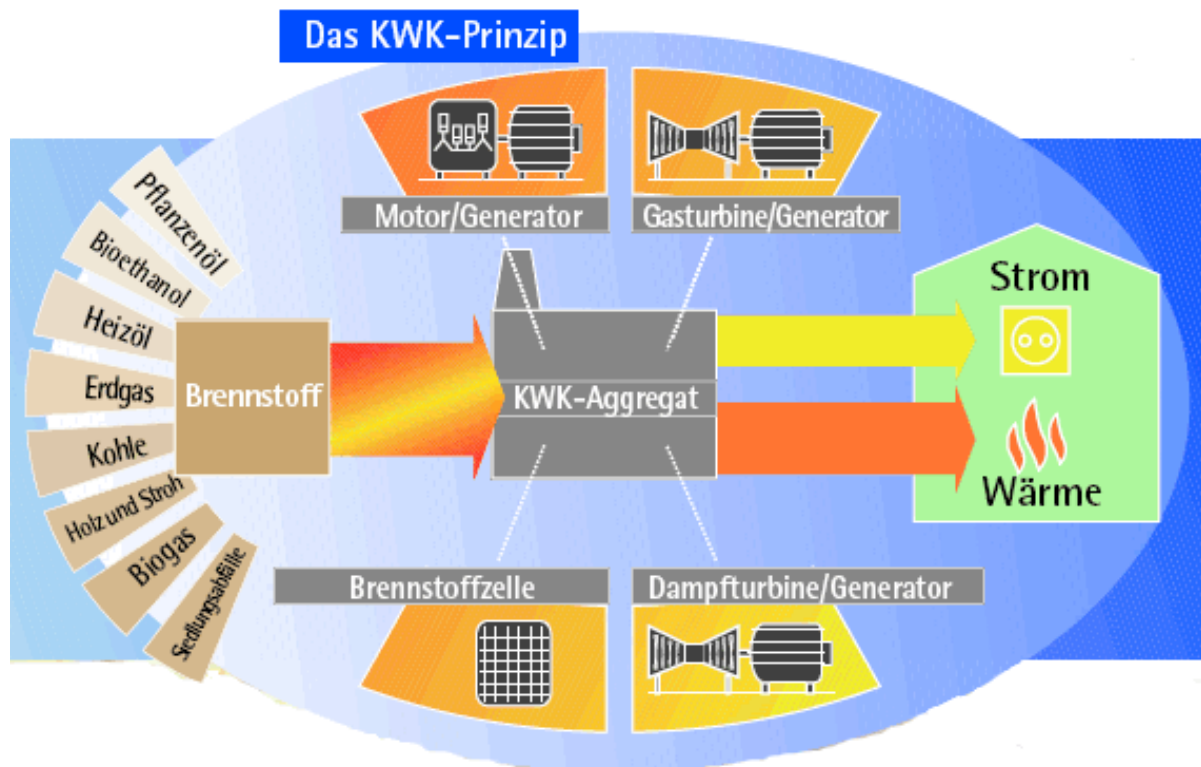


Abbildung 2: Prinzip BHKW

[Informations- und Schulungszentrum für Mini Blockheizkraftwerke]

2.4.2 Dampfkraftprozess

Der Dampfkraftprozess ist ein Kreisprozess, der eine Umwandlung von Wärme in mechanische Energie ermöglicht. Die Umwandlung kann nicht ohne Verluste durchgeführt werden. Diese Verluste gehen in Form von Strahlungsenergie über die Prozessgrenzen und werden an die Umgebung abgegeben.

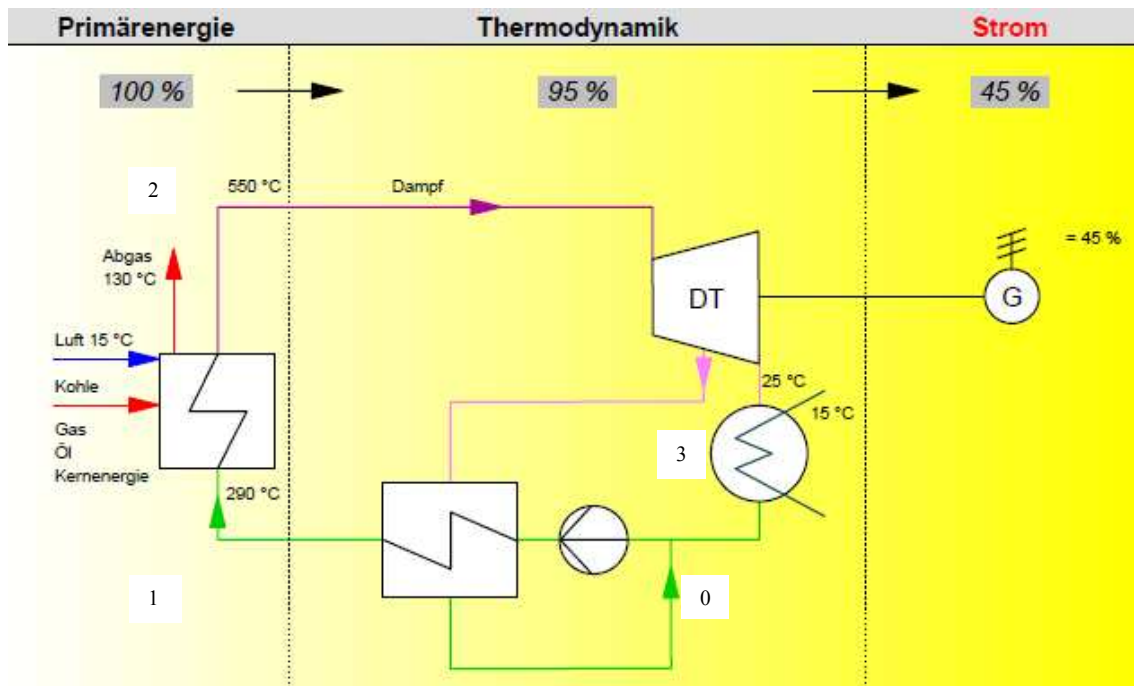


Abbildung 3: Clausius-Rankine Dampfkraftanlage

[Eon, Universität Hanover-Institut für Trubomaschinen]

Prozessbeschreibung

[Günter Cerbe, Gernot Wilhelms, 2008],

In Abbildung 3 ist das Anlagenschema des Dampfkreisprozesses dargestellt. Das Arbeitsmedium ist Wasser. Der Kreisprozess arbeitet zwischen zwei Druckniveaus. Das höhere Druckniveau herrscht im Dampferzeuger (bei Großkraftwerken bis zu 250 bar). Der im Kondensator herrschende Druck ist von der Wärmeabgabe abhängig. Für die Druckerhöhung zwischen Kondensatordruck und dem Druckniveau des Dampferzeugers (0-1) wird eine Speisewasserpumpe verwendet. Im Dampferzeuger verdampft das Wasser und meistens wird der Dampf noch überhitzt (1-2). Die Abgabe von mechanischer Leistung findet in der Dampfturbine statt. Dabei wird der Dampf entspannt (2-3). Im Kondensator findet schließlich die Wärmeabgabe statt und dabei wird der Dampf vollständig kondensiert (3-0).

2.4.3 Stromerzeugung

Die Stromerzeugung wird mit Generatoren vorgenommen. Die gewonnene (kinetische, potentielle oder thermische) Energie wird über das Getriebe in mechanische Energie und anschließend mit Generatoren (synchron oder asynchron) in elektrische Energie umgewandelt.

2.4.4 Generatorprinzip

[Bastian Peter et al, 2005]

Definition:

„Magnetfeld und Bewegung eines Leiters erzeugen eine Spannung“.

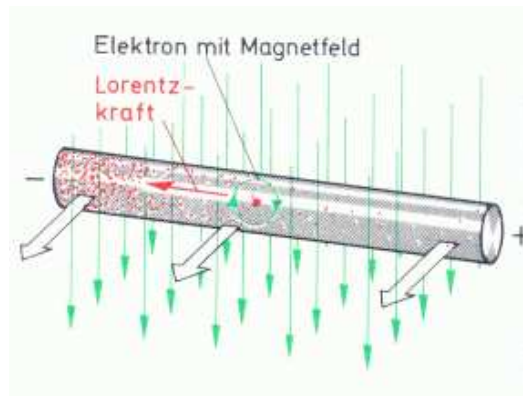


Abbildung 4: Ladungsverschiebung durch Bewegung im Magnetfeld

[Niedersächsischer Bildungsserver]

Bei der Generatortechnik wird ein Leiter durch ein Magnetfeld geführt (Abb.4). Die durch den Leiter fließenden Elektronen werden von einem Magnetfeld durch die sogenannte Lorentzkraft senkrecht zur Bewegungsrichtung abgelenkt. An einer Seite ergibt das einen Elektronenüberschuss und an der anderen Seite einen Elektronenmangel. Zwischen den beiden Leiterenden entsteht eine elektrische Spannung.

2.4.4.1 Prinzip eines Synchrongenerators

Die Verwendung von Synchrongeneratoren ist weit verbreitet. Dieser besteht aus einem Anker (starr) und einem magnetischen Läufer (Rotationsbewegung). Der Läufer wird von den Rotorblättern angetrieben und läuft dem Drehfeld synchron hinterher. Die Pole von Läufer und Anker sind verschoben und der Läuferpol rotiert in Drehrichtung vor dem Anker. Die Polradvorzeichen ändern sich ständig auf Plus oder Minus. Je stärker der Generator angetrieben wird, desto größer wird der Polradwinkel und umso höher ist die Ausbeute. Die Drehzahl bleibt jedoch stets konstant.

2.5 Windkraft

[WEB Windenergie, Volker Quasching,, 1999]

Die Windkraft ist im Gegensatz zur Sonnenenergie eine indirekte Art der Nutzung von Sonnenenergie. Sonnenstrahlen erwärmen die Luftmassen in der Atmosphäre. Die Kugelform und die Rotation der Erde, jahreszeitliche Schwankungen und regional bedingte Strahlungsunterschiede sind ausschlaggebend für Druckschwankungen. Diese Schwankungen verursachen Luftbewegungen.

2.5.1 Geschichte der Windkraft

Vor über 3.000 Jahren wurde die Windkraft bereits für die Bewässerung genutzt und im 7. Jahrhundert nach Chr. wurde in Afghanistan die Windkraft zum Mahlen von Getreide verwendet. Die einfache Konstruktion nutzte das Widerstandprinzip. Der Wirkungsgrad war begrenzt.

2.5.2 Prinzip

Das Prinzip der Windkraft beruht in der Nutzung der kinetischen Energie des Windes und wandelt diese in elektrische Energie um. Weit verbreitet sind die Aufwindkraftanlagen. Vorteil dieser Anlage ist, dass der Dreiblattrotor mit der geringsten Blattanzahl bei dynamisch beherrschbaren Geschwindigkeiten betrieben werden kann. Das Trägheitsmoment des Rotors ändert sich bei Rotation nicht. Die geringere Schwingungsdynamik bedingt eine mindere Geräusentwicklung und ist ein weiterer Vorteil.

2.5.3 Angabe der Windstärke

Die Angabe erfolgt in der Meteorologie häufig nach der Beauford-Skala. Durch diese Skala ist eine näherungsweise Bestimmung ohne aufwendige Messungen möglich. Für technische Anwendungen ist die Beauford-Skala jedoch unbrauchbar. Hierbei wird mit der Si-Einheit v in m/s (Geschwindigkeit/Sekunde) gearbeitet.

2.5.4 Windgeschwindigkeitsverteilungen

Windgeschwindigkeitsverteilungen werden verwendet, damit ein Jahresangebot an Windenergie für einen bestimmten Standort ermittelt werden kann. Eine Gegenüberstellung von relative Häufigkeitsverteilung $h(v)$ und Windgeschwindigkeiten v gibt an, wie oft die entsprechende Windgeschwindigkeit für einen Standort auftritt. Zur Verfälschung tragen Mittelwertberechnungen bei, da die Energie des Windes nicht linear von der Windgeschwindigkeit abhängt. Durch langjährige Messverfahren in Europa wurden Windkarten erstellt, aus denen mittlere Windgeschwindigkeiten entnommen werden können. Diese können in Küstenregionen 6 m/s betragen und in Binnenregionen unter 3 m/s. In Bergregionen herrschen wiederum höhere Geschwindigkeiten.

2.5.5 Nutzung der Windenergie

Die kinetische Energie E wird mit dem Wind als Windgeschwindigkeit V mitgeführt und kann durch unten stehende Gleichung berechnet werden. Die kinetische Energie ist gleich der Leistung P .

$$P = \dot{E} = \frac{1}{2} * \rho * A * v^3$$

Beispiel: Bei einer Windgeschwindigkeit von 10 m/s (v) und einer Temperatur von 10 °C ($\rho_{10\text{ °C}}=1,23 \text{ kg m}^{-3}$) beträgt die Windleistung pro m^2 Rotorfläche ($A = r^2 * \pi$) 6,15 kW.

Bei einer Windstärke von 1 m/s beträgt die Windleistung nur 1 W/ m^2 .

2.5.6 Windturbinen

Über Metallschaufeln am Eingang v_1 wird die Windgeschwindigkeit auf eine Windgeschwindigkeit am Ausgang v_2 abgebremst. Die dadurch entstehende Leistungsdifferenz sorgt dabei für die Bewegung der Turbine. Essentiell für den Betrieb ist die Vergrößerung des Querschnittes am Ausgang, da die gleiche Luftmenge die eingetreten ist austreten muss (siehe Abb. 5). Weil die Geschwindigkeit am Ausgang geringer ist, muss der Querschnitt erhöht werden.

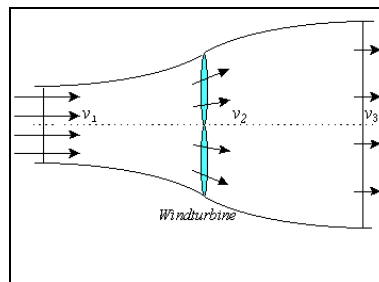


Abbildung 5: Strömungsverlauf einer frei umströmten Windturbinen

[Volker Quasching, 1999],

Die Windleistung P_n kann aus den Windgeschwindigkeitsdifferenzen berechnet werden. Der Wirkungsgrad η kann ebenfalls berechnet werden.

$$P_n = \frac{1}{2} * \dot{m} * (v_1^2 - v_2^2) \quad \eta = \frac{\text{genutzte Leistung } P_n}{\text{max. nutzbare Leistung } P_{id}}$$

2.5.7 Auftriebsräder

Bei der Umströmung eines Körpers entstehen an der Oberseite Turbulenzen. Ist die Strömungsgeschwindigkeit an der Oberseite höher als auf der Unterseite des Körpers entsteht an der Unterseite ein Überdruck und an der Oberseite gleichzeitig ein Unterdruck. Dieses Prinzip wird auch bei Rotorblättern in der Hubschraubertechnik angewandt. Die Bernoulligleichung beschreibt den daraus resultierenden Auftrieb.

Einflussnehmende Parameter für die Berechnung sind der Auftriebsbeiwert c_a , die Luftdichte ρ , die Anströmgeschwindigkeit v_a , und die Projektionsfläche A_p . Bei Windkraftanlagen der jüngsten Generation wird hauptsächlich die Auftriebskraft genutzt. Die Projektionsfläche setzt sich aus der Rotorspanntiefe t und der Rotorspannweite, die gleich dem Rotorradius ist, zusammen.

2.6 Wasserkraft

[Enbw-Wasserkraftwerke]

2.6.1 Geschichte

Für die Nutzung von Wasserkraft sind meist enorme Eingriffe in die Natur nötig. So wurde zum Beispiel beim Bau eines Kraftwerkes am Rhein im Jahre 1912 ein Naturdenkmal gesprengt (der Kleine Laufen). Ein aktuelles Beispiel für die Zerstörung des Ökosystems liefert der Bau des Drei-Schluchten-Dammes am Jangtsekiang in China.

2.6.2 Prinzip

Die Wasserkraft beruht auf der Nutzung der Strömung von Flüssen und Kanälen, oder der Höhenunterschiede von Stauseen und Gezeitenströmungen. Die potentielle Energie (Höhenunterschied), bzw. die kinetische Energie (Strömungsgeschwindigkeit) des Wassers wird über eine Turbine in elektrische Energie umgewandelt. Die Wasserkraft ist von den erneuerbaren Energiequellen weltweit der größte Energielieferant. Ihr wichtigster Bauteil ist die Turbine. Man unterscheidet Kaplan-, Francis- und Peltonturbinen.

2.6.3 Technik

[Kaltschnitt et al, 2006]

Hydraulische Maschinen, welche Energie des Wassers in eine Rotationsbewegung umwandeln, werden als Turbine bezeichnet. Weitere Bauteile (Abb.6) einer Wasserkraftanlage sind der Oberwassereinlauf, die Zu- bzw. Ableitung des Wassers zur bzw. von der Turbine, der Auslauf am Unterwasser sowie das Krafthaus mit den elektrotechnischen- und mechanischen Einrichtungen.

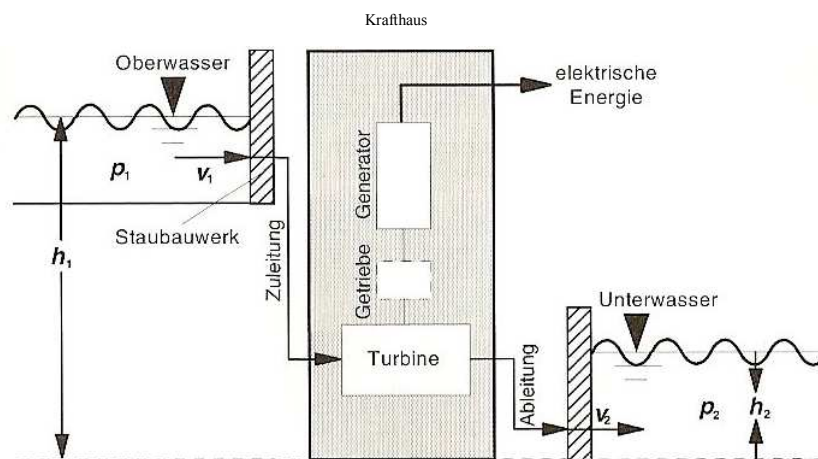


Abbildung 6: Schematischer Aufbau einer Wasserkraftanlage

[Kaltschnitt et al, 2006],

2.6.3.1 Laufwasserkraftwerk

Laufwasserkraftwerke sind Niederdruckanlagen die das zuströmende Wasser eines Flusses praktisch ohne Speicherung verarbeiten. Der große Durchfluss bei geringen Fallhöhen bis ca. 20 m ist charakteristisch für Laufwasserkraftwerke. Sie nutzen primär die kinetische Energie (Geschwindigkeit) des Gewässers (Abb.7).



Abbildung 7: Prinzip eines Laufwasserkraftwerks

[eon-wasserkraft]

2.6.3.2 Speicherkraftwerke oder Talsperrenkraftwerke

Das Speicherkraftwerk ist eine Hochdruckanlage. Die Anlage nützt die potentielle Energie eines Stausees. Das Wasser wird im See gespeichert und fließt über Fallrohre zu den Turbinen, welche durch den Druckunterschied und der Fließgeschwindigkeit angetrieben werden. Diese Energie wird über Generatoren zu elektrischer Energie umgewandelt. Ein Speicherkraftwerk dient weiters als Trinkwasserversorgung, trägt zum Hochwasserschutz bei, zur Wasserbevorratung für Trockenperioden und zur Bewässerung.

2.6.3.3 Pumpwasserkraftwerke

Pumpwasserkraftwerke sind Hochdruckanlagen und werden als Speicherkraftwerk betrieben. Sie werden zum Ausgleich von elektrischen Energieschwankungen verwendet indem sie in verbrauchsschwachen Zeiten, oder bei überschüssiger Energie Wasser aus tiefer gelegenen Ebenen in höher gelegene Stauseen pumpen. Bei Bedarf wird das gesammelte Wasser über Turbinen abgelassen und dadurch Strom ins Netz rückgeliefert (Abb.8).

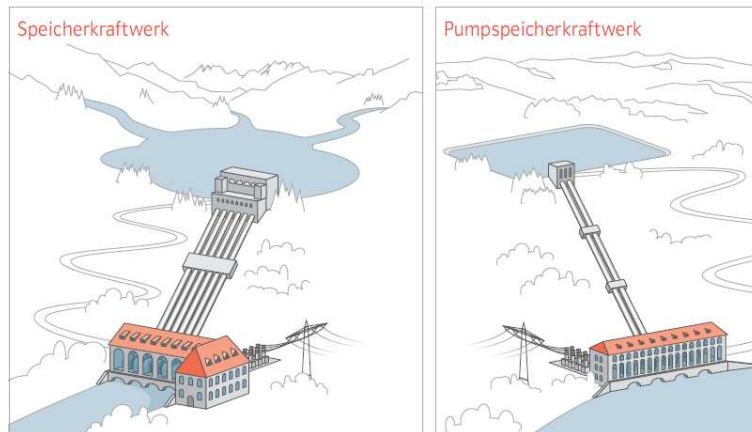


Abbildung 8: Speicherkraftwerk und Pumpkraftwerk

[eon-wasserkraft]

2.6.4 Wichtige Faktoren für die Nutzung der Wasserkraft

Ausschlaggebend für den Wirkungsgrad der Wasserkraft ist der Höhenunterschied zwischen der Wasseroberfläche und der Höhenlage der Turbinen.

Berechnung der potentiellen Energie:

$$E = m \cdot g \cdot h$$

m.....Masse in kg, g.....Erdbeschleunigung (9,81 m/s²), h.....Höhenunterschied in m

Beispiel: Pro 1m³ Wasser (= 1.000 kg) und 10 m Fallhöhe wird eine Energie von 98 kW frei.

Bei Laufwasserkraftwerken ist die potentielle Energie wegen der geringeren Fallhöhen nicht relevant. Es wird die kinetische Energie des Wassers genutzt, welche sich aus der Fließgeschwindigkeit ableitet.

Berechnung der kinetischen Energie:

$$E = \frac{1}{2} \cdot m \cdot (v_1^2 - v_2^2)$$

m.....Masse, v₁.....Wassergeschwindigkeit Austritt, v₂.....Wassergeschwindigkeit Eintritt

2.7 Gezeitenenergie

2.7.1 Geschichte

[Weltphysik, 2009]

Im Jahr 1967 wurde in St. Malo an der französischen Atlantikküste das erste Gezeitenkraftwerk errichtet. Mit diesem Kraftwerk konnte schon damals eine Leistung von 240 MW erzielt werden.

Ein sehr modernes und effizient arbeitendes Kraftwerk wurde 2008 an der Küste von Nordirland installiert. Die Situierung vor der Küste von Nordirland wurde deshalb gewählt, weil dort die stärksten Unterwasserströmungen der Welt fließen. Dieses Kraftwerk wurde für die Stromversorgung von 1000 Haushalten konstruiert und entwickelt.

2.7.2 Prinzip

Die Planeten und der Mond üben eine wechselseitige Kraft auf die Erde aus. Diese Kraft verursacht Ebbe und Flut. Gezeitenkraftwerke nutzen diese Wasserbewegungen, um mittels Turbine Strom zu erzeugen. Bei Flut wird das Wasser in ein Staubecken gedrückt und gesammelt. Bei Ebbe wird das Wasser im Sammelbecken durch die Turbinen hindurch in das Meer zurückgedrückt (Abb.9).

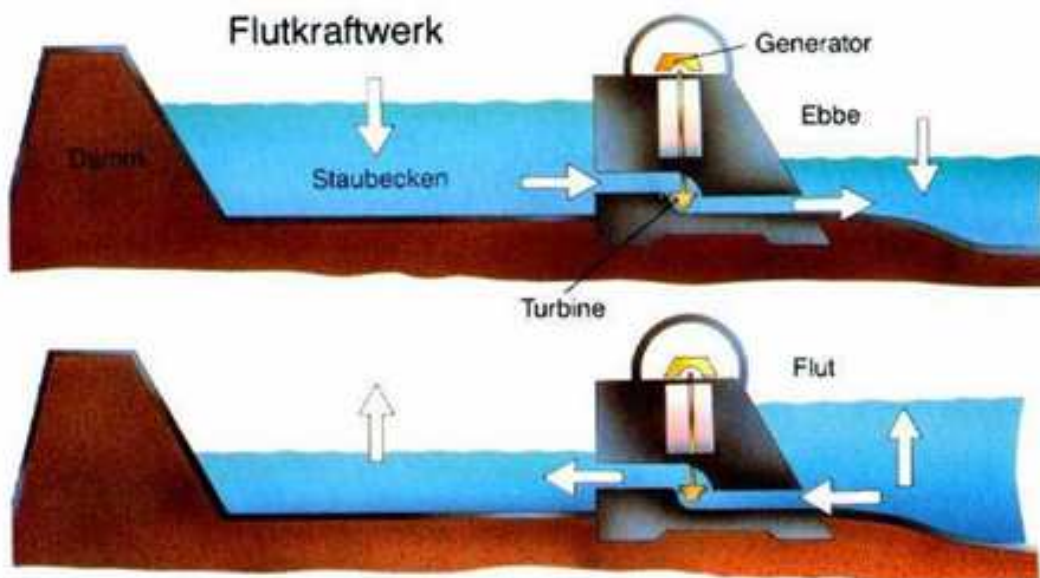


Abbildung 9: Prinzip eines Gezeitenkraftwerks

[master-of-ice]

2.8 Geothermie

2.8.1 Geschichte

[Geothermische Energie]

Europa galt lange Zeit als geothermal nicht nutzbares Gebiet, da es keine großflächigen Dampflagerstätten gibt. Die erste Nutzung des geothermischen Potentials nördlich der Alpen begann 1990 im österreichischen Altheim. Die thermische Leistung beträgt 12,4 MW, die elektrische Leistung 1 MW. Die dafür benötigten Bohrungen drangen bis zu 2,3 km tief in den Erdboden. Dabei wird Wasser mit der Eintrittstemperatur von 106 °Celsius aus dem Untergrund gewonnen und nach der Energieumwandlung mittels Dampfturbinen mit 70 °Celsius wieder in die Erde zurückgeführt.

2.8.2 Prinzip

Die Wärme des Erdinneren wird als Geothermik bezeichnet. Im Erdkern herrschen Temperaturen zwischen 3.000 °Celsius und 10.000 °Celsius. Die Temperatur nimmt vom Erdinneren zur Kruste stetig ab, kann aber je nach geogenen Verhältnissen bis knapp unter bzw. an die Oberfläche reichen. Dadurch gibt es viele Möglichkeiten diese Wärme zu nutzen. Der daraus resultierende Wärmestrom beträgt an der Erdoberfläche durchschnittlich 0,063 W/m². Die Nutzung von Erdwärme beschränkt sich normalerweise auf geothermische Gebiete, in denen schon in geringen Tiefen hohe Temperaturen auftreten. Über geothermische Kraftwerke wird primär Wärme, teilweise aber auch Strom produziert (Abb.10).

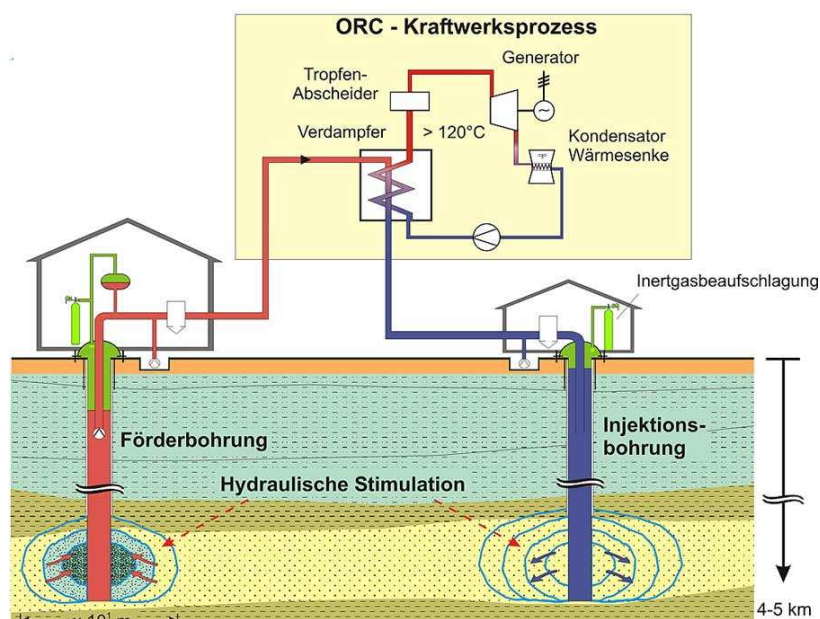


Abbildung 10: Prinzip der Geothermie

[scienczz]

2.9 Photovoltaik

[Sonntec]

2.9.1 Geschichte

Der Begriff Photovoltaik leitet sich aus den Worten Photo (Licht) und Volta (Einheit der elektrischen Spannung) ab. Jahr 1839 entdeckte Becquerel bei Experimenten mit elektrolytischen Zellen einen Stromfluss zwischen Anode und Kathode. Weiters stellte sich heraus, dass sich dieser Effekt durch Sonneneinstrahlung vergrößerte.

Die Weiterentwicklung vom p-n Übergang (siehe Abb. 13) durch Shockley führte 1949 zur ersten, in den amerikanischen Bell-Laboratories produzierten Silizium-Solarzelle. Der Wirkungsgrad dieser Zelle betrug ca. 5 % und wurde für die Weltraumtechnik entwickelt. Die Nutzung dieser Technologie breitete sich dank steigender Wirkungsgrade immer mehr auf den industriellen und privaten Bereich aus. Der aktuelle Wirkungsgrad von Solarzellen beträgt zwischen 12 % -15 %.

2.9.2 Prinzip

Die Photovoltaik nützt Sonnenlicht zur Energiegewinnung. Lichtteilchen (Photonen) werden in bestimmten Materialien (z.B.: Silizium) absorbiert. Bei dieser Anlagerung entstehen positive und negative Ladungsträger. Die Photonen werden dabei innerhalb des absorbierenden Materials großteils auf den Ladungsträger übertragen. Bei der Auftrennung dieser Ladungsträger entsteht innerhalb der Elektroden eine elektrische Spannung und somit wird Strom gewonnen.

2.9.3 Technik

[Volker Quasching, 1999]

Die wichtigste Komponente im System ist die Halbleitertechnik. Elementarhalbleiter sind alle Elemente des Periodensystems in der IV. Hauptgruppe. Zu dieser Gruppe zählen Silizium (Si), Germanium (Ge) und Zinn (Sn). Halbleiter verfügen in der mittleren Schale vier Elektroden (Valenzelektroden). Elemente der II. und VI. Hauptgruppe sowie Elemente der III. und V. Hauptgruppe haben im Mittel ebenfalls 4 Valenzelektronen.

Erneuerbarer- Energie- Anteil an der Stromerzeugung innerhalb der EU
Vergleich der Rahmenbedingungen und der Tarife

Bsp.: Gallium-Arsenid (GaAs) und ein II-IV-Halbleiter Cadmiumtellurid (CdTe).

		Hauptgruppen				
		II	III	IV	V	VI
Periode	2	9,0 4 Be	10,8 5 B	12,0 6 C	14,0 7 N	16,0 8 O
	3	24,3 12 Mg	27,0 13 Al	28,1 14 Si	31,0 15 P	32,1 16 S
	4	40,1 20 Ca	69,7 31 Ga	72,6 32 Ge	74,9 33 As	79,0 34 Se
	5	87,6 38 Sr	114,8 49 In	118,7 50 Sn	121,8 51 Sb	127,6 52 Te
	6	137,3 56 Ba	204,4 81 Tl	207,2 82 Pb	209,0 83 Bi	209 84 Po

Abbildung 11: Periodensystemausschnitt

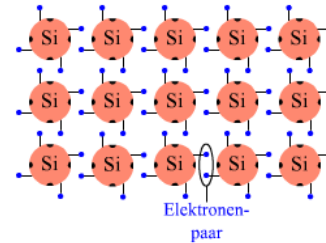


Abbildung 12: Kristallstruktur von Silizium

[Universität München]

Am häufigsten wird Silizium (IV. Gruppe im Periodensystem) in der Photovoltaik verwendet, das nach Sauerstoff das zweithäufigste Element in der Erdkruste ist. Silizium kommt meist in chemisch gebundener Form vor. Silizium verfügt über 4 Valenzelektronen in der Außenschale und benötigt nochmals 4 Elektronen. Das wird mittels Elektronenpaarbindung mit benachbarten Atomen erreicht (siehe Abb.11 und 12). Durch den Einfluss von Licht und Wärme können Elektronen in ein höheres Energieniveau angehoben werden. Somit ist das Elektron im Kristallgitter frei beweglich. Bei Defektelektronen, die keine Elektronenpaarbindung eingehen, entsteht eine sogenannte Eigenleitung des Halbleiters.

Löcher und Elektronen treten immer paarweise auf. Dadurch gibt es stets gleich viele Elektronen wie Löcher. Mit Hilfe der Elektronendichte n und der Löcherdichte p kann dieser Zusammenhang ausgedrückt werden. Das Produkt dieser Parameter wird als intrinsische (von innen her kommend) Trägerdichte n_i bezeichnet und ist von der absoluten Temperatur abhängig sowohl von dem Bandabstand E_g . Durch diesen Zusammenhang sind am absoluten Nullpunkt (-273,15 °Celsius) kein freies Elektron und auch kein Loch vorhanden. Beim Anlegen einer elektrischen Spannung wandern Elektronen zur Anode (negativ geladen) und das Loch wandert in die Richtung der Kathode (positiv geladen). Weiters können Elektronen, die sich in der Nähe eines Loches aufhalten, durch einen Platzwechsel in das Loch springen. Die Beweglichkeit der Elektronen und Löcher ist von der Temperatur abhängig und wird durch die elektrische Leitfähigkeit beschrieben. Die elektrische Leitfähigkeit sinkt bei tiefen Temperaturen und wird durch Lichtzufuhr erhöht.

Werden nun Atome der V. Gruppe (z.B.: Phosphor), die fünf Valenzelektronen besitzen, in das Siliziumgitter eingebaut, schwebt ein Elektron locker in der Struktur und kann mit sehr geringer Energiezufuhr vom Atom getrennt werden. Dieses freie Elektron steht nun zur Verfügung. Der Einbau von Elementen aus der V. Hauptgruppe mit Fremdatomen (Donatoren) wird als *n*-Dotierung bezeichnet. Die elektrische Leitung basiert auf dem Transport von Elektronen, die bei freien Elektronen deutlich höher ist. Dadurch wird der Halbleiter *n*-leitend.

Umgekehrt werden Atome aus der III. Gruppe (z.B.: Aluminium → 3 Elektronen) verwendet, wenn mehr Löcher als Elektronen vorhanden sind. So kommt es bei Wärmezufuhr zur Wanderung von Löchern in Richtung der Kathode. Dieses Prinzip wird *p*-Dotierung genannt und der Halbleiter wird *p*-leitend.

Werden nun ein *p*-dotierter und ein *n*-dotierter Halbleiter zusammengeführt, so entsteht ein *pn*-Übergang (Abb.13).

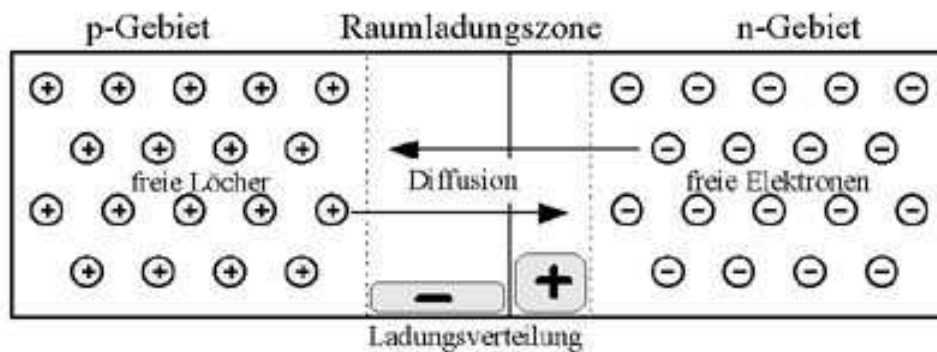


Abbildung 13: pn-Übergang durch Diffusion von Elektronen und Löchern

[Volker Quasching, 1999]

Zwei Tatsachen sind für das Verständnis des photovoltaischen Effektes wichtig:

- das Sonnenlicht besteht aus Photonen
- eine Interaktion von Photonen und Atomen kann auftreten, wenn ein Photon genug Energie besitzt sodass es die Bindung zwischen Elektron und Atom spaltet

Durch Photonen werden Elektronen vom Valenzband ins Leitungsband angehoben und vom Atom gelöst. Diese wandern, wie zuvor erklärt durch das elektrische Feld in das n -Gebiet. Weiters wandern die Löcher in die Richtung des p -Gebietes.

Somit baut sich eine Gleichspannung in der Zelle auf und diese muss über einen Wechselrichter in Wechselstrom mit einer Spannung von 230 Volt und 50 Herz umgewandelt werden, um in das Stromnetz eingespeist werden zu können (Abb.14).

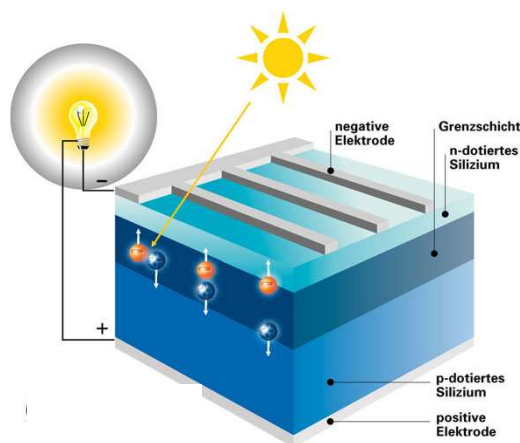


Abbildung 14: Prinzip der Photovoltaiktechnologie Abbildung 15: Aufbau einer kristallinen Solarzelle

[Sonntec GmbH Lebergasse, Oberhausen, VDE Verband der Elektrotechnik]

-
- | | |
|-------------------|-------------------|
| 1. Solarmodul | 2. Sicherungen |
| 3. DC Kabel | 4. DC Trenner |
| 5. Wechselrichter | 6. AC Einspeisung |
| 7. Sicherungsfeld | |
-

2.9.4 Herstellung und Aufbau von kristallinen Zellen

Aus hochreinen 2 m langen und 30 cm dicken Siliziumstäben können polykristalline Solarzellen hergestellt werden. Damit der Wirkungsgrad erhöht wird, kann aus dem polykristallinen Ausgangsmaterial mittels Tiegelziehverfahren nach Czochralski oder Zonenziehverfahren eine monokristalline Solarzelle hergestellt werden. Durch das Einimpfen eines Einkristalls und gleichzeitiger Wärmezufuhr des polykristallinen Siliziums entsteht ein monokristallines Ausgangsprodukt (Aufbau siehe Abb.15).

2.10 Biomasse

[Bios-Bioenergiesysteme, DI Josef Stubenvoll, 2009]

2.10.1 Definition der Biomasse

Biomasse ist die Gesamtheit der lebenden Materie. Darunter fällt organische Materie pflanzlichen und tierischen Ursprungs. Zum besseren Verständnis der CO₂-Neutralität von Biomasse muss der Kohlenstoffzyklus betrachtet werden.

2.10.1.1 Kurzfristiger Kohlenstoffzyklus

Pflanzen benötigen für den Metabolismus CO₂, der bei der Photosynthesereaktion veratmet wird. Bei diesem Prozess wird Kohlenstoff in der Pflanze gespeichert und der Sauerstoff ausgestoßen. Dies ist der Grund für die „umweltfreundliche“ Nutzung der Biomasse. Es wird bei der Verbrennung lediglich der aus der Atmosphäre stammende Kohlenstoff freigesetzt, deshalb ergibt sich daraus kein Anstieg. Die Kohlenstoffbilanz bleibt konstant. Eine Freisetzung des Kohlenstoffes kann nicht verhindert werden, da durch biogene Zersetzungsprozesse der Kohlenstoff ebenfalls frei würde.

2.10.1.2 Langfristiger Kohlenstoffzyklus

Im Gegensatz zum kurzfristigen Kohlenstoffkreislauf ist die Verbrennung fossiler Materie ein langfristiger Zyklus der eine Steigerung der Kohlenstoffmengen bewirkt. Der in der Erdkruste eingelagerte Kohlenstoff kann nach der Freisetzung in die Atmosphäre nicht wieder gebunden werden. Es herrscht ein Ungleichgewicht des CO₂-Flusses und dadurch steigt die Konzentration.

2.10.2 Kategorien von Biomasseprodukten

Biomasse wird in feste, flüssige und gasförmige Formen eingeteilt.

Die Skala von *Hoogwijk et al.* gibt einen Überblick über Ausgangsprodukte:

- „aus den nicht für die Ernährung von Menschen oder Tieren genutzten Überschüssen aus landwirtschaftlichem Anbau erzeugte Biomasse: energetisch nutzbare Pflanzen,
- durch Abholzen (Forstpflge) oder die Räumung von Anbauflächen
- landwirtschaftliche Rückstände aus dem Anbau von Getreide, Wein, Obst, Oliven, Gartenfrüchten und Gemüse, Rückstände aus der Nahrungsmittelindustrie,
- Forstrückstände aus der Forstwirtschaft und der Holzverarbeitung,
- landwirtschaftliche Rückstände aus der Viehzucht (Dung, Gülle, Streu, Mist u.ä.),
- organische Haushaltsabfälle (Kompostierbare Fraktion von Siedlungs- und ähnlichen Abfällen, Papier, Pappe, Grünabfälle u.ä),
- direkt zu Zwecken außerhalb des Lebensmittelbereichs eingesetzte Biomasse (Holz für die Papierherstellung),
- organische Bestandteile der nicht gefährlichen Abfälle (Papier, Pappe, Holz, verrottbare Abfälle u.ä.).“

2.10.3 Feste Biomasse

2.10.3.1 Geschichte

Feste Biomasse wurde seit Anbeginn der Menschheit als Wärmequelle und zur Nahrungsbereitung benutzt.

2.10.3.2 Prinzip

Bei der Vergasung werden biogene Festbrennstoffe bei hoher Temperatur möglichst in brennbare Gase umgewandelt. Das Zuführen von Luftsauerstoff als Vergasungsmittel führt zu einer Umwandlung des im Brennstoff enthaltenen festen Kohlenstoffes gasförmiges Kohlendioxid.

2.10.3.3 Technik

Durch Oxidation (Verbrennung) und thermische Aufspaltung der festen Biomasse entsteht ein Produktgas (Abb.16), das aus CO_2 , CO , H_2 , H_2O , CH_4 , und N_2 besteht. Anschließend findet eine Nachverstromung der Abwärme mittels Dampfturbine statt. Die Abwärme kann aber auch direkt als Fernwärme für Gebäude genutzt werden. Das Schema einer Biomassevergasungsanlage von Blockheizkraftwerken wird im Punkt 2.4.1 Kraft-Wärme-Kopplung erläutert.

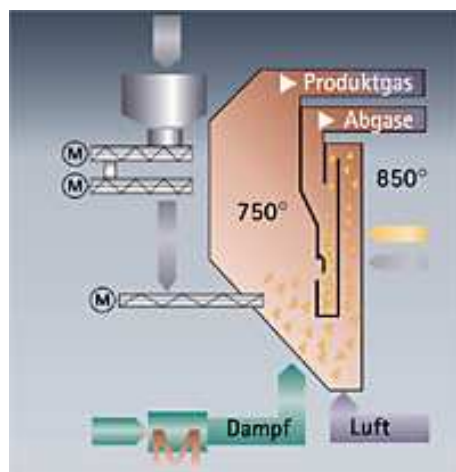


Abbildung 16: Schema einer Biomassevergasungsanlage

[Energytech]

Energieträger:

- Naturholz und Altholz

Einsatzgebiete:

- Holzindustrie
- Ländliche Anlagen zur energetischen Nutzung vorhandener Energieträger
- Nahwärmeinseln zur Versorgung von kommunalen und gewerblichen Einrichtungen

2.10.4 Gasförmige Biomasse = Biogas

[DI Dr. Werner Ahrer, Barbara Eder et al, 2009]

2.10.4.1 Geschichte

Die ersten Biogasexperimente wurden vom italienischen Wissenschaftler Volta vorgenommen. Um 1770 sammelte er Sumpfgas vom Schlamm oberitalienischer Seen und machte damit Verbrennungsversuche. Auch der englische Physiker Faraday experimentierte mit Sumpfgas. Erst im Jahr 1821 gelang es Avogadro die chemische Formel für Methan (CH_4) zu erforschen und schriftlich festzuhalten. In Mumbai (Indien) wurde im Jahr 1907 der erste Motor für die Stromerzeugung mittels Biogas entwickelt und gebaut.

2.10.4.2 Prinzip

[DI Dr. Werner Ahrer, Barbara Eder et al, 2009]

Beim bakteriellen Abbau (siehe Punkt 2.10.6) von organischem Substrat (siehe Tabelle 2) unter Abwesenheit von Luftsauerstoff in feuchtem Milieu entsteht Biogas. Aufgrund des hohen Methangehaltes wird Biogas als Energieträger genutzt.

2.10.5 Der Weg vom Bioabfall zum Biogas

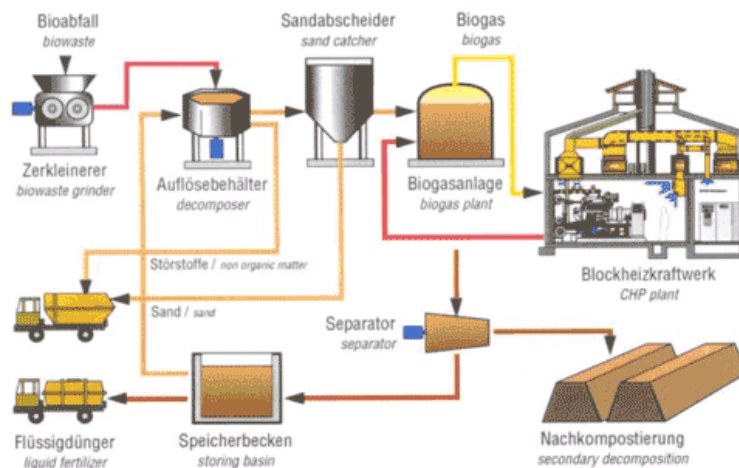


Abbildung 17: Vom Bioabfall zum Biogas

[Gesellschaft für Energiemanagement]

Bioabfall wird gesammelt und anschließend zum Werk transportiert (Abb.17). Es folgt eine Zerkleinerung des Substrates und anschließende Förderung in einem Auflösebehälter. Das vom Sand getrennte flüssige organische Material wird in die Biogasanlage gepumpt. Das erzeugte Biogas wird mittels Blockheizkraftwerk in Strom und Wärme umgewandelt. Das ausgegorene Material kann als Flüssigdünger verwendet werden, ein allfällig separierter Feststoff kann zu Kompost verarbeitet werden.

2.10.6 Die 4 Schritte der bakteriellen Biogasproduktion

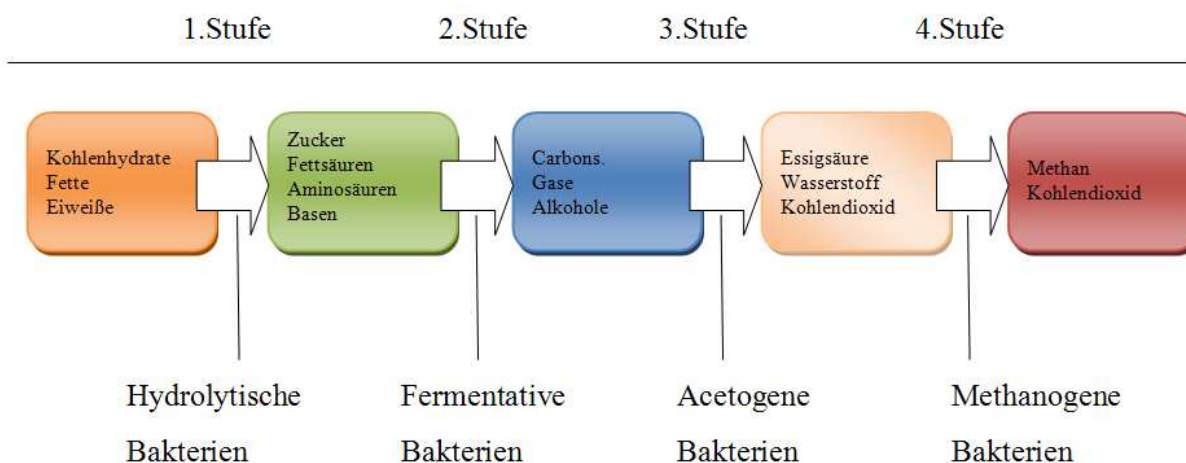


Abbildung 18: die 4 Stufen der bakteriellen Biogasproduktion

[Eigendarstellung]

1. Stufe: Hydrolyse

Hydrolytische Bakterien spalten mit Hilfe von Enzymen Makromoleküle wie Kohlenhydrate, Eiweiße und Fette in niedermolekulare Verbindungen auf. Diese Produkte sind Zucker, Fettsäure, Aminosäuren und Basen. Der Hydrolyseprozess läuft langsam ab, weil er von der Aktivität der extracellulären Enzyme wie Amylasen, Cellulasen und Lipasen abhängig ist. Der pH-Wert liegt dabei im leicht sauren Bereich zwischen 4,5 – 6.

2. Stufe: Acidogenese

Anschließend folgt der Abbau durch säurebildende Bakterien. Fakultativ anaerobe Bakterien verbrauchen den allfällig verbliebenen Luftsauerstoff und schaffen für die nachfolgenden Methanbakterien optimale Arbeitsbedingungen. Der pH-Wert steigt dabei in den leicht sauren bis neutralen Bereich von 6 – 7,5. Es werden kurzkettige Fettsäuren wie Carbonsäure, Ameisensäure, Buttersäure und niedermolekulare Alkohole wie Ethanol erzeugt. Es entstehen auch Gase wie Schwefelwasserstoff, Wasserstoff, Kohlendioxid und Ammoniak.

3. Stufe: Acetogenese

Anschließend findet die Bildung von Substraten wie Essigsäure, Wasserstoff und Kohlendioxid durch Essigsäurebakterien statt. Diese Stufe ist der geschwindigkeitsbestimmende Faktor der Methanbildung, weil 70% der Methanbildung aus der Essigsäure entsteht.

4. Stufe: Methanogenese

Durch methanogene Bakterien wird Biogas in Form von Methan (CH₄) und Kohlendioxid gebildet.

2.10.7 Ausgangsprodukte für die Biogaserzeugung

Tabelle 2: Ausgangsprodukte zur Biogaserzeugung

Wirtschaftsdünger	Energiepflanzen	Schlachthof- und kommunale Abfälle	Organische Reststoffe	
Rindermist	Triticale	Fettabscheiderinhalte	Roggenschlempe	Ernterückstände
Schweinemist	Roggen	Küchenabfälle	Zuckerrüben-pressschnitzel	Schnittgrün
Putenmist	Gerste	Klärschlamm	Trester	verdorbene Produkte
Hühnerkot	Grassilage	Bioabfälle	Kartoffelpülpe	
Rindergülle	Rübensilage	Grünschnitt	Melasse	
Schweinegülle	Maissilage		Weizenstroh	

[Eigendarstellung „DI Dr. Werner Ahrer, 2009]

Tabelle 2 zeigt die Vielfalt der möglichen Ausgangsstoffe für die Biogaserzeugung. Die Biogasausbeute reicht von 25 m³ t⁻¹ Frischmasse (Schweinegülle) bis 400 m³ t⁻¹ Frischmasse (Weizenstroh).

2.10.8 Technik

Die Stromerzeugung erfolgt mittels Kraftwärmekopplung. Dies kann mittels verschiedene Gasmotoren oder Mikrogesturbinen erfolgen.

2.10.8.1 Funktion einer Mikrogesturbine

Die Mikrogesturbine ist eine Einwellenmaschine. Verdichter, Turbine und Generator sind starr mit der Welle verbunden. Über einen Luftkanal wird Luft angesaugt und danach sofort verdichtet. Die kühle Luft wird über einen Rekuperator vorgewärmt und im Verbrennungsraum mit dem Gas vermischt. Dort wird das Luft-Gasgemisch verbrannt. Das heiße Abgas treibt das Turbinenrad an. Ein Permanentmagnet des Generators ist mit der Welle verbunden und dadurch erzeugen die Rotorspulen des Generators einen Hochfrequenzstrom. Die Abgaswärme wird über einen Wärmetauscher, der Rekuperator genannt wird, geleitet und rückgewonnen.

2.10.9 Flüssige Biomasse = Biokraftstoffe

[Michael Weitz]

2.10.9.1 Geschichte

Die Produktion von Biokraftstoffen stieg in den letzten Jahren rasant an, weil das Potential bis vor wenigen Jahren nicht erkannt wurde.

2.10.9.2 Prinzip

2.10.9.2.1 Pflanzenöl und Biodiesel als Kraftstoffe:

Biodiesel wird entweder zu konventionellem Diesel beigemischt oder in Reinform vermarktet. Die Stromerzeugung erfolgt über Blockheizkraftwerke.

2.10.9.2.2 Technisches Herstellungsverfahren von Pflanzenöl und Biodiesel:

Die gereinigte Ölsaat als Ausgangsprodukt wird zuerst getrocknet, zerkleinert und anschließend konditioniert. Es folgt eine kurzzeitige Erhitzung auf 100 °Celsius. Ein Großteil des vorhandenen Öles wird abgetrennt bevor der zurückgehaltene Ölschilfer (Presskuchen) durch Extraktion mit Hexan entölt wird. Durch Rektifikationsschritte wird das Hexan vom Öl abgetrennt. Weiters findet eine Nachbehandlung des Extraktionsschrotes und eine Raffination (Entschleimung, Entsäuerung, Bleichung, Dosierung) statt. Eine folgende Umestherung bewirkt, dass der dreiwertige Alkohol Glycerin durch den einwertigen Alkohol Methanol ersetzt wird. Somit entsteht Biodiesel.

2.11 Wirkungsgrade der einzelnen Energiequellen

[wissenschaft-technik-ethik., energy20, DI Dr. WernerAhner, 2009]

Der Wirkungsgrad der rohstoffunabhängigen Energiequellen ist sehr stark vom Standort abhängig. Der Wirkungsgrad der rohstoffabhängigen Energiequellen ist stark von der Anlagentechnik abhängig (Tab.3).

Tabelle 3: Wirkungsgrade von Energiequellen und Motortypen

Energiequelle	Windenergie	Wasserkraft	Geothermie	Photovoltaik
Wirkungsgrade (%)	Bis zu 60	60-70	10-12	12-15
Motortypen	Gas- Ottomotor	Zündstrahl- Dieselmotor	Gas-Dieselmotor	
elektr. Wirkungsgrad (%)	22-27	28-35	35-40	
Leistungsbereich (kW_{el})	5-30	30-150	>150	

Die Wirkungsgrade von Geothermie und Photovoltaik sind im Vergleich zur Wind- und Wasserkraft sehr begrenzt. Der große Unterschied liegt darin, dass das Knowhow der Wasser- und Windkraft seit Jahrhunderten weiter entwickelt wurde. Die Geothermie und Photovoltaik ist im Gegensatz eine relativ junge Technologie.

2.11.1 Volllaststunden

Die Volllaststunden geben den Ausnutzungsgrad einer Anlage an. Sie errechnet sich. aus der Jahresenergieproduktion (Strom oder Wärme), dividiert durch die maximale Anlagenleistung.

$$W_{\text{elektr.}} = P_{\text{max. elektr.}} \cdot T_{\text{Stunden}} \quad \rightarrow \quad T_{\text{Stunden}} = \frac{W_{\text{elektr.}}}{P_{\text{max. elektr.}}}$$

$W_{\text{elektr.}}$elektrische Jahresarbeit in kWh

$P_{\text{elektr.}}$elektrische Leistung in kW

T_{Stunden}Volllaststunden

Tabelle 4: Volllaststunden von Kraftwerkstypen

	Volllaststunden (h/a)
Windkraft Offshore¹	3500-4000
Windkraft²	1000-2500
Kleinwasserkraftwerke³	3000-5000
Speicherkraftwerke³	3000-5000
Laufwasserkraftwerke³	5000-6000
Biomasse³	3500-6500
Photovoltaik³	700-2000
Braunkohlekraftwerke⁴	6500-7000
Steinkohlekraftwerke⁴	4000-5300
Erdgasanlagen⁴	3200-8000

¹ [Klimanews 2008]

² [Neue Energie]

³ [Verband für Gesundheit und Landschaftsschutz Deutschland]

³ [Erneuerbare-Energien]

⁴ [Johannes Bernreuter]

Tabelle 4 zeigt, dass Wasserkraftwerke und Biomasseanlagen den höchsten Ausnutzungsgrad in Form von Volllaststunden aufweisen. Diese erreichen ähnliche Volllaststundenwerte wie fossile Kraftwerke. Aufgrund der begrenzten Sonnenstunden hat die Photovoltaik die geringsten Werte, während die Offshore Windkraft ähnliche Volllaststundenzahlen wie die Wasserkraft erreicht. Die Auslastung der Erdgasanlagen hängt davon ab, ob diese zur Grundlast oder Spitzenlast Stromerzeugung verwendet werden.

3 Klimaschutz

3.1 Von Kyoto nach Kopenhagen

[e-control]

Der erste Schritt zum Klimaschutz wurde bereits bei der Konferenz der Vereinten Nationen in Rio de Janeiro im Jahr 1992 gesetzt. Hauptschwerpunkte dieser Zusammenkunft waren Umwelt und Entwicklung und die Vereinbarung der Klimarahmenkonvention (UNFCCC). Diese Maßnahme war notwendig, damit die menschlich verursachten Eingriffe in das weltweite Klima verhindert werden können. Diese Konvention trat 1994 in Kraft und wurde in Kyoto verbessert und vorangetrieben.

[United Nations Framework Convention on Climate Change, Bundesministerium für Umwelt]

Bereits 1994 erkannte man, dass die eingeleiteten Maßnahmen nur eine geringe Wirkung zeigten. 1997 wurde in Kyoto auf das UNFCCC ein Übereinkommen aufgebaut, das rechtlich verbindliche Grenzen für Treibhausgasausstoß in Industriestaaten regelt.

Der Verpflichtungszeitraum wurde auf 5 Jahre (von 2008 – 2012) ausgedehnt, damit jährliche Emissionsschwankungen z.B. durch Wetter berücksichtigt werden konnten. Im Durchschnitt müssen bis 2012 alle sechs Treibhausgase (CO₂, Stickoxyd, teilhalogenierte Fluorkohlenwasserstoffe, perfluorierte Kohlenwasserstoffe und Schwefelhexafluorid) um 5,2 % unter dem Wert von 1990 gesenkt werden.

Für die Zeit nach 2012 sollte auf der Klimakonferenz in Kopenhagen ein neues internationales Klimaschutzabkommen vereinbart werden. Ziel dieser Konferenz war es, den Ausstoß von Treibhausgasen so weit zu reduzieren, dass die globale Erderwärmung auf unter 2 °C begrenzt bleibt. Dazu müssten die globalen Emissionen ihren Höhepunkt bis spätestens 2020 erreicht haben. Bis 2050 müsste der Treibhausgasausstoß um mindestens die Hälfte reduziert werden.

3.2 Das Ergebnis von Kopenhagen

Die europäische Union versucht ihre Emissionen vom Basisjahr 1990 bis 2020 um 20 % bis 30 % zu reduzieren. Japan strebt 25 % an. Die USA schlagen unverbindlich vor, ihre Emissionen basierend auf den Werten 2005 bis 2020 um 14 % bis 17 % zu reduzieren. Das Ziel von China ist, den Ausstoß von Treibhausgasen im Vergleich zum Wirtschaftswachstum um 40 % bis 45 % bis 2020 zu senken. Abbildung 18 zeigt die Verteilung der CO₂ Emission der größten Emittenten.

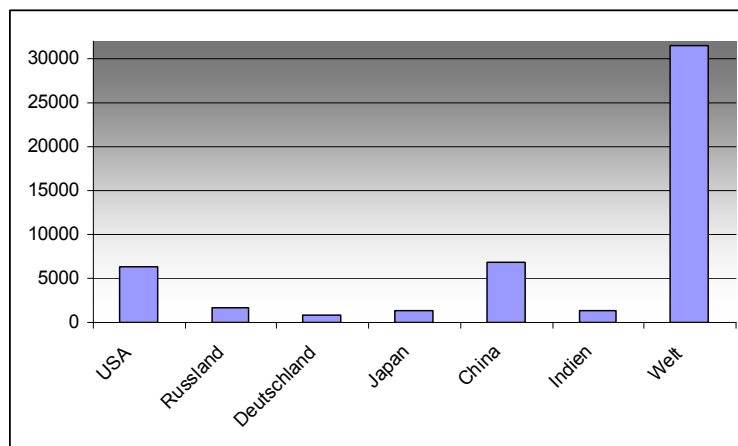


Abbildung 19: CO₂ Ausstoß in Mio. Tonnen / Jahr (2007)

[tagesschau]

3.3 Marktwirtschaftliche Mechanismen des Kyotoabkommens

Die Vereinbarung sieht drei flexible, marktwirtschaftliche Mechanismen vor:

- Emissionshandel
- Joint Implementation
- Clean Development Mechanism (CDM)

3.3.1 Der Emissionshandel:

Für energieintensive europäische Unternehmen (Stahlwerke, Ö raffinerien, Kraftwerke, Papierfabriken, Zement- und Glasanlagen) wurden Grenzen für den CO₂ Ausstoß festgelegt. Überschreiten die Unternehmen ihre Emissionsvorgaben, müssen sie Zertifikate von Unternehmen zukaufen, die ihre Vorgaben unterschreiten. Emissionssenkungen sollen dadurch dort vorgenommen werden, wo die Maßnahmen am billigsten sind.

3.3.2 Burden Sharing

[CO₂-Handel]

Folge dieser Methode war, dass das Einsparziel von 8 % bis 2012 nicht auf die einzelnen Länder linear umgelegt, sondern für alle teilnehmenden Länder individuell festgelegt wurde. Dabei wurden Faktoren wie Emissionsniveau, wie in Wirtschaftsleistung, etc. berücksichtigt. Das Einsparziel für Österreich ist auf -13 % festgelegt worden. Ökonomisch schwächere Länder wie Spanien, Irland oder Griechenland wurde sogar ein Anstieg der Emissionen gewährt.

In Abbildung 19 werden die Entwicklungen der Emissionen vom Basisjahr 1990 und 2006 dargestellt. Der Einsparwert 2006 innerhalb der EU 15 liegt bei 2,7 %.

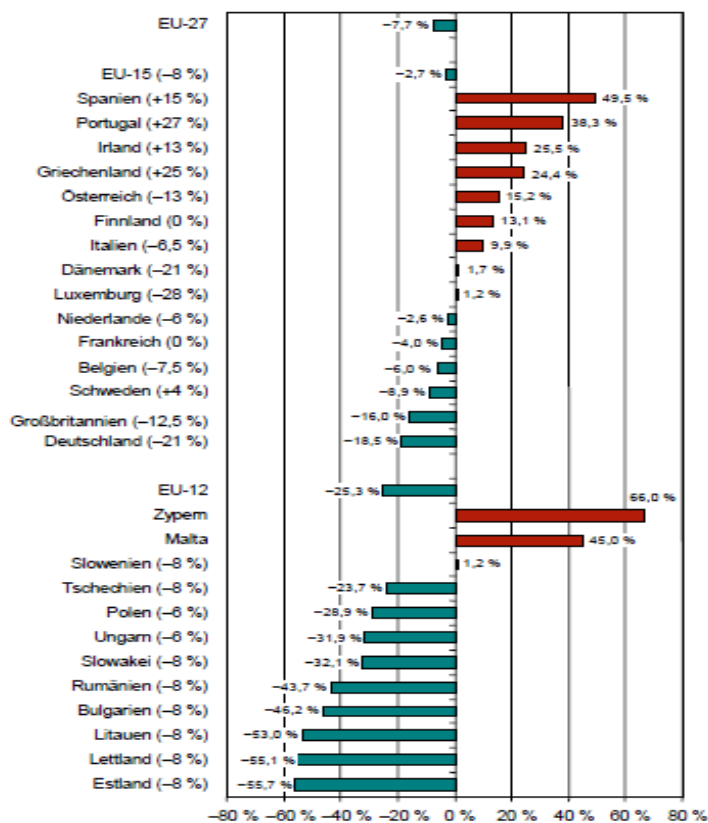


Abbildung 20: Prozentuelle Veränderung der Treibhausgas-Emissionen der EU-27 Staaten vom jeweiligen Basisjahr 1990 bis 2006 im Vergleich zu den Kyoto-Zielen
 [Umweltbundesamt]

Der Vergleich zeigt, dass die Treibhausgasemissionen im Jahr 2006 nur in Griechenland, Frankreich, Schweden und Großbritannien gesunken waren. Zu beachten ist, dass die Vorgaben an Griechenland (+25 %), Schweden (+4 %) und Frankreich (0 %) nicht sehr ambitioniert waren. Österreich verfehlte mit einem Zuwachs von 15,2 % sein Kyotoziel komplett.

3.4 Das europäische Klimaprogramm

Das erklärte Ziel der europäischen Union ist es, die Treibhausgasemissionen bis 2012 auf 8 % unter denen von 1990 zu reduzieren. Dieses Ziel ist auch im Kyotoprotokoll dokumentiert worden. Weiters wurde eine EU-Richtlinie verfasst, die den Anteil der erneuerbaren Energien am gesamten EU-Energieverbrauch bis 2010 auf 12 % verdoppeln sollte und die Stromproduktion aus erneuerbaren Energien von 14 % im Jahr 1997 auf rund 22 % im Jahr 2010 erhöht.

Im Juni 2000 wurde ein Programm (ECCP, European- Climate- Change- Programme) erstellt. Dieses Programm gilt als Aktionsplan für die wichtigsten Entwicklungen der EU- Strategien für die Erreichung der Kyotoziele.

Es wurden u.a. folgende Maßnahmen festgelegt:

- sparsamer Kraftstoffverbrauch von Kraftfahrzeugen
- Energieoptimierung von Gebäuden (z.B.: Isolierung von Gebäuden)
- die verstärkte Nutzung von erneuerbaren Energiequellen zur Energieerzeugung

3.4.1 EU-Richtlinien



Abbildung 21: EU-Richtlinien

[Energie Control, Schönbauer]

3.5 Ziele für Österreich bis 2010

Das österreichische Gesamtziel von 78,1 % Strom aus erneuerbaren Energieträgern wurde im September 2001 in der EU-Richtlinie verordnet. Subzielwerte vor 2008 sind nicht explizit im Ökostromgesetz vorgegeben, sondern nationale Zielvorgaben damit die 78,1 % bis 2010 erreicht werden.

- 78,1 % Ökostromanteil am Stromverbrauch
- ein effizienter Einsatz der Fördermittel
- Ausbau von weiteren 9 % Kleinwasserkraft bis 10 MW: Ausbau
- Ausbau von weiteren 4 % Ökostromanlagen
- Bundesweiter Lastenausgleich für alle drei Bereiche Kleinwasserkraft, Ökoanlagen und Kraft-Wärme-Kopplung
- Einsparung von Primärenergieträgern durch Kraft-Wärme-Kopplung im Vergleich zu getrennter Erzeugung von Strom und Wärme
- Gewährleistung von Investitionssicherheit für bestehende und zukünftige Anlagen

Ziel 2010:

78,1 % Strom aus erneuerbaren
Energieträger lt. EU-Richtlinie

Subziel 2008:

62 % Großwasser- kraftwerke > 10 MW	9 % Kleinwasser- Kraftwerke < 10 MW	4 % „Sonstige“ Ökoanlagen 2-3 % Windkraft 1-2 % Biomasse 0,03 % Photovoltaik Sonstige	2-3 % andere Energieerzeugung
--	--	---	----------------------------------

Abbildung 22: Ziele für Österreich bis 2010

[Energie Control, Schönbauer]

3.6 Geschichte des Ökostroms in Österreich:

Im Jahr 1998 wurde ein Gesetz zur Regelung der österreichischen Elektrizitätswirtschaft erlassen. Anschließend änderte die Regierung das Kartellgesetz von 1988 und das Preisgesetz von 1992. Ab diesem Zeitpunkt wurde das Gesetz mehrmals optimiert. Am 1. Dezember 2001 fanden drei grundsätzliche Änderungen statt. Diese Änderungen beinhalten:

- Elektrizitätswirtschaft- und Organisationsgesetz
- Bundesgesetz: Aufgaben der Regulierungsbehörde im Elektrizitätsbereich
- Bundesgesetz: Aufgaben und Befugnisse der Verrechnungsstellen

Das Resultat dieser Änderungen war die vollständige Öffnung des Strommarktes in Österreich.

3.6.1 Ökostromnovelle 2003

Durch dieses Gesetz wird die Richtlinie (2001/77/EG) des europäischen Parlaments betreffend Förderung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energieträgern im Elektrizitätsmarkt umgesetzt.

Die wichtigsten Ziele der Novelle 2003:

[Quelle: Ökostromgesetz 2003, BGBl I Nr. 149/2002]

- EU-Richtlinie von 78,1 % Strom aus erneuerbaren Energieträgern zu erreichen
- Effiziente Förderung von erneuerbaren Energieträger
- Technologiepolitische Schwerpunktssetzung für neue Technologien
- Betriebssicherstellung von bestehenden Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen
- Investitionssicherheit
- Lastenausgleich bei der Förderung

3.6.2 Ökostromnovelle 2006

Die am 23. Mai 2006 vom Parlament beschlossene Novelle beinhaltet eine Limitierung des Ökostromfördervolumens.

Die wichtigsten Ziele der Novelle 2006:

[2.Ökostromnovelle 2006, BGBl. I Nr. 105/2006]

- Ökostromzielerhöhung von 4 % auf 10 %
- Jährliches Fördervolumen von 17 Mio. € für neue Ökostromanlagen
- Neuverteilung der Mittel: 30 % Biomasse, 30 % Wind, 30 % Biogas, 10 %
- EU-konformer Mechanismus
- Verkürzung der Förderlaufzeit
- Die Abnahmepflicht zum Marktpreis nach dem Ablauf des Förderrahmens
- Konzentration der Fördermittel auf die effizientesten Anlagen – Effizienzkriterien

3.6.3 Ökostromnovelle 2008

2008 wurde im Bundesgesetzblatt 114/2008 die 2. Ökostromgesetz-Novelle 2008 veröffentlicht.

Die wichtigsten Ziele der Novelle 2008:

[Ökostromnovelle 2008, BGBl. I Nr. 114/2008]

- 15 % Ausbau von Ökostromanlagen bis 2015 gemessen an der Abgabemenge
- Neufestlegung der Einspeisetarife
- Brennstoffkosten dürfen bei der Tariffestlegung zum Teil in Rechnung gestellt werden
- Einspeisetarifdauer für neue Anlagen beträgt 15 Jahre
- Neue Kleinwasserkraftwerke werden mittels Investitionszuschuss gefördert
- Bestehende Biogasanlagen erhalten auch nach dem Jahr 2008 Rohstoffpreiszuschläge
- Ausbauziele: Wasserkraft 700 MW, Windkraft 700 MW, Biomasse 100 MW
- Jährliches Unterstützungsvolumen von 21 Mio. € für neue Ökostromanlagen
- neues Kraftwärmekopplungsgesetz (KWKG- Gesetz) wurde eingeführt
- Förderung bei der Errichtung von Kleinwasserkraftwerkes ist bis 4 Jahre nach Errichtung erhältlich
- neue Biogastechnologieförderung
- Kostenbegrenzung Ökostromförderung
- Einführung eines Wärme- und Kälteleitungs- Ausbaugesetzes

3.6.4 Resultat der Novellierung

Am Ausbau der Windkraft können die Novellierungen von 2003 bis 2008 am Besten dargestellt werden. Ziel des Ökostromgesetzes 2003 war primär das Einhalten der vorgegebenen EU-Richtlinien mittels unbegrenzt Fördermitteln. Der rasche Ausbau von Windkraftanlagen wurde somit ermöglicht. Im Frühjahr 2004 kam es zu einem herben Rückschlag durch einen Förderungsstopp. Der Trend für den Ausbau war geringfügig rückläufig. Das größte Hindernis des ÖSG 2006 war, dass keine Planungssicherheit gegeben war und weil das Kontingent für die Fördermittel ausgeschöpft wurde. Das ÖSG 2008 minimierte das Risiko der Fördersicherheit. Durch die Zusammenlegung der Kontingente Wind, Biomasse und Biogas wurde die Unsicherheit erhöht und der Ausbau von erneuerbaren Energieträgern gesenkt.

3.6.4.1 Fazit

Positiv an der Novellierung 2006 ist, dass viele Unsinnigkeiten korrigiert wurden. Die Planungsunsicherheiten sind in der Novelle nach wie vor enthalten.

4 Zahlen und Fakten

4.1 Die Entwicklung des Erneuerbaren Energieanteils an der Stromerzeugung der europäischen Union

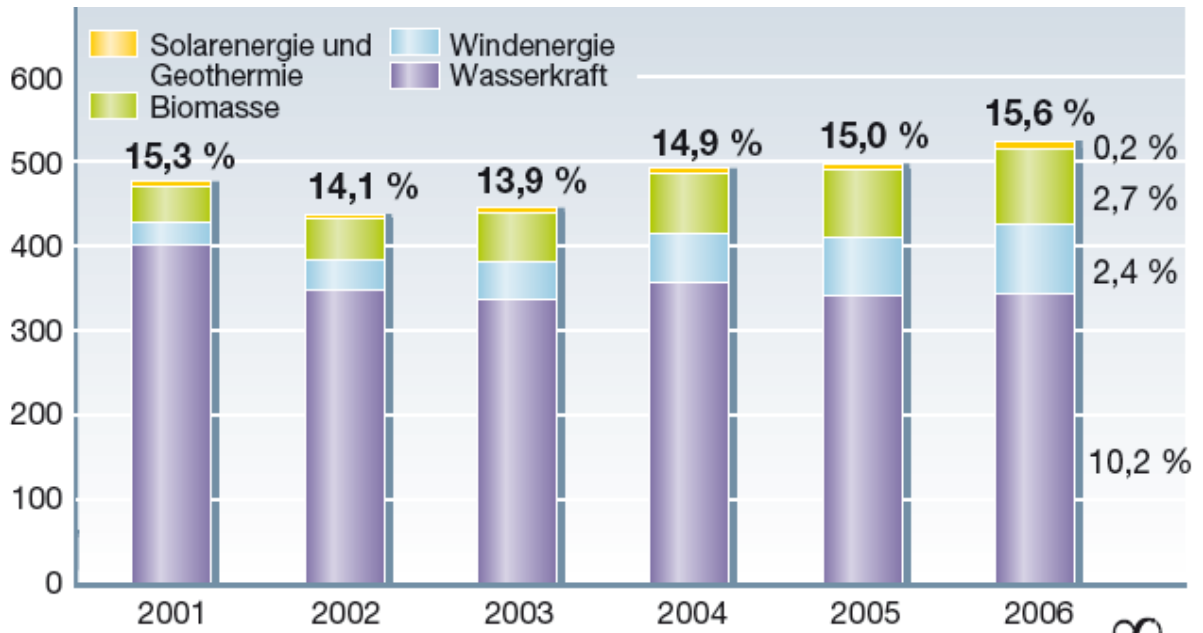


Abbildung 23: Anteil der erneuerbaren Energiequellen an der Stromerzeugung in der EU 27

[Eurosat, Standard 9/2008]

In Abbildung 23 kann man die Ökostromentwicklung innerhalb der EU erkennen. Die Biomassennutzung hat sich von 2001 bis 2006 verdoppelt. Der Ausbau von Windkraftanlagen hat sich im gleichen Zeitraum vervierfacht. Ziel der EU ist ein Anteil von 21 % aus erneuerbaren Energien bis 2010. 2006 betrug der Anteil 15,6 % und ist weit entfernt vom Ziel der EU. Der Rückgang der Wasserkraft in den Jahren nach 2001 kann nur durch klimatische Veränderungen erklärt werden. Die Stromerzeugung aus Wasserkraft beträgt ca. 350 TWh. Insgesamt wurden in den UCTE Ländern 2.643,042 TWh Strom produziert. Davon stammten 477,86 TWh Strom aus erneuerbaren Energiequellen. Das bedeutet, dass die europäische Union einen Anteil von 18,08 % Strom aus erneuerbarer Energiequellen produziert und das Ziel bis 2010 von 21 % wird sehr schwer zu erreichen sein.

4.2 Zielvorgaben der EU

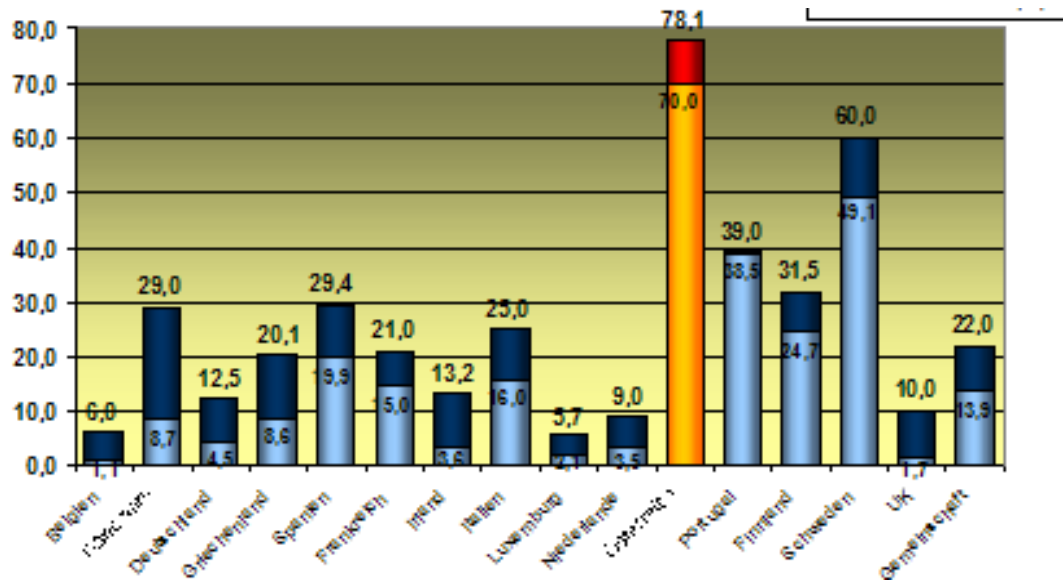


Abbildung 24: Anteil der Stromproduktion aus erneuerbarer Energieträger der europäischen Länder

[Energie Control, Schönbauer]

Abbildung 24 zeigt den Ökostromanteil verschiedener EU-Länder 1997. Zusätzlich sind die verbindlich verordneten Ökostromziele für 2010 ersichtlich. Die drei Länder mit den höchsten Ökostromanteilen 1997 sind Österreich, Schweden und Portugal. Während Portugal einen minimalen Zuwachs von 0,5 % erfüllen muss, haben Österreich und Schweden 8,1 % bzw. 10,9 % als Zielvorgabe. Die drei Länder mit den niedrigsten Ökostromanteilen 1997 sind Belgien, Luxemburg und der Niederlande. Während Luxemburg einen minimalen Zuwachs von 1,6 % erfüllen muss, haben Belgien und die Niederlande 4,9 % bzw. 5,5 % als Zielvorgabe. Die unterschiedlichen Zielvorgaben können nur durch (un)geschicktes Verhandeln der einzelnen Staaten mit der EU erklärt werden.

Tabelle 5: Vergleich des Ökostromanteiles zwischen 1997 (Bestand)-2010 (Zielvorgabe)

	EE-Strom 1997 (TWh)	EE-Strom 1997 (%)	EE-Strom 2010 (%)
Belgien	0,86	1,1	6,0
Dänemark	3,21	8,7	29,0
Deutschland	24,91	4,5	12,5
Griechenland	3,94	8,6	20,1
Spanien	37,15	19,9	29,4
Frankreich	66,00	15,0	21,0
Irland	0,84	2,6	13,2
Italien	46,46	16,0	25,0
Luxemburg	0,14	2,1	5,7
Niederlande	3,45	3,5	9,0
Österreich	39,05	70,0	78,1
Portugal	14,30	38,5	39,0
Finnland	19,03	24,7	31,5
Schweden	72,03	49,1	60,0
Vereinigtes Königreich	7,04	1,7	10,0
Gesamt	338,41	13,9	22,0

[e control]

Die drei Länder mit den höchsten Ökostrommengen sind Schweden, Frankreich und Italien. Dies bedeutet, dass die Länder mit Ausnahme von Schweden den höchsten Ökostromanteil und nicht die höchsten Ökostrommengen erzeugen. Ausschlaggebend für den Unterschied ist einerseits der Flächenunterschied der Länder, andererseits die Möglichkeit zum Ausbau der Wasserkraft.

4.3 Ökostromanteile einiger EU-Länder im Vergleich

4.3.1 Österreich

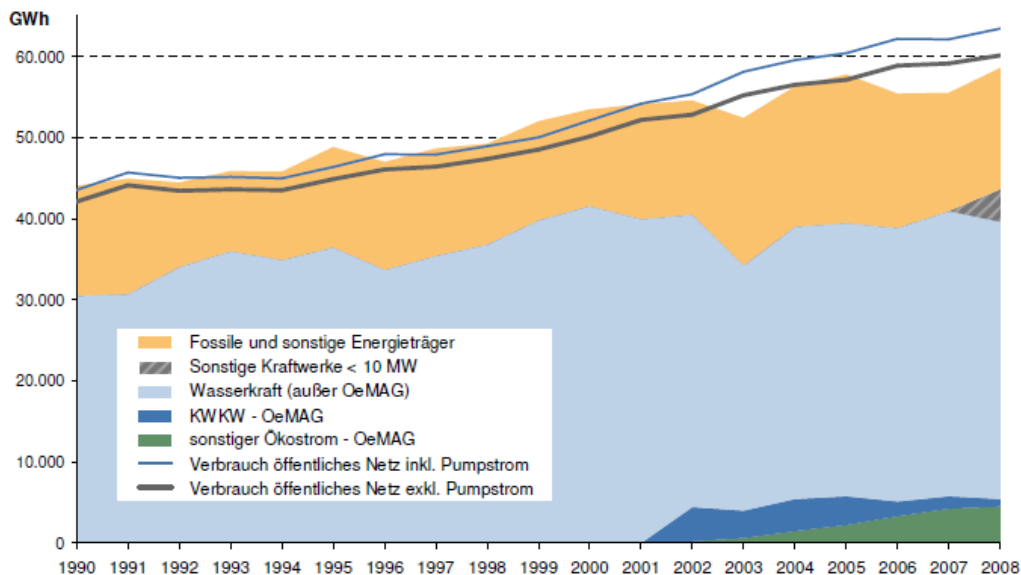


Abbildung 25: Stromerzeugung und Stromverbrauch in Österreich von 1990 - 2008

[e-controll]

Die österreichische Stromerzeugung wird eindeutig von der Wasserkraft dominiert. Bis 2001 wurde die restliche Stromerzeugung ausschließlich durch fossile Energieträger erzeugt. Erst seit 2001 wird Wind, Biomasse und Photovoltaik im erkennbaren Ausmaß eingesetzt. Ab diesem Zeitpunkt stieg der aus Biomasse erzeugte Strom bis 2007 linear an, um dann mangels geeigneter wirtschaftlicher Rahmenbedingungen auf niedrigem Niveau zu stagnieren. Der mit 2001 erstmals ausgewiesene Kleinwasserkraftanteil ist so wie der < 10 MW Wasserkraftanteil nur aus bilanztechnischen Gründen aus der Gesamtwasserkraft herausgerechnet worden. Diese Strommengen sind zum Großteil bereits vorhanden gewesen und nicht extra erzeugt worden.

2008 betrug die Ökostrommenge 36,861 TWh (+8,358 TWh Herkunft unbekannt). Insgesamt wurden 66,772 TWh Strom produziert. Österreich produzierte somit 2008 45,219 TWh die einen Anteil von 67,7 % bilden. Es müssen enorme Anstrengungen unternommen werden, damit das Ziel von 78,1 % bis 2010 erreicht wird.

Der Zuwachs im Stromverbrauch beträgt über die Jahre ca. 3 %. Die Erzeugung wurde nicht im gleichen Ausmaß gesteigert, daher nahm der Selbstversorgungsgrad und der Ökostromanteil in Österreich kontinuierlich ab.

Erneuerbarer- Energie- Anteil an der Stromerzeugung innerhalb der EU
Vergleich der Rahmenbedingungen und der Tarife

Unterstützte Ökostrommengen [in GWh]							
Energieträger	2003	2004	2005	2006	2007	2008	Prognose 2009
Windkraft	366	924	1.328	1.738	2.019	1.988	2.133
Biomasse fest	99	313	553	1.086	1.631	1.900	1.950
Biogas	42	102	220	358	440	503	506
Biomasse flüssig	2	18	33	54	71	36	57
Photovoltaik	11	12	13	13	15	17	20
Anderer unterstützter Ökostrom	78	76	65	55	54	52	56
Summe "Sonstiger" Ökostrom	598	1.445	2.212	3.304	4.230	4.496	4.722
Kleinwasserkraft (OeMAG)	3.386	3.985	3.561	1.806	1.527	945	500
Summe unterstützter Ökostrom	3.984	5.440	5.773	5.110	5.757	5.440	5.222

¹ Ein beträchtlicher Teil der Kleinwasserkraft (und Deponie- und Klärgas) steigt aus dem Fördersystem aus, weil auf dem freien Markt höhere Erlöse erzielbar sind.

[Quellen: OeMAG, E-Control]

2009: VP-Gutachten außer: Biomasse: 1895 GWh, KWK/W: 1.293 GWh)

Prognose der Ökostrommengen 2009

Abbildung 26: Unterstützte Ökostrommengen in Österreich

[e-control]

Abbildung 26 zeigt die unterstützten Ökostrommengen in Österreich. Diese stiegen in den ersten drei Jahren durch den Windkraftanteil an und sanken in den darauffolgenden Jahren durch die Reduzierung der Kleinwasserkraftstrommengen. Die Stromerzeugung mittels Kleinwasserkraftanlagen hatte anfangs den höchsten Unterstützungsanteil. Dieser nahm anhand der Fördermittelbegrenzung stetig ab. Die Windkraft hingegen stieg in den ersten 3 Jahren jeweils um das Doppelte an und stagnierte danach bei ca. 2 TWh. Ein vergleichbarer Trend ist in der Stromerzeugung mittels Biogas zu erkennen. Der aus Biomasse erzeugte Strom stieg im Zeitraum 2003-2008 exorbitant an und ist somit die 2. stärkste Energiequelle 2009.

4.3.2 Deutschland

1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	
Endenergie [GWh]									
20.686	24.867	23.241	23.662	17.722	19.910	19.576	20.042	21.249	Wasserkraft ¹⁾
5.528	7.550	10.509	15.786	18.713	25.509	27.229	30.710	39.713	Windenergie
42	64	76	162	313	556	1.282	2.220	3.075	Photovoltaik
246	925	1.112	1.485	2.927	4.740	6.997	8.529	9.535	biogene Festbrennstoffe ²⁾
3,5	5,7	7,9	10	158	257	329	940	1.485	biogene flüssige Brennstoffe
145	445	745	1.046	1.487	1.111	1.696	3.344	6.425	Biogas ³⁾
727	705	735	777	818	864	888	936	976	Klärgas
727	812	748	771	696	988	1.068	1.092	1.008	Deponiegas
1.740	1.844	1.859	1.949	2.161	2.117	3.047	3.675	4.130	biogener Anteil des Abfalls ⁴⁾
0	0	0	0	0	0,2	0,2	0,4	0,4	Geothermie
29.843	37.217	39.033	45.647	44.993	56.052	62.112	71.487	87.597	Gesamt
[%]									
5,4	6,4	6,7	7,8	7,5	9,2	10,1	11,6	14,2	Anteil EE am gesamten Stromverbrauch

Abbildung 27: Ökostrommengen in Deutschland von 1999-2007

Die deutsche Stromerzeugung wird eindeutig von der Wasserkraft dominiert, welche seit einigen Jahren auf gleichbleibendem Niveau stagniert. Abbildung 27 zeigt eine Verdreifachung in der gesamten Stromerzeugung vergangener Jahren, welche größtenteils aus der Windenergie stammt. Auch bei der Stromerzeugung mittels Photovoltaik, Biomasse und Biogas ist ein enormer Anstieg ersichtlich. Den höchsten Anstieg gibt es bei der Stromerzeugung mittels biogenen flüssigen Brennstoffen und den geringsten Anstieg bei der Geothermie.

2008 betrug die Ökostrommenge 89,843 TWh. Insgesamt wurden 587,283 TWh Strom produziert. Deutschland liegt 2008 mit einem Anteil von 15,3 % über den EU Richtlinien 2010 von 12 %.

4.3.3 Italien

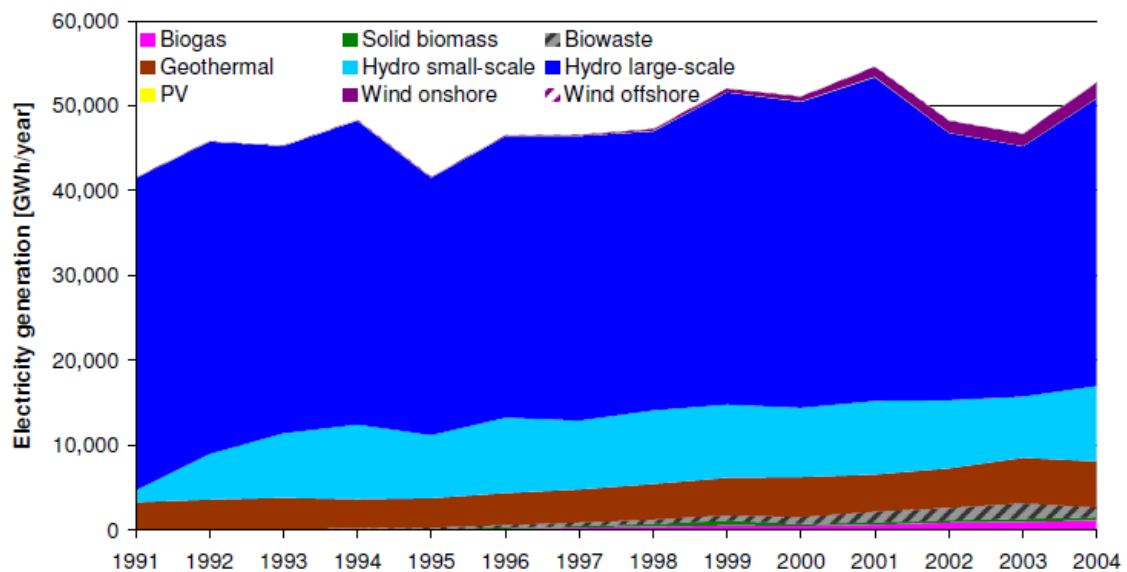


Abbildung 28: Ökostromerzeugung in Italien von 1991-2004

[European Commission]

Die italienische Stromerzeugung wird eindeutig von der Wasserkraft dominiert, welche auf Groß- und Kleinwasserkraft aufgeteilt ist. Dieser stagniert seit Jahren auf einem gleichbleibenden Niveau. Ein Anstieg bis 2003 ist nur deshalb erkennbar, da im Zeitraum von 1994 – 2003 der aus biogenem Abfall erzeugte Strom linear anstieg und in den darauffolgenden Jahren sank. Ein weiterer erkennbarer Ökostromzuwachs ist in den Bereichen Geothermie, Biogas und bei Onshore Windkraft ersichtlich. Die Stromerzeugung mittels Photovoltaik findet in einem sonnenintensiven Land wie Italien großtechnisch nicht statt.

2008 betrug die Ökostrommenge 56,943 TWh. Insgesamt wurden 307,209 TWh Strom produziert. Das bedeutet, dass Italien einen Anteil von 18,53 % Strom aus erneuerbarer Energiequellen produziert und das Ziel bis 2010 von 25 % wird sehr schwer zu erreichen sein.

4.3.4 Großbritannien

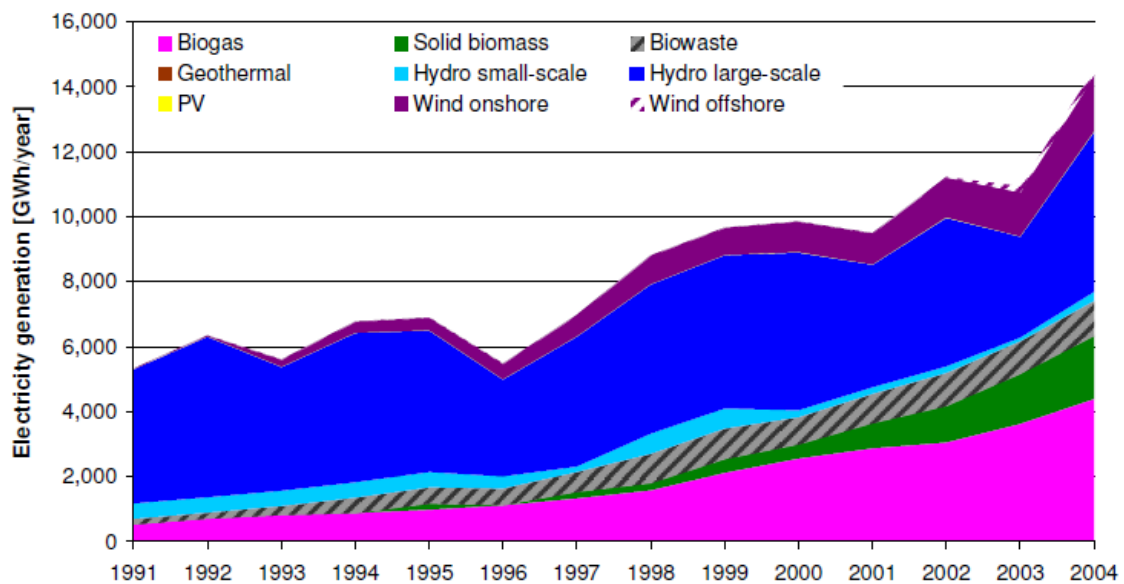


Abbildung 29: Ökostromerzeugung in Großbritannien von 1991 - 2007

[European Commission]

Der Ökostrom wird in Großbritannien 2004 größtenteils mit Hilfe von Wasserkraft und Biogas erzeugt, wobei 1991 noch ausschließlich die Wasserkraft dominierte. Seit 1992 bzw. 1996 wird Biogas, Windkraft und Abfall aus biogenem Material bzw. Biomasse im erkennbaren Ausmaß eingesetzt. Ab diesem Zeitpunkt stieg dieser linear an. Der aus Biogas erzeugte Strom hat den höchsten Zuwachs im Zeitraum 1991-2004. Der aus Offshore Windkraft erzeugte Strom wird erst seit 2002 im größeren Ausmaß eingesetzt.

4.3.5 Spanien

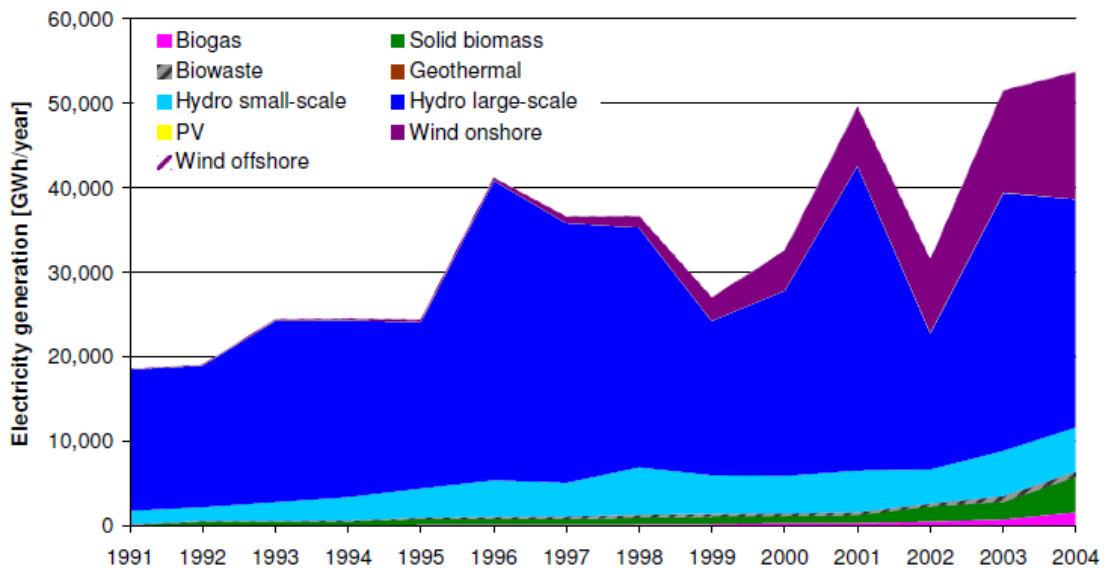


Abbildung 30: Ökostromerzeugung in Spanien von 1991-2004

[European Commission]

Die spanische Stromerzeugung wird eindeutig von der Wasserkraft und Onshore Windkraft geprägt, wobei bis 2003 noch ausschließlich die Wasserkraft dominierte. Erst seit 1994 bzw. 2001 wird Biomasse und Biogas im erkennbaren Ausmaß eingesetzt. Ab diesem Zeitpunkt stieg der aus Biomasse erzeugte Strom bis 2001 geringfügig und in den darauffolgenden Jahren stärker an. Ab 2001 nahm die Stromerzeugung mittels Windkraft linear zu.

2008 betrug die Ökostrommenge 66,011 TWh. Insgesamt wurden 285,681 TWh Strom produziert. Das bedeutet, dass Spanien einen Anteil von 23,1 % Strom aus erneuerbarer Energiequellen produziert und das Ziel bis 2010 von 29,4 % wird sehr schwer zu erreichen sein.

4.3.6 Frankreich

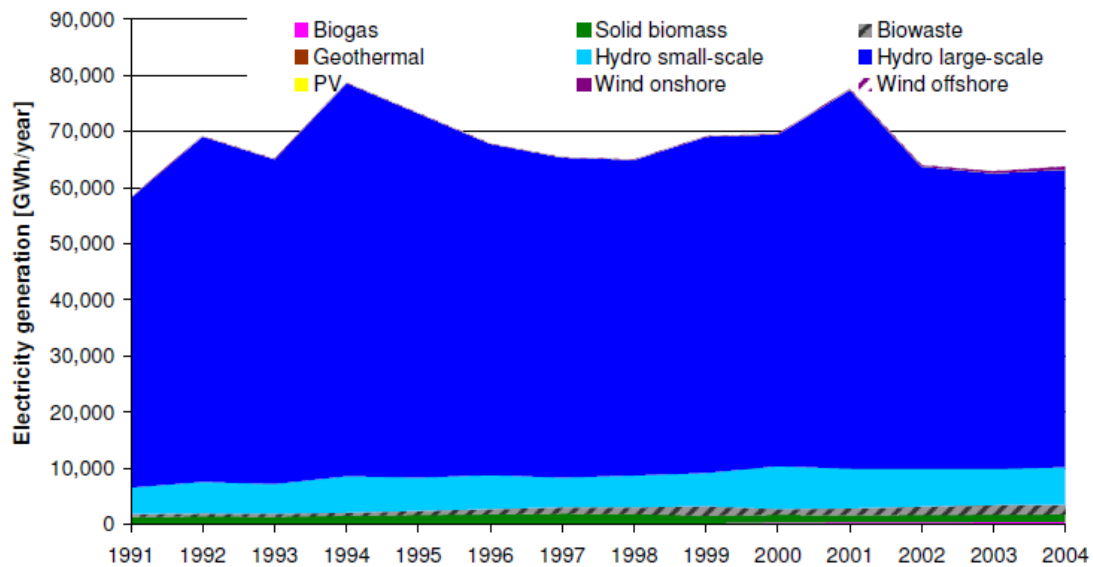


Abbildung 31: Ökostromerzeugung in Frankreich von 1991 – 2004

[European Commission]

Die französische Stromerzeugung wird eindeutig von der Wasserkraft dominiert. Dieser stagniert seit Jahren auf einem gleichbleibenden Niveau. Eine Stromerzeugung mit weiteren erneuerbaren Energiequellen ist kaum vorhanden, da Frankreich seit Jahren in den Ausbau von Atomstrom und nicht in die Ökostromerzeugung investiert.

2008 betrug die Ökostrommenge 77,555 TWh. Insgesamt wurden 549,115 TWh Strom produziert. Das bedeutet, dass Frankreich einen Anteil von 14,12 % Strom aus erneuerbarer Energiequellen produziert und das Ziel bis 2010 von 21 % wird sehr schwer zu erreichen sein.

4.3.7 Polen

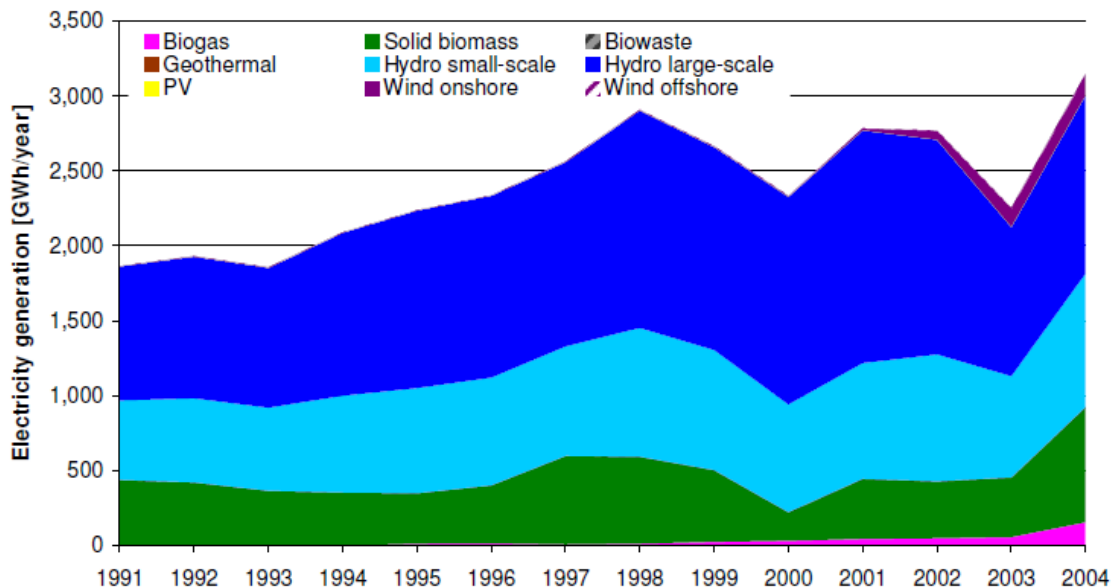


Abbildung 32: Ökostromerzeugung in Polen von 1991 – 2004

[European Commission]

Die polnische Stromerzeugung beruht auf der Nutzung von Groß- bzw. Kleinwasserkraft und Biomasse. Die aus Biomasse erzeugte Strommenge betrug schon 1991 ca. einviertel der gesamten Ökostrommenge in Polen. Erst seit 2000 wird Wind und Biogas im erkennbaren Ausmaß eingesetzt.

2008 betrug die Ökostrommenge 3,616 TWh. Insgesamt wurden 144,428 TWh Strom produziert. Das bedeutet, dass Polen einen Anteil von 2,5 % Strom aus erneuerbarer Energiequellen produziert.

4.3.8 Niederlande

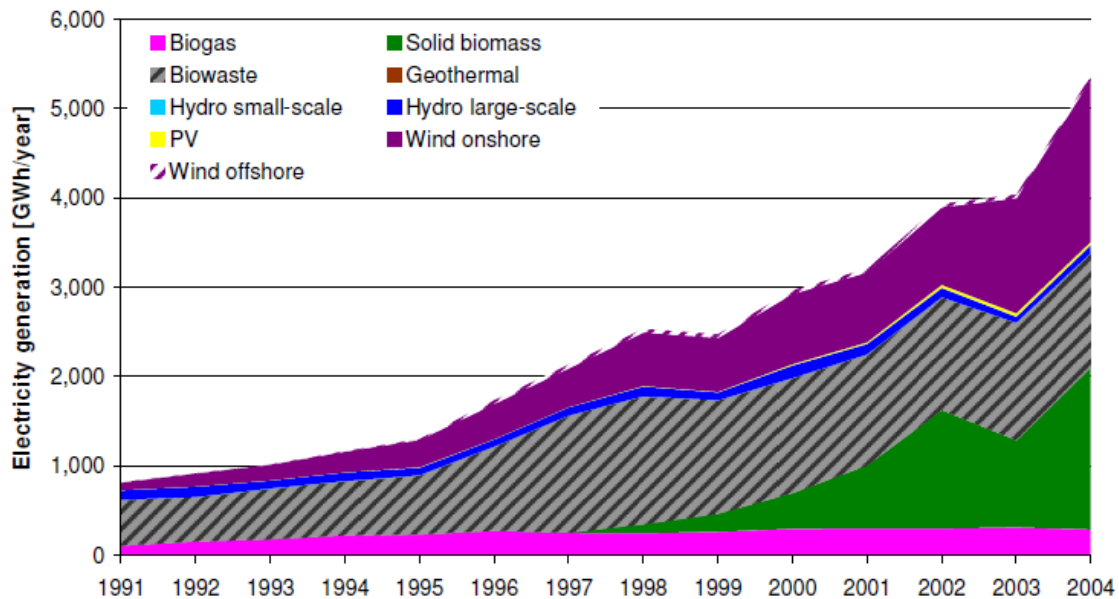


Abbildung 33: Ökostromerzeugung in der Niederlande von 1991 – 2004

[European Commission]

Die niederländische Stromerzeugung teilt sich in Onshore Windkraft, Biomasse und Bioabfall auf. 1991 wurde die Ökostrommenge in den Niederlanden von dem, aus biogenem Abfall erzeugten Strom dominiert. Erst seit 1995 bzw. 1997 wurde Wind bzw. Biomasse erkennbar eingesetzt, wobei der Anstieg der Biomasse im Vergleich steiler angewachsen ist. Die Stromerzeugung mittels Biogas, Windkraft und Wasserkraft stagniert seit Jahren auf einem niedrigen Niveau.

2008 betrug die Ökostrommenge 8,968 TWh. Insgesamt wurden 104,352 TWh Strom produziert. Das bedeutet, dass die Niederlande einen Anteil von 8,59 % Strom aus erneuerbarer Energiequellen produziert und das Ziel bis 2010 von 9 % erreicht werden kann.

5 Fazit

Fakt ist, dass der Klimawandel nicht mehr zu stoppen ist. Es muss global daran gearbeitet werden, damit die 2 °Celsius Erderwärmungsgrenze nicht überschritten wird. Die Einführung von Emissionsgrenzen hatte den Zweck, dass die Nutzung erneuerbare Energieträger ausgebaut wird, welche CO₂-neutral sind. Österreich wird das Ziel der Emissionsgrenze von - 13 % bis 2010 wahrscheinlich nicht erreichen. Ein Grund dafür ist, dass die Emissionswerte im Vergleich von 1990 des Landes schon sehr gering waren. Weiters wurde der Ausbau und Förderung von erneuerbaren Energiequellen durch innerpolitische Inkompetenz gebremst, welches in den Ökostromnovellen ersichtlich wird.

Grundsätzlich ist Europa der Vorreiter bei Ökostromerzeugung. Ziel der EU ist ein Anteil von 21 % aus erneuerbaren Energien bis 2010 an der gesamten Stromerzeugung. Österreich hat bei diesen Zielvorgaben eine Vorbildfunktion, da das nationale und europäische Ziel bis 2010 bei 78 % liegt. Dieses Ziel kann nur schwer erreicht werden da 2008 nur ein Anteil von 67,7 % erreicht wurde. Das einzige europäische Land indem die Zielsetzung bereits 2008 erreicht wurde ist Deutschland.

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Treibhauseffekt	5	
Abbildung 2: Prinzip BHKW	8	
Abbildung 3: Clausius-Rankine Dampfkraftanlage	9	
Abbildung 4: Ladungsverschiebung durch Bewegung im Magnetfeld	10	
Abbildung 5: Strömungsverlauf einer frei umströmten Windturbine	13	
Abbildung 6: Schematischer Aufbau einer Wasserkraftanlage	14	
Abbildung 7: Prinzip eines Laufwasserkraftwerks	15	
Abbildung 8: Speicherkraftwerk und Pumpkraftwerk	16	
Abbildung 9: Prinzip eines Gezeitenkraftwerks	17	
Abbildung 10: Prinzip der Geothermie	18	
Abbildung 11: Periodensystemausschnitt	Abbildung 12: Kristallstruktur von Silizium	20
Abbildung 13: pn-Übergang durch Diffusion von Elektronen und Löchern		21
Abbildung 14: Prinzip der Photovoltaiktechnologie	Abbildung 15: Aufbau einer kristallinen Solarzelle	22
Abbildung 16: Schema einer Biomassevergasungsanlage		24
Abbildung 17: Vom Bioabfall zum Biogas		25
Abbildung 18: die 4 Stufen der bakteriellen Biogasproduktion		26
Abbildung 19: CO ₂ Ausstoß in Mio. Tonnen / Jahr (2007)		32
Abbildung 20: Prozentuelle Veränderung der Treibhausgas-Emissionen der EU-27 Staaten vom jeweiligen Basisjahr 1990 bis 2006 im Vergleich zu den Kyoto-Zielen		33
Abbildung 21: EU-Richtlinien		34
Abbildung 22: Ziele für Österreich bis 2012		35
Abbildung 23: Anteil der erneuerbaren Energiequellen an der Stromerzeugung in der EU 27/39		
Abbildung 24: Anteil der Stromproduktion aus erneuerbarer Energieträger der europäischen Länder		40
Abbildung 25: Stromerzeugung und Stromverbrauch in Österreich von 1990 - 2008		42
Abbildung 26: Unterstützte Ökostrommengen in Österreich		43
Abbildung 27: Ökostrommengen in Deutschland von 1999-2007		44
Abbildung 28: Ökostromerzeugung in Italien von 1991-2004		45
Abbildung 29: Ökostromerzeugung in Großbritannien von 1991 - 2007		46
Abbildung 30: Ökostromerzeugung in Spanien von 1991-2004		47
Abbildung 31: Ökostromerzeugung in Frankreich von 1991 – 2004		48
Abbildung 32: Ökostromerzeugung in Polen von 1991 – 2004		49
Abbildung 33: Ökostromerzeugung in der Niederlande von 1991 – 2004		50

QUELLENVERZEICHNIS

- [Dr. C.Lanzersdorfer, 2007], *Abgasreinigungsskriptum*, Bio- & Umwelttechnik
[Keppler-Gymnasium Tübingen], 12.12.2009
www.kepi-tuebingen.de/img/bio/g1treibhauseffekt.jpg
- [Bastian Peter et al, 2005], *Fachkunde Elektrotechnik*, Verlag: Europa Lehrmittel
[H.J. Wollersheim, 2009], *Elektrik Skript*, 13.12.2009
<http://www-aix.gsi.de/~wolle/TELEKOLLEG/ELEKTRIK/LADUNG/1-9.jpg>
- [Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr. Karl Ponweiser, 2000], *Energietechnologie*, TU Wien
[Eon, Universität Hanover-Institut für Trubomaschinen, 1999], 03.12.2009
[Günter Cerbe, Gernot Wilhelms, 2008], *Thechnische Thermodynamik*, Carl Hanser Verlag
[Volker Quasching, 1999], *Regenerative Energiesystem*, Carl Hansa Verlag München Wien
[Niedersächsischer Bildungsserver], 14.12.2009
[Informations- und Schulungszentrum für Mini Blockheizkraftwerke], 18.12.2009
[Enbw-Wasserkraftwerke], 18.12.2009
[Kaltschnitt et al, 2006], *Erneuerbare Energien*, Springer Verlag 2006
[Weltphysik], 2009
<http://www.weltderphysik.de/de/5252.php>
- [eon-wasserkraft], 18.12.2009
[master-of-ice], am 20.12.2009
<http://www.master-of-ice.de/wasserenergie.php>
- [Geothermische Energie], 20.12.2009
<http://gw.eduhi.at/thema/energie/geotherm/geotherm.htm>
- [scienzz], 22.12.2009
http://www.scienzz.de/ticker/upload/meldungen5/Geothermie_Prinzip_gr.jpg
- [Sonntec], 22.12.2009
<http://www.sonntec.at/>
- [Universität München], 25.12.2009
http://leifi.physik.uni-muenchen.de/web_ph10/grundwissen/15dotierung/dotierung.htm
- [Sonntec GmbH Lebergasse, Oberhausen, VDE Verband der Elektrotechnik], 25.12.2009
[Bios-Bioenergiesysteme, DI Josef Stubenvoll, 2009], *Skript-Reststoffverwertung*, Fh-Wels
[DI Dr. Werner Ahrer, Barbara Eder, Heinz Schulz, 2009], *Skriptum UBT5 2009*, Ökobuch Verlag, *Biogas Praxis*
[Energytech], 25.12.2009

Erneuerbarer- Energie- Anteil an der Stromerzeugung innerhalb der EU
Vergleich der Rahmenbedingungen und der Tarife

<http://www.energytech.at/>

[Gesellschaft für Energiemanagement], 28.12.2009

[Michael Weitz, 2004], *Diplomarbeit Biokraftstoffe*, Diplomatica GmbH

[wissenschaft-technik-ethik., energy20, DI Dr. Werner 2009], UBT5 Skriptum, Fh-Wels 2009

[Klimanews 2008], 02.01.2010

<http://klimakatastrophe.wordpress.com/2008/09/01/der-schwindel-mit-den-offshore-windparks/>

[Neue Energie], 02.01.2009

<http://www.neueenergie.net/index.php?id=805>

[Verband für Gesundheit und Landschaftsschutz Deutschland], 2009

[Erneuerbare-Energien], 2009

<http://www.erneuerbare-energien.de/inhalt/>

[Johannes Bernreuter], 2009

http://www.voltarlux.de/download/Kill_argu_7_PV_kann_kein_Kraftwerk_ersetzen.pdf

[CO₂-Handel], 2009

<http://www.co2-handel.de/lexikon-34.html>], 2008

[United Nations Framework Convention on Climate Change, Bundesministerium für Umwelt], 2008

[tagesschau]

[Energie Control, Schönbauer]

[Ökostromnovelle 2008, BGBl. I Nr. 114/2008]

[Eurosat, Standard 9/2008]

Erneuerbarer- Energie- Anteil an der Stromerzeugung innerhalb der EU
Vergleich der Rahmenbedingungen und der Tarife

[European Commission], 2005

http://ec.europa.eu/energy/energy_policy/doc/factsheets/renewables/renewables_at_en.pdf

http://ec.europa.eu/energy/energy_policy/doc/factsheets/renewables/renewables_pl_en.pdf

http://ec.europa.eu/energy/energy_policy/doc/factsheets/renewables/renewables_nl_en.pdf

http://ec.europa.eu/energy/energy_policy/doc/factsheets/renewables/renewables_fr_en.pdf

http://ec.europa.eu/energy/energy_policy/doc/factsheets/renewables/renewables_es_en.pdf

http://ec.europa.eu/energy/energy_policy/doc/factsheets/renewables/renewables_it_en.pdf

http://ec.europa.eu/energy/energy_policy/doc/factsheets/renewables/renewables_uk_en.pdf

[Regional Group Continental Europe], *Statistical Yearbook 2008*

http://www.entsoe.eu/fileadmin/user_upload/_library/publications/ce/Statistical_Yearbook_2008.pdf