

4. KAPITEL: ENERGIEZUKUNFT ERNEUERBARE ENERGIE

Themen

1 DIE ENERGIEWENDE	74
1.1 Erneuerbare Energieträger - Bedeutung und Potenzial	74
1.2 Kosten und Nutzen der erneuerbaren Energie	77
1.3 Sind erneuerbare Energien zu teuer?	82
2 BIOGENE ENERGIETRÄGER	86
2.1 Biogene Energieträger stellen sich vor	86
2.2 Der Wald: Quelle für nachhaltigen Rohstoff und Energie	90
2.3 Rohstoffe vom Acker und wertvolle Reststoffe als biogene Energieträger	97
2.4 Biotreibstoffe: Nachhaltige Energie aus der Landwirtschaft	99
2.5 Wärme aus Biomasse	106
2.6 Treibstoffe aus Biomasse	113
2.7 Strom und Treibstoffe aus Biogas	116
2.8 Strom aus Biomasse	119
3 WASSERKRAFT	122
3.1 Wasserkraft im Binneneinsatz	122
3.2 Meeresenergie, Gezeiten- und Strömungskraftwerke	125
4 WINDKRAFT	127
4.1 Potenzial, Wertschöpfung und Beschäftigungskette	127
4.2 Techniken zur Nutzung von Windkraft	129
5 DIE DIREKTE NUTZUNG DER SONNENEINSTRALUNG	132
5.1 Potenzial von Solarthermie und solarer Stromerzeugung	132
5.2 Solarthermie: Techniken zur Bereitstellung von solarer Wärme	133
5.3 Techniken zur Bereitstellung von solarem Strom	138
6 GEOTHERMIE: UMGEBUNGS- UND ERDWÄRME	144
6.1 Potenzial der Geothermie	144
6.2 Techniken zur Nutzung von Umgebungswärme: Wärmepumpen	144
6.3 Techniken zur Bereitstellung von Wärme und Strom: Tiefe Geothermie	146
7 MISCHFORMEN UND ALTERNATIVE ANSÄTZE	147
7.1 Aufwind- und Fallwindkraftwerke	147
7.2 Power to Gas: Wasserstoff aus Erneuerbaren	148
7.3 Alternative Konzepte für erneuerbare Mobilität	149
7.4 Biogene Energieträger der 3. Generation	151
8 QUELLENANGABEN UND LITERATURVERZEICHNIS	152

Lernziele

- Aufzeigen der alternativen Energieträger, deren Potenziale, Chancen und Grenzen
- Wissen über unterschiedliche Formen alternativer Energiegewinnung und die notwendigen Bedingungen für deren Einsatz und Erzeugung aneignen
- Veranschaulichung der gängigsten Methoden zur Gewinnung alternativer Energie in Europa bzw. Österreich
- Chancen und Grenzen neuer sowie ausbaufähiger Innovationstechniken erkennen

Geförderte Kompetenzen

- Entwicklung eines Verständnisses der aktuellen Situation der Energieversorgung in Österreich sowie möglicher Alternativen
- Eigenständiges Erlernen von Basiswissen zum Thema alternative Energieträger mit Hilfe von Fakten und Anschauungsmaterialien
- Sensibilisierung für die Konsequenzen des steigenden Energieverbrauchs und des eigenen Konsumverhaltens
- Förderung der Diskussions- und Reflexionsbereitschaft in Bezug auf alternative Ansätze

? *Dieses Kapitel widmet sich der Frage nach den konkreten Möglichkeiten und Grenzen spezifischer Formen erneuerbarer Energie. Technologien zur Nutzung erneuerbarer Energie werden im Detail behandelt: Wie funktioniert zum Beispiel eine Biogasanlage? Außerdem werden die volkswirtschaftlichen und ökologischen Effekte der Nutzung verschiedener erneuerbarer Energieformen betrachtet. Eine weitere Frage zielt darauf ab, wohin die Entwicklung gehen könnte. Welche Ansätze existieren und welches Potenzial ist den neuen Technologien zuzuschreiben?*

1 DIE ENERGIEWENDE



„Wenn wir in Sachen Klimaschutz erst dann handeln, wenn es sich garantiert rechnet, können wir einzig und allein damit rechnen, dass es dann garantiert zu spät sein wird.“

„Ernst Scheiber, Mitbegründer des Österreichischen Biomasse-Verbandes“

ABBILDUNG 109: Prof. Ernst Scheiber - BILD: Österreichischer Biomasse-Verband

1.1 Erneuerbare Energieträger - Bedeutung und Potenzial

Erneuerbare Energieträger sind klimaneutral, sie sind unbegrenzt vorhanden oder erneuern sich und lassen sich gefahrlos nutzen und transportieren. Sie reduzieren die Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen und deren Förderländern. Erneuerbare Energie kann zum Großteil im Inland gewonnen und genutzt werden, sie schafft und sichert Arbeitsplätze und stärkt die heimische Wirtschaft. Der Einsatz von erneuerbarer Energie kann einen Beitrag für eine saubere und lebenswerte Zukunft für alle Menschen leisten.

Es wird davon ausgegangen, dass unser Sonnensystem seit etwa 4,6 Milliarden Jahren besteht. So lange schon stellt uns die Kernfusion in der Sonne jedes Jahr ein theoretisches Potenzial des 2.850-fachen Weltenergiebedarfes von 2010 zur Verfügung. Ungefähr zum damaligen Zeitpunkt sollen auch die Planeten durch die Verdichtung von Materie entstanden sein. Etwa die Hälfte der Erdwärme resultiert aus der bei dieser Verdichtung entstandenen Energie und ist noch heute im Kern des Planeten

erhalten. Nach neuen Erkenntnissen resultiert die andere Hälfte der Erdwärme aus radioaktivem Zerfall von Stoffen der Erdkruste. Das Angebot der Erdwärme beträgt das 5-Fache des Weltenergiebedarfes. Durch die Energie der Sonne wird die Klimamachine Erde betrieben. Das resultiert in einem Angebot des 200-Fachen Weltenergiebedarfes in Form von Wind und einem Angebot zur 3-fachen Deckung desselben durch Wasserkraft. Etwa das 20-Fache des Weltenergiebedarfes steht in Form des Bioenergieangebotes von Land und Wasser zur Verfügung.

! Der größte Teil aller Energie kommt von der Sonne; durch sie nahm die Entstehung der fossilen Energieträger vor hunderten Millionen Jahren ihren Anfang. Und die Sonne schickt uns noch immer ständig unerschöpfliche Mengen an Energie. Was mit den heutigen technischen Mitteln nutzbar wäre, ist ein Vielfaches des Weltenergiebedarfs. Nutzen wir dieses Geschenk!



ABBILDUNG 110: Weltenergiebedarf im Verhältnis zum Potenzial der Erneuerbaren - QUELLE: Agentur für erneuerbare Energie: www.unendlich-viel-energie.de

Weiter mit: „1.1 Zur Entstehung unseres Sonnensystems“ K: 7, S: 226

Weiter mit: „1 Die Geschichte der Menschheit, eine Geschichte der Energie“ K: 2, S: 18



Obwohl die erneuerbaren Energien praktisch unbegrenzt vorhanden sind, ist es für den Menschen eine Herausforderung, sie zu nutzen. Erst die Technologieentwicklung vom Windrad über die Photovoltaikzelle bis zum Pelletskessel macht dies möglich. Aufgrund ökologischer und technischer Grenzen liegt das tatsächlich nutzbare Potenzial unter dem theoretisch möglichen, übertrifft aber den Weltenergiebedarf immer noch deutlich. Mehrere Studien belegen, dass sich Österreich bei entsprechenden Energieeinsparungen bis 2050 vollständig mit Energie aus Biomasse, Wasser, Wind, Umgebungswärme und Solarthermie versorgen könnte. Österreich liegt mit etwa 32% erneuerbarer Energie (2012) im Energiesystem europaweit an vierter Stelle. Schweden führt dieses Ranking mit mehr als 50% Erneuerbaren an. 2010 wurden weltweit etwa 10% der Energie durch Biomasse, 2,3% durch Wasserkraft und 0,9% durch Wind, Photovoltaik, Solarthermie und Umgebungswärme erzeugt. Weltweit, europaweit und in Österreich ist Holz mit Abstand die bedeutendste erneuerbare Energiequelle. Laut den Verbänden für erneuerbare Energie könnte in Österreich bis 2020 etwa 50% des Energiebedarfs aus Erneuerbaren stammen.

Der Bruttoinlandsverbrauch Österreichs stieg von 1970 bis 2012 rasant an. Die Energieeinsparung durch Effizienzsteigerung wurde durch den wachsenden Verbrauch mehr als kompensiert. Der Bruttoinlandsverbrauch an erneuerbarer Energie hat sich seit 1970 mehr als verdreifacht. 2012 kamen 69% der neu installier-

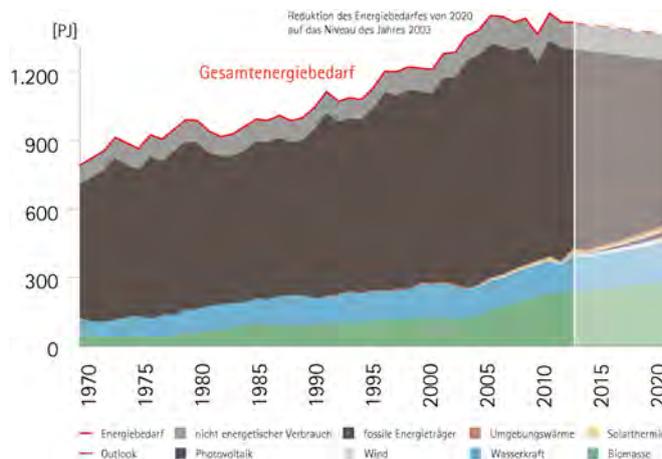


ABBILDUNG 111: Entwicklung des Bruttoinlandsbedarfs Energie 1970 bis 2012
 QUELLE: Statistik Austria

ten Kraftwerkskapazität der EU aus erneuerbaren Quellen; 37% fielen auf die Photovoltaik, 26% auf den Ausbau der Windkraft und 3% auf Biomassekraftwerke. 2012 war damit bereits das fünfte Jahr in Folge, in dem die erneuerbare Energiekapazität stärker ausgebaut wurde als alle anderen Energieformen. In den vergangenen fünf Jahren wurde in der EU mehr Strom durch Windkraft bereitgestellt als durch Atomkraft. Der Anteil biogener Energieträger hat sich seit 1970 verdreifacht.

MAGNETCHART 1: Der Energiebedarf Österreichs nach Sektoren und die Anteile der Energieträger
 MAGNETCHART 2: Der globale Energiebedarf nach Sektoren und die Anteile der Energieträger

Physik, Geographie und Ländliche Entwicklung



1, 2

! In Bewerbungen um das Spitzenfeld der erneuerbaren Energie verteidigt Holz den Weltmeistertitel, den Europameistertitel sowie den Meistertitel in der Bundesliga.

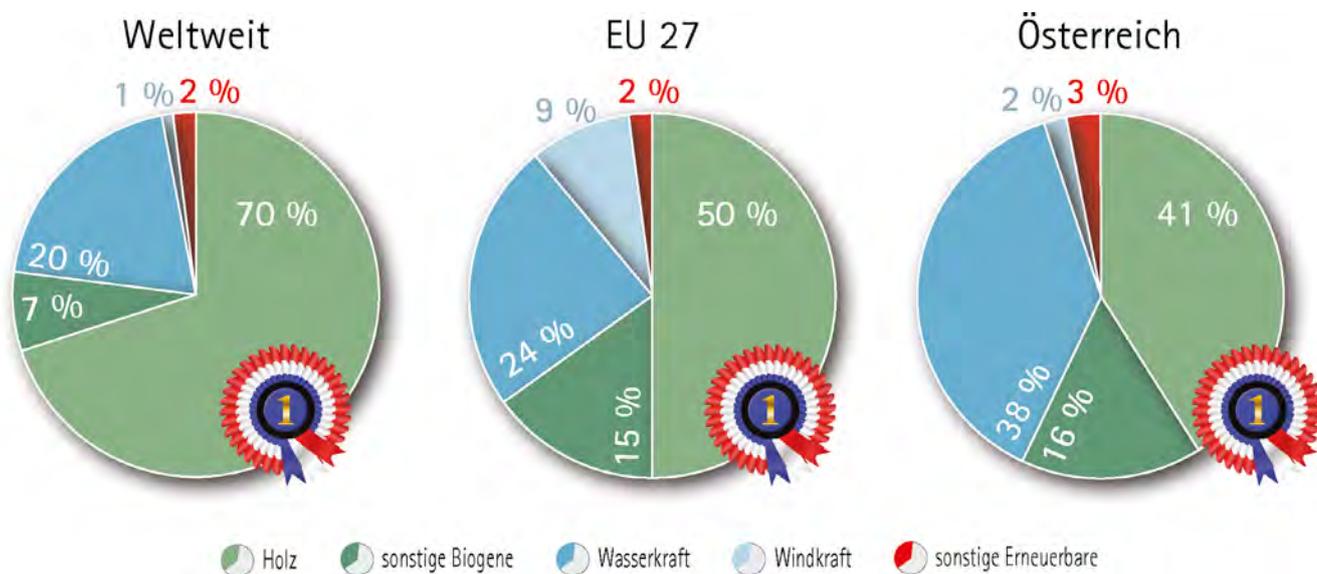


ABBILDUNG 112: Anteile erneuerbarer Energieformen am Bruttoinlandsverbrauch: Holz ist die bedeutendste erneuerbare Energiequelle der Welt.
 QUELLE: IEA, Eurostat, Statistik Austria

4. KAPITEL: ENERGIEZUKUNFT ERNEUERBARE ENERGIE

Die Energiewende

Österreich ist seit jeher aufgrund seines Waldreichtums durch einen hohen Biomasseeinsatz und wegen seiner Berge durch einen hohen Wasserkraftanteil in der Energieversorgung geprägt. Energie wird vereinfacht in drei Bereichen eingesetzt: Wärme, Strom und Treibstoffe. Etwa die Hälfte der benötigten Energie wird in Form von Wärme verbraucht, etwas mehr als ein Drittel für die Bereit-

stellung von Mobilität und der Rest (etwa 12 %) für elektrische Anwendungen, wie den Antrieb von Elektrogeräten oder Beleuchtung. Zu beachten ist, dass etwa ein Drittel des erzeugten Stroms nicht für elektrische Anwendungen zur Verfügung steht, sondern für die Wärmebereitstellung benötigt wird. 6% des Stroms fließen in die Mobilität.

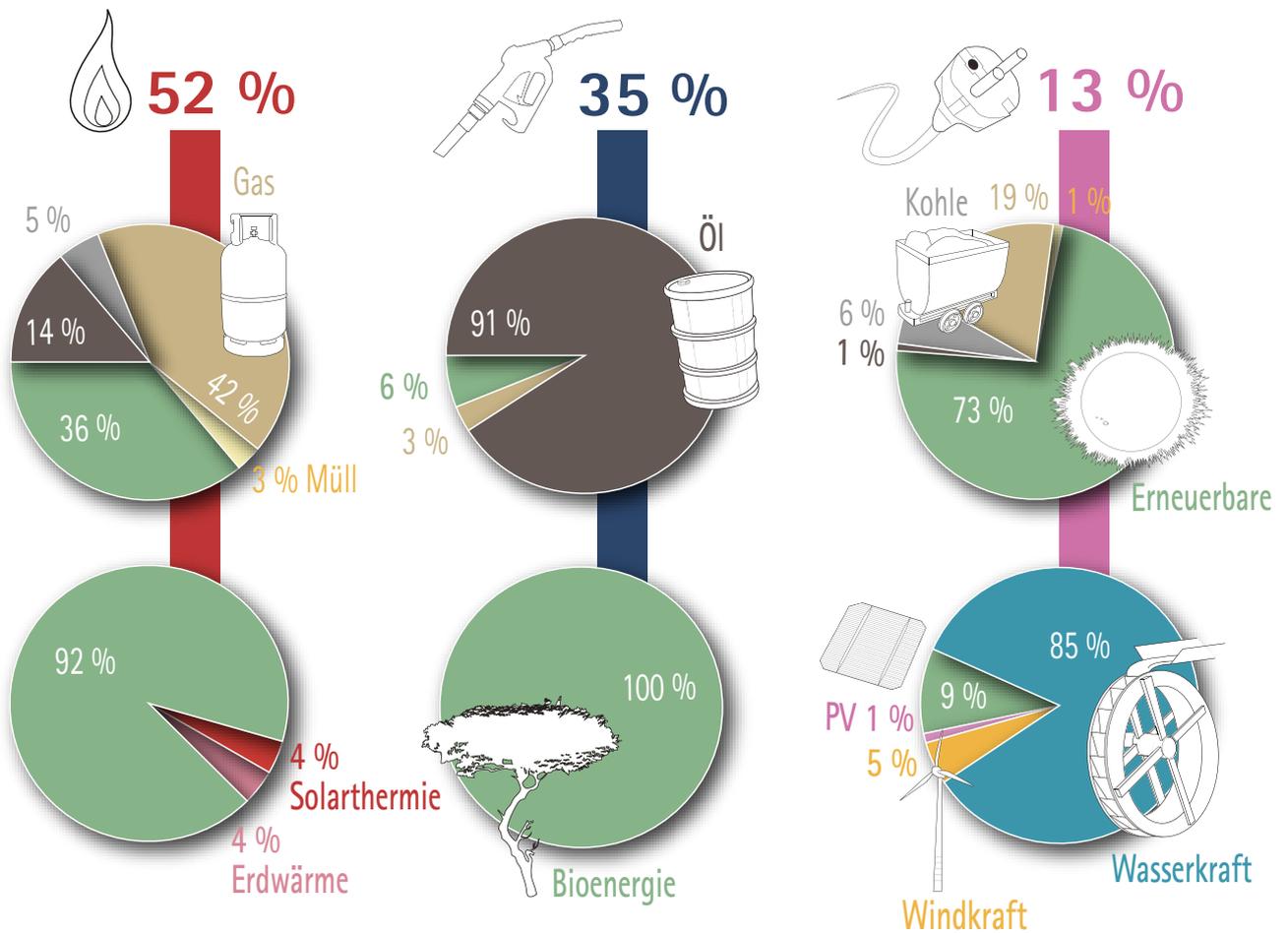


ABBILDUNG 114: Wärme, Treibstoffe und Strom aus Erneuerbaren in Österreich im Jahr 2012 - QUELLE: AEA, Österreichischer Biomasse-Verband

.ppt

PRÄSENTATION 61: Potenzial und Bedeutung der Erneuerbaren (29 Folien)

Energieträger	Einsatzgebiete			Volatilität	
	Wärme	Treibstoffe	Strom	Planbarkeit	Speicherbar
Biomasse	✓	✓	✓	☆☆☆	✓
Wasserkraft	✗	✗	✓	☆☆☆	✓
Windkraft	✗	✗	✓	☆☆☆	✓
Photovoltaik	✗	✗	✓	☆☆☆	✓
Solarthermie	✓	✗	✓	☆☆☆	✓

ABBILDUNG 113: Einsatzmöglichkeiten verschiedener erneuerbarer Energieformen (grün = geeignet, orange = bedingt geeignet, rot = nicht geeignet)

QUELLE: Eigene Darstellung

Die verschiedenen erneuerbaren Energien haben ihre unterschiedlichen Stärken und Einsatzgebiete. Mit Photovoltaik, Wind- und Wasserkraft wird Strom erzeugt, mit Solarthermie, Umgebungswärme und Geothermie vorwiegend Wärme. Mit Biomasse können Wärme, Strom und Treibstoff bereitgestellt werden. Je nach Windangebot und Sonnenschein schwanken die Erträge von Photovoltaik, Solarthermie und Windkraft relativ stark im Tages- und Jahreszeiten-

verlauf. Besser planbar ist die Wasserkraft, die vom Wasserstand der Flüsse abhängig ist. Biomasse hat den großen Vorteil, dass sie als gespeicherte Sonnenenergie genauso wie fossile Brennstoffe über längere Zeiträume lagerfähig ist. So kann Energie produziert werden, wenn Wind oder Sonne gerade Pause machen. Für die Energiewende sind alle erneuerbaren Technologien notwendig, da sie sich gegenseitig ergänzen und nur gemeinsam ein funktionierendes Energiesystem bilden können.

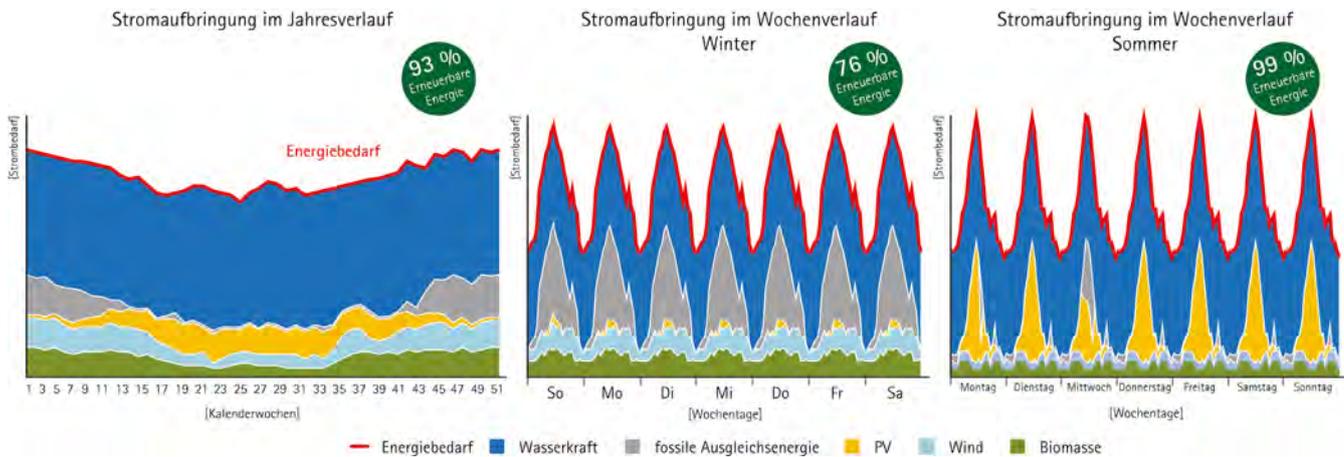


ABBILDUNG 115: Das Potenzial erneuerbarer Energien zur Stromerzeugung im Jahresverlauf und im Wochenverlauf in den Winter- und Sommermonaten
 QUELLE: beispielhafte Darstellung, Österreichischer Biomasse-Verband

PRÄSENTATION 62: Einsatzmöglichkeiten erneuerbarer Energien (31 Folien)

1.2 Kosten und Nutzen der erneuerbaren Energie

Ohne den Einsatz erneuerbarer Energie ist der Weg aus der fossilen Abhängigkeit in eine saubere Zukunft undenkbar. 87 % der heimischen Treibhausgasersparungen gehen auf das Konto der erneuerbaren Energien zurück. Österreich hat 2012 die Kyoto-Zielvorgabe nicht erreicht. Ohne den Einsatz erneuerbarer Energien wären die Ziele in noch größerem Ausmaß verfehlt worden. Von offizieller Seite wird der Ankauf von Emissionsreduktionseinheiten als Teil der österreichischen Klimastrategie bezeichnet.

1.2.1 Gut für's Klima: Erneuerbare Energien reduzieren CO₂-Emissionen

Laut Klimaschutzbericht 2014 des Österreichischen Umweltbundesamts betragen die Treibhausgas-Emissionen in Österreich im Berichtsjahr 2012 80,1 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent. Die Emissionen lagen damit um 2,5% über dem Niveau von 1990 und um 11,3 Mio. Tonnen über dem zu erreichenden jährlichen Durchschnittswert des für 2008 bis 2012 festgelegten Kyoto-Ziels von -13% gegenüber 1990 (68,8 Mio. Tonnen). Unter Berücksichtigung des Emissionshandels, gemeinschaftlicher Projekten für den Klimaschutz, der Mechanismen für umweltverträgliche Entwicklung sowie der Bilanz aus Neubewaldung und Entwaldung ist jedoch die Lücke zwischen Emissionen und Kyoto-Ziel geschlossen. Seit dem Jahr 2005 ist mit Ausnahme von 2010 ein abnehmender Trend der Treibhausgas-Emissionen in Österreich zu verzeichnen. Wurden 2005 noch 92,6 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent freigesetzt, so waren es im Jahr 2010 um 13,5% weniger. Diese Abnahme ist in erster Linie auf den vermehrten

Einsatz von erneuerbarer Energie und Energieeffizienzmaßnahmen, wie sie unter anderem in der Klimastrategie vorgesehen sind, zurückzuführen. Der Anstieg 2010 basiert auf der Erholung der Wirtschaft nach dem Krisenjahr 2009. Der Rückgang von 2011 auf 2012 beruht hauptsächlich auf dem abnehmenden Verbrauch fossiler Energieträger und einem historischen Hoch bei der Stromerzeugung aus Wasserkraft. Die wichtigsten Verursacher von Treibhausgas-Emissionen waren im Jahr 2012 die Sektoren Industrie und produzierendes Gewerbe mit einem Anteil von 30,8%, der Verkehr mit 27,1%, die Energieaufbringung mit 15,5% und der Bereich Raumwärme und sonstiger Kleinverbrauch mit 11,9%. In den Sektoren Industrie sowie Energieaufbringung werden etwa 79% der Emissionen der Betriebe verursacht, die dem Emissionshandel unterliegen. Der Verkehrssektor ist mit rund 2,8 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalenten der Bereich mit der größten Abweichung vom sektoralen Ziel der Klimastrategie.

4. KAPITEL: ENERGIEZUKUNFT ERNEUERBARE ENERGIE

Die Energiewende

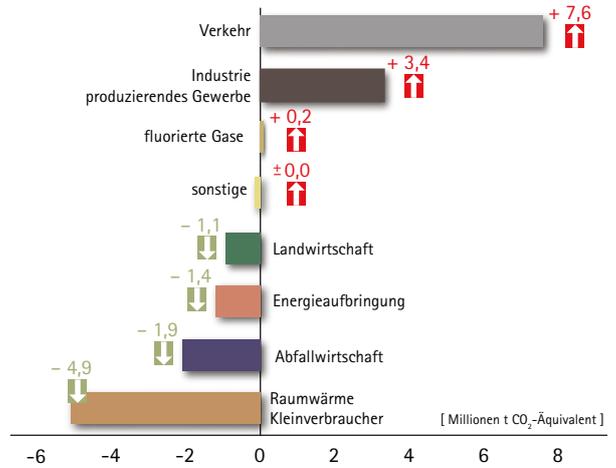
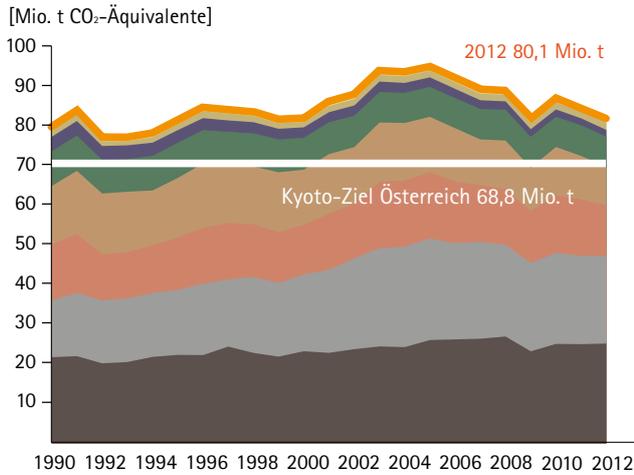


ABBILDUNG 116: Entwicklung Treibhausgasemissionen von 1990 bis 2012, Änderungen in den Sektoren in Millionen Tonnen CO₂-Äquivalent

QUELLE: Umweltbundesamt

Durch die Nutzung erneuerbarer Energie im Sektor Strom wurden im Jahr 2012 Emissionen im Umfang von 4,7 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent (Äq.) vermieden. Der überwiegende Teil von 1,8 Mio. Tonnen oder 38,7% ist dabei der Kleinwasserkraft zuzuordnen. Weitere große Anteile stammen aus der Verstromung fester Biomasse mit 1,0 Mio. Tonnen und der Windkraftnutzung mit 0,9 Mio. Tonnen. Unter Berücksichtigung der Großwasserkraft wurde sogar der Ausstoß von 18,1 Mio. Tonnen CO₂-Äq. vermieden, womit insgesamt 84,2% der Einsparungen im Strombereich auf die Wasserkraft entfallen.

Durch die Nutzung erneuerbarer Energie im Sektor Wärme (ohne elektrischen Strom für Wärme, da dieser schon im Sektor

Strom berücksichtigt wurde) wurden im Jahr 2012 Emissionen im Umfang von 10,3 Mio. Tonnen CO₂-Äq. vermieden. Der größte Beitrag von 6,3 Mio. Tonnen oder 60,6% stammt von biogenen Brennstoffen (Stückgut, Hackschnitzel, Holzpellets, Sägenebenprodukte etc.). Weitere große Anteile entfallen auf den erneuerbaren Anteil der Fernwärme mit 20,1% und energetisch genutzte Ablaugen mit 11,1%. Durch die Nutzung von Biokraftstoffen wurden im Jahr 2012 Emissionen im Umfang von 1,6 Mio. Tonnen CO₂-Äq. vermieden. Den größten Anteil hatte daran Biodiesel mit 83,5%, gefolgt von Bioethanol mit 13,6% und Pflanzenöl mit 2,8%. In absoluten Zahlen wurden nach UBA (2013) im Jahr 2012 in Österreich 498.761 Tonnen Biodiesel, 105.715 Tonnen Bioethanol und 16.823 Tonnen Pflanzenöl eingesetzt.

.ppt

PRÄSENTATION 63: Erneuerbare Energien reduzieren Treibhausgasemissionen (17 Folien)

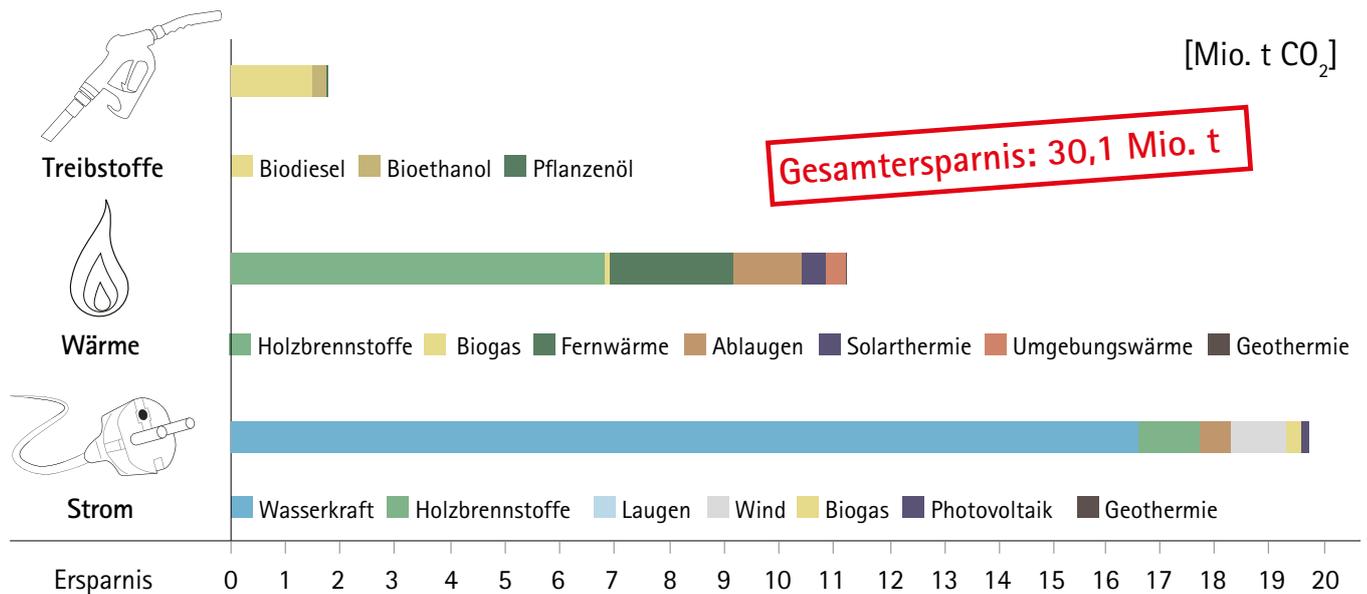


ABBILDUNG 117: Durch erneuerbare Energieträger vermiedene CO₂-Emissionen und Anteile der Erneuerbaren in den Sektoren Treibstoffe, Wärme und Strom

QUELLE: Erneuerbare Energie in Zahlen 2012

Die vermiedenen Emissionen im Jahr 2012 aus den drei Sektoren Strom, Wärme und Treibstoffe sind in der Abbildung zusammenfassend in absoluten Zahlen dargestellt. Ohne Berücksichtigung der Großwasserkraft stammen die jeweils größten Beiträge der

drei dargestellten Sektoren aus Holzbrennstoffen, Kleinwasserkraft und Biodiesel. Gemeinsam mit dem erneuerbaren Anteil der Fernwärme macht der Anteil dieser vier größten Beiträge 75% der gesamten eingesparten Emissionen aus.

Weiter mit: „1 Die Energiewende, eine Aufgabe für Politik und Zivilgesellschaft“ K: 5, S: 156

1.2.2 Mit erneuerbaren Energien werden in Österreich Milliarden umgesetzt



5/156

! Durch den Einsatz erneuerbarer Energieträger wurden in Österreich im Jahr 2012 mehr als 6 Milliarden Euro umgesetzt, was etwa 1,8 % der gesamten Wirtschaftsleistung ausmacht. Über 40.000 Arbeitsplätze wurden durch die Verwendung erneuerbarer Energieträger im Jahr 2012 gesichert.

Technologien zur Nutzung erneuerbarer Energie haben in Österreich in vielen Bereichen eine lange Tradition, aus der Marktführerschaften, Patente und Forschungskompetenzen hervorgegangen sind. Dieser Hintergrund eröffnete den heimischen Unternehmen auch große Chancen auf den Exportmärkten und bringt dem österreichischen Staat eine hohe inländische Wertschöpfung.

fe mit berücksichtigt. Sekundäre Effekte, die in anderen Wirtschaftsbereichen entstehen, sind in den Werten generell nicht enthalten. Da die Ergebnisse in hohem Maß von den dargestellten Systemgrenzen abhängen, können die gesamtwirtschaftlichen Effekte einzelner Technologien bei der Berücksichtigung zusätzlicher Komponenten auch erheblich höhere Werte annehmen.

In der Abbildung unten ist unter „Investitionen“ der Absatz der Technologien auf dem Inlandsmarkt, der Export der Technologien als funktionale Einheiten und der Export einzelner ausgewählter Komponenten dieser Technologien zu verstehen. Unter „Betriebseffekte“ sind Reinvestitionen in Anlagen in Österreich während der Anlagenlebensdauer zusammengefasst; bei der festen Biomasse ist außerdem die Produktion der Holzbrennstoffe

Der primäre Gesamtumsatz des Wirtschaftsbereiches der Technologien zur Nutzung erneuerbarer Energie betrug im Jahr 2012 5,9 Mrd. Euro. Den größten Beitrag zum Gesamtumsatz erbrachte der Sektor der festen Biomasse mit 43,2% bzw. 2,6 Mrd. Euro. Die weiteren Technologien zur Nutzung biogener Energieträger, Biotreibstoffe und Biogas, weisen mit 5,9% bzw. 1,1% eine geringere Größenordnung auf.

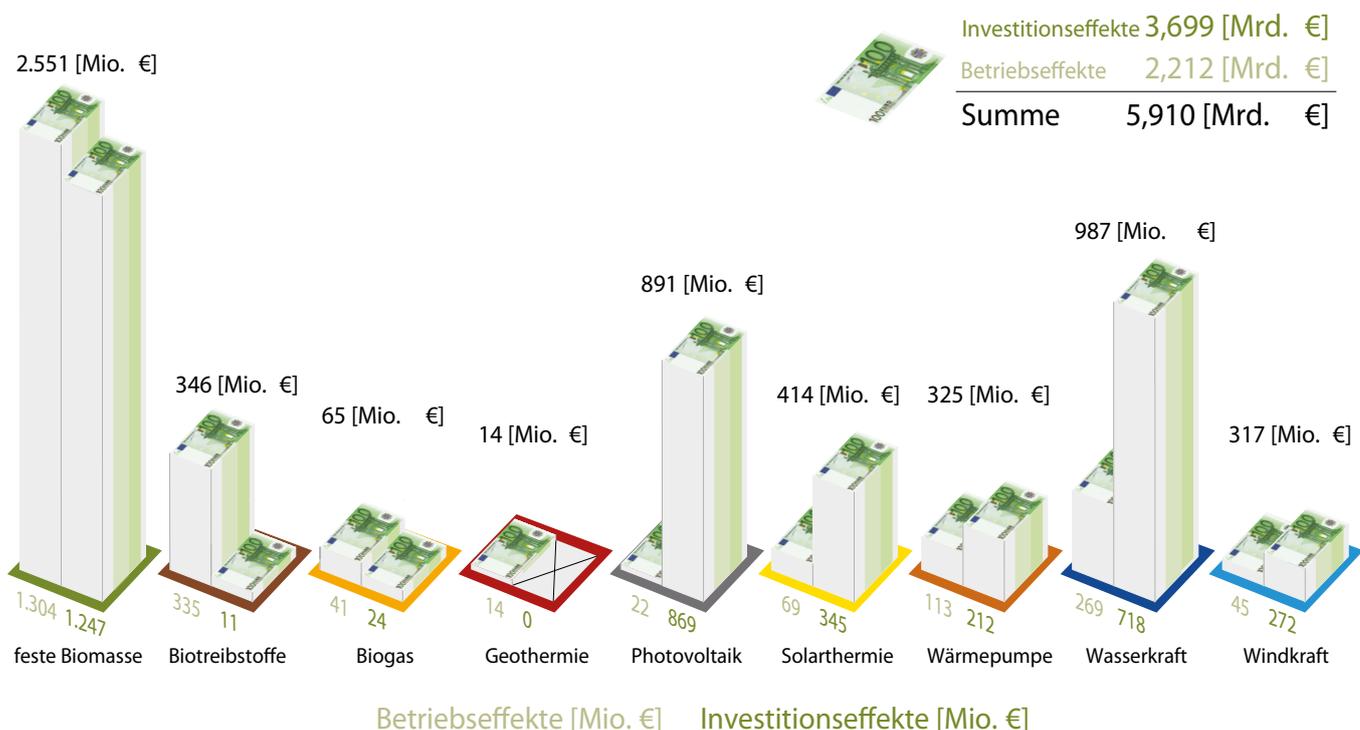


ABBILDUNG 118: Primäre Umsätze aus Technologien zur Nutzung erneuerbarer Energie - QUELLE: Erneuerbare Energie in Zahlen 2012

4. KAPITEL: ENERGIEZUKUNFT ERNEUERBARE ENERGIE

Die Energiewende

1.2.3 Erneuerbare Energien bedeuten Arbeitsplätze im Inland

Die Realisierung der Energiestrategie Österreichs bis zum Jahr 2020 könnte bis zu 80.000 Arbeitsplätze sichern. Doch nicht nur im Inland schafft der Ausbau der Erneuerbaren Arbeitsplätze. Nach Analysen der European Climate Foundation könnten durch die Umsetzung der EU-Energiestrategie (20 bis 30 % der Energie aus erneuerbaren Quellen bis zum Jahr 2020) etwa 6 Millionen Arbeitsplätze geschaffen werden. In Österreich waren im Jahr 2012 im Bereich der Investitionen in die Technologien 21.334 Beschäftigte und im Bereich der Betriebseffekte 17.455

Beschäftigte zu verzeichnen. Der größte Teil der Betriebseffekte resultiert aus dem Betrieb der Anlagen zur energetischen Nutzung fester Biomasse, wobei der überwiegende Anteil des Beschäftigungseffektes wiederum der Bereitstellung der Brennstoffe (Stückgut, Hackgut und Holzpellets) zuzurechnen ist. Weitere große Beschäftigungszahlen im Betriebsbereich treten bei der Wasserkraft (Instandhaltung und Revitalisierung), bei den Wärmepumpen (Reinvestitionen innerhalb der Lebensdauer) und bei den Biotreibstoffen auf (Reinvestitionen).

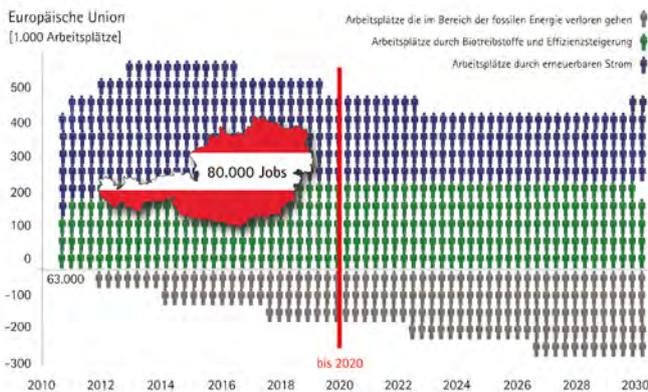


ABBILDUNG 119: EU Job Creation

QUELLE: European Climate Foundation, Umweltbundesamt

Die Höhe der Betriebseffekte ist generell auch von der Größe des in Betrieb befindlichen Bestandes abhängig, während die Investitionseffekte nur den jeweiligen Neubau von Anlagen bzw. den Export von Anlagen und deren Komponenten betreffen. Die dargestellte Struktur ergibt sich somit auch aus der historischen Entwicklung und Marktdiffusion der Technologien.

Die Technologien mit den größten Gesamt-Beschäftigungseffekten sind die Nutzung der festen Biomasse, die Wasserkraft, die Photovoltaik und die Solarthermie. Insgesamt ist fast jeder zweite Arbeitsplatz der Branche erneuerbare Energie im Bereich der Nutzung fester Biomasse angesiedelt. Eine Studie der Fachhochschule Technikum Wien geht sogar davon aus, das alleine durch die Wind- und Kleinwasserkraft über 90.000 Arbeitsplätze geschaffen werden.

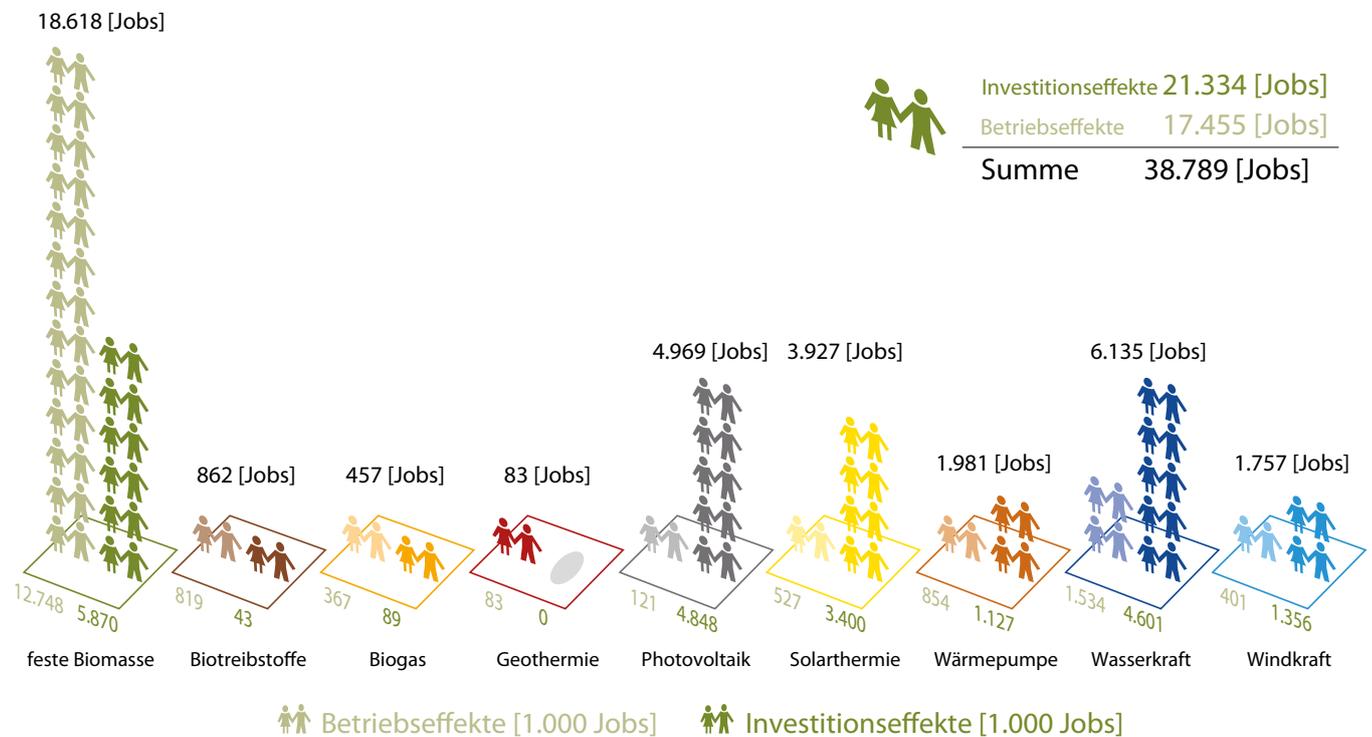


ABBILDUNG 120: Primäre Beschäftigung aus Technologien zur Nutzung erneuerbarer Energie - QUELLE: Erneuerbare Energie in Zahlen 2012

PRÄSENTATION 64: Wirtschaftliche Auswirkungen der erneuerbaren Energie (5 Folien)

1.2.4 Erneuerbare Energien machen unabhängig von Energieimporten und fossilen Energiepreisen

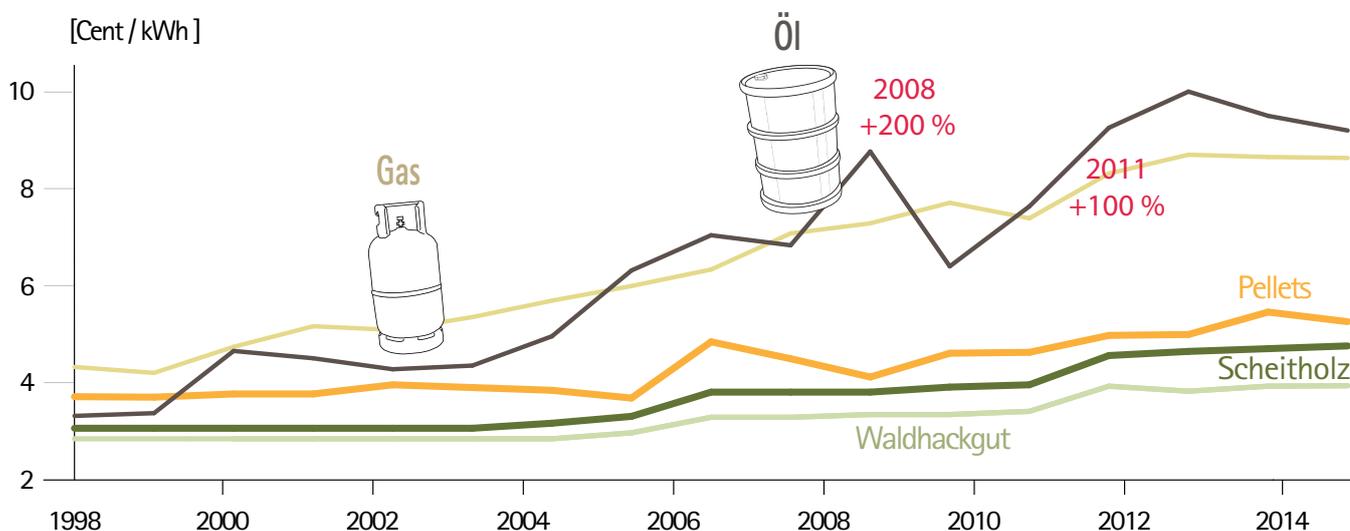


ABBILDUNG 121: Preisentwicklung Energieträger für Haushalte 1998 bis 2013 - QUELLE: ProPellets Austria, LK-Steiermark, Regionalenergie Steiermark, IWO-Austria Preise inklusive Zustellung, Abgaben und Steuern; Datengrundlage: durchschnittliche Haushaltsmenge für Einfamilienhäuser, Ölpreis Juli bis Dezember 2013 geschätzt

In den 1990er-Jahren bewegte sich der Rohölpreis noch recht konstant um die 20-US-\$-Marke. Ab der Jahrtausendwende erfuhr der Ölpreis einen rasanten Anstieg und kletterte im Jahr 2008 auf den Rekordwert von 144 US-\$ je Barrel. Dies bewirkte einen Teuerungsschub bei sämtlichen konventionellen Energieformen. Nach einem Preisknick im Zuge der weltweiten Finanz- und Wirtschaftskrise 2009 überschritt der Ölpreis 2011 abermals die 100-US-\$-Marke und pendelte sich in der Folge auf diesem Niveau ein. Gründe für diese Preisentwicklung sehen führende Wissenschaftler im Phänomen „Peak Oil“. Dieses besagt, dass ab einem bestimmten Zeitpunkt die Förderung von Öl nicht mehr gesteigert werden kann. Die Folge wäre eine Angebotsverknappung, die – bei weiter steigendem Verbrauch – mit einer regelrechten Preisexplosion und mit einem Einbruch der Weltwirtschaft einherginge. Pessimistische Einschätzungen sehen diesen Zeitpunkt bereits gekommen.

Vergleicht man die Energieträgerkosten für Haushalte, wird diese Entwicklung deutlich. Während sich die Preise für Pellets, Brennholz und Hackschnitzel nur moderat nach oben bewegen, sind die Preise für Heizöl steil nach oben geschnellt. Im Jahr 2014 lagen die Preise pro Kilowattstunde Brennstoff aus Pellets etwa bei der Hälfte jener von Heizöl. Scheitholz und Hackgut sind noch günstiger. Strom ist die teuerste Energiequelle und lag zum selben Zeitpunkt bei etwa 20 Cent/kWh.

Etwa zwei Drittel des österreichischen Energiebedarfs werden überwiegend in Form von Öl, Gas und Kohle importiert. Daraus ergibt sich für 2012 ein Nettoimportvolumen von 12,8 Mrd. Euro. Im Jahr 2003 lag dieser Wert noch bei 4,4 Mrd. Euro. Der Großteil des Defizits 2012 entfiel mit 8,8 Mrd. Euro auf Erdöl und

Erdölzerzeugnisse. Die importierten Erdölmengen sind in diesem Zeitraum sogar um 15% gesunken! Österreich musste im Jahr 2013 100% seiner Kohle, 93% des Erdöls und 84% seines Erdgases importieren. Die Erdölprodukte stammen zum Großteil aus politisch instabilen Ländern, wie Kasachstan, Nigeria, Libyen oder dem Irak – die kurzfristige Versorgungssicherheit muss hier infrage gestellt werden.

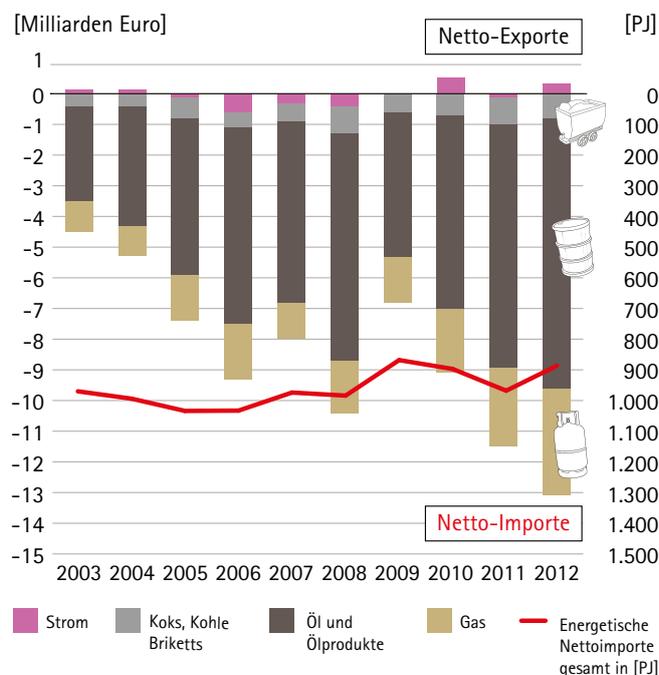


ABBILDUNG 122: Österreichische Energieaußenhandelsbilanz 2003 bis 2012
QUELLE: Statistik-Austria

Weiter mit: „2.3 Abhängigkeit und Konfliktpotenzial“ K: 3, S: 55

Weiter mit: „2.4 Kosten der militärischen Energiesicherung“ K: 3, S: 57

4. KAPITEL: ENERGIEZUKUNFT ERNEUERBARE ENERGIE

Die Energiewende

1.3 Sind erneuerbare Energien zu teuer?

Der Umgang mit dem Klimawandel ist vordergründig keine ökonomische, sondern eine moralische Frage. Eine reine Kostenrechnung darf nicht darüber entscheiden, ob die Erde, die Menschen und das Klima geschützt werden oder nicht. Glücklicherweise trifft beim Klimaschutz zu, dass das Richtige auch von wirtschaftlichem Vorteil ist. Im sogenannten „Stern-Report“ versucht der Brite Sir Nicolas Stern, die Kosten des Klimawandels zu benennen. Er kommt zum Schluss, dass die Ausgaben für einen effektiven Klimaschutz bei nur 1% der weltweiten Wirtschaftsleistung liegen. Dem gegenüber stehen die 5- bis 20-fachen Kosten bei Nichthandeln. Je länger Maßnahmen hinausgezögert werden, desto teurer wird uns der Klimawandel zu stehen kommen. Die Einschätzung der Kosten ist jedoch höchst kritisch, denn es müssen auch Dinge mit einem Geldwert versehen werden, die nicht zu bezahlen sind. Wie bewertet man ein funktionierendes Ökosystem, das Aussterben von Arten oder gar ein Menschenleben? Laut dem Stern-Report werden die Klimaschäden weitaus höhere Kosten verursachen, als die Ausgaben, die für den Klimaschutz notwendig wären.

2% des weltweiten Bruttoinlandsproduktes müssen in den Schutz des Klimas investiert werden. Geschieht dies nicht, so werden die Kosten durch Klimaschäden bis zum Jahr 2200 auf bis zu 24,5 % des weltweiten BIP ansteigen. Der Umstieg auf die erneuerbaren Energien ist der Schlüssel zum Klimaschutz. Beim Einsatz erneuerbarer Energie werden durch vermiedene Umwelt-

schäden erhebliche Kosten gespart. Die Agentur für erneuerbare Energie schätzt die Gewinne infolge kommunaler Wertschöpfung ebenso hoch ein. In Deutschland überwoog im Jahr 2011 der Nutzen durch die Förderung erneuerbarer Energie mit mehr als 21 Milliarden Euro gegenüber den Kosten von etwa 14 Milliarden Euro.

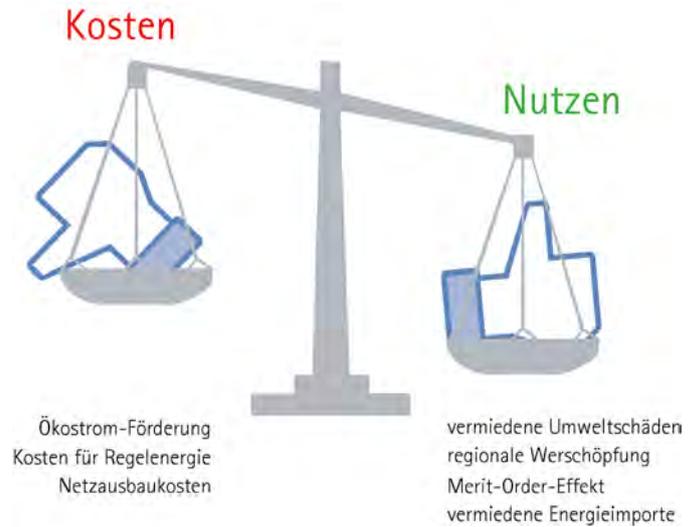


ABBILDUNG 123: Kosten und Nutzen erneuerbarer Energie
QUELLE: Agentur für erneuerbare Energie

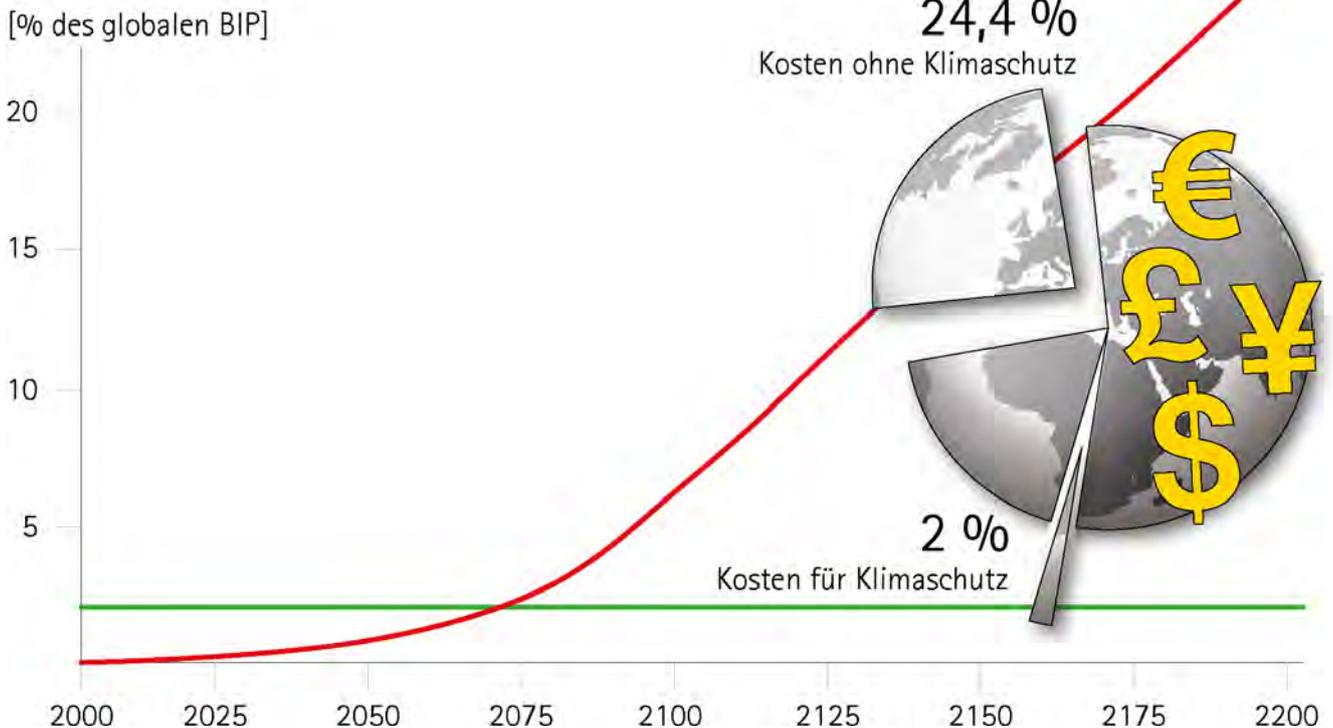


ABBILDUNG 124: Klimaschäden kosten mehr als Klimaschutz - QUELLE: Stern-Report



Stern war von 2000 bis 2003 Chefökonom der Weltbank und gilt als ein renommierter und neutraler Wirtschaftswissenschaftler. Genau das macht die Brisanz seines Berichts aus. In seinem Buch „The Global Deal“ beschreibt er die Notwendigkeit gemeinsamer internationaler Anstrengungen, um die zwei größten Herausforderung unserer Zeit zu bewältigen: die Bekämpfung der weltweiten Armut und die Eindämmung des Klimawandels.“

” Nicolas Stern, Professor an der London School of Economics “

ABBILDUNG 125: Nicolas Stern - BILD: London School of Economics

Weiter mit: „1.3 Die Kosten des Klimaschutzes“ K: 5, S: 158

1.3.1 Das Ökostromgesetz in Österreich

Das 2003 in Kraft getretene Ökostromgesetz hat in den ersten Jahren seines Bestehens einen enormen Aufschwung in der Produktion von Strom aus erneuerbaren Energien bewirkt. Aber bereits nach drei Jahren fand die fulminant eingeleitete Energiewende in der heimischen Stromproduktion mit der Novellierung des Ökostromgesetzes ein jähes Ende. Zahlreiche Neuerungen in den Folgejahren 2007 und 2008 brachten kaum entscheidende Verbesserungen. Obwohl einige Anlagen ausgebaut werden konnten, begann der heimische Ökostrom-Anteil zu stagnieren. Erst mit der Novellierung 2011 wurde es wieder möglich, nennenswerte Kraftwerksanlagen zu errichten. Im Bereich der festen Biomasse liegt der Fokus seither auf dezentralen Kleinanlagen mit hohen Wirkungsgraden.

Der Ausbau und der Betrieb der Erneuerbaren im Strombereich wird über die Einhebung eines Ökostrom-Förderbeitrages bei den Stromverbrauchern finanziert. Dieser Beitrag ist im Vergleich zu

den Energiekosten (Kosten für Wärme, Treibstoffe und Strom) eines Haushalts sehr gering. Bei einem durchschnittlichen österreichischen Haushalt (Annahmen: Ölheizung, Nutzung eines Benzin-Fahrzeuges) liegt der Ökostrombeitrag bei etwa 1% der Energieausgaben. Zwischen den Jahren 2000 und 2012 sind die Energiekosten für einen solchen Haushalt um 80% auf 3.400,- Euro gestiegen. Grund für diese Kostenexplosion ist der Preisanstieg bei Heizöl und Treibstoffen.

Um die Industrie zu entlasten, hat der Gesetzgeber beschlossen, dass die österreichischen Haushalte im Verhältnis zum eingesetzten Strom einen höheren Ökostromförderbeitrag leisten müssen. Österreichs Haushalte verbrauchen etwas über 20% des Stroms und bezahlen knapp 40% der Ökostromkosten. Der Ausbau der erneuerbaren Energien im Stromsektor führt zu einem Sinken des Strom-Großhandelspreises – ein Vorteil für die Industriebetriebe.

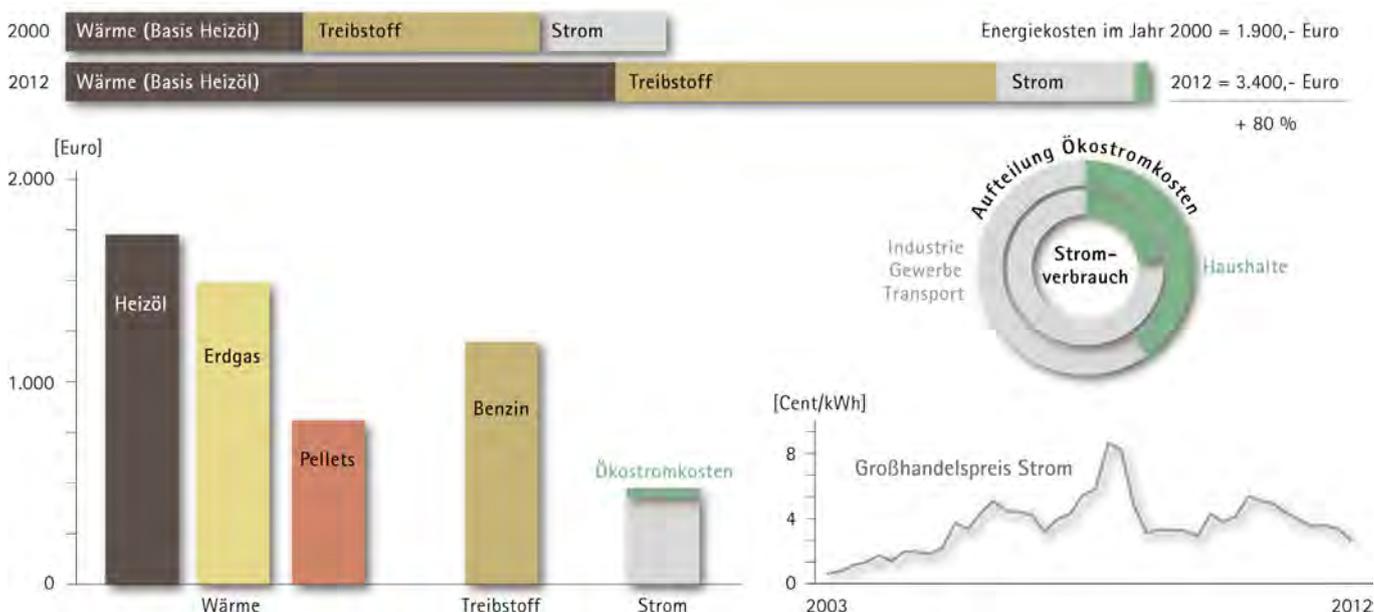


ABBILDUNG 126: Energiekosten und Kosten für die Ökostromförderung für österreichische Haushalte im Vergleich - BILD: Österreichischer Biomasse-Verband



4. KAPITEL: ENERGIEZUKUNFT ERNEUERBARE ENERGIE

Die Energiewende

1.3.2 Technologische Sprünge, Effizienz und Preisentwicklung erneuerbarer Energien

Die Weiterentwicklungen der erneuerbaren Technologien sowie marktrelevante Veränderungen (steigende Nachfrage und internationaler Wettbewerb) haben erneuerbaren Strom zunehmend wirtschaftlicher gemacht. Die Kosten für Strom aus Photovoltaik-Anlagen zum Beispiel sind in den vergangenen 15 Jahren stark gesunken. Auch am Beispiel der technischen Entwicklung von Windrädern sind diese Effekte deutlich abzulesen. Neben der wirtschaftlichen Amortisation (Zeitpunkt, an dem die Investitionen einer Anlage gedeckt sind und nur noch Gewinn erwirtschaftet wird) spielt für den Klimaschutz auch die energetische Amortisation eine wichtige Rolle. Entlang der Produktkette der Erneuerbaren muss zum Beispiel zur Herstellung von Windrädern und Photovoltaikanlagen oder zur Ernte von Biomasse Energie eingesetzt werden. Die energetische Amortisation ist erreicht, wenn eine Anlage so viel Energie produziert hat, wie zuvor in Herstellung und Betrieb geflossen sind. Fossile Kraftwerke er-

fahren nur eine wirtschaftliche Amortisation, weil durch die Ressourcenverluste immer mehr Primärenergie zugeführt werden muss, als Strom produziert werden kann.

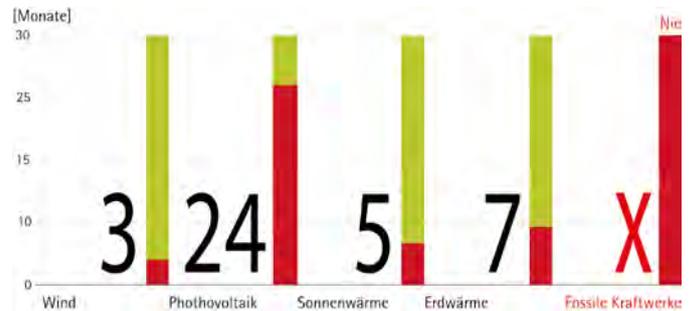


ABBILDUNG 128: Energetische Amortisation erneuerbarer Energien
Quelle: Agentur für erneuerbare Energie: www.unendlich-viel-energie.de

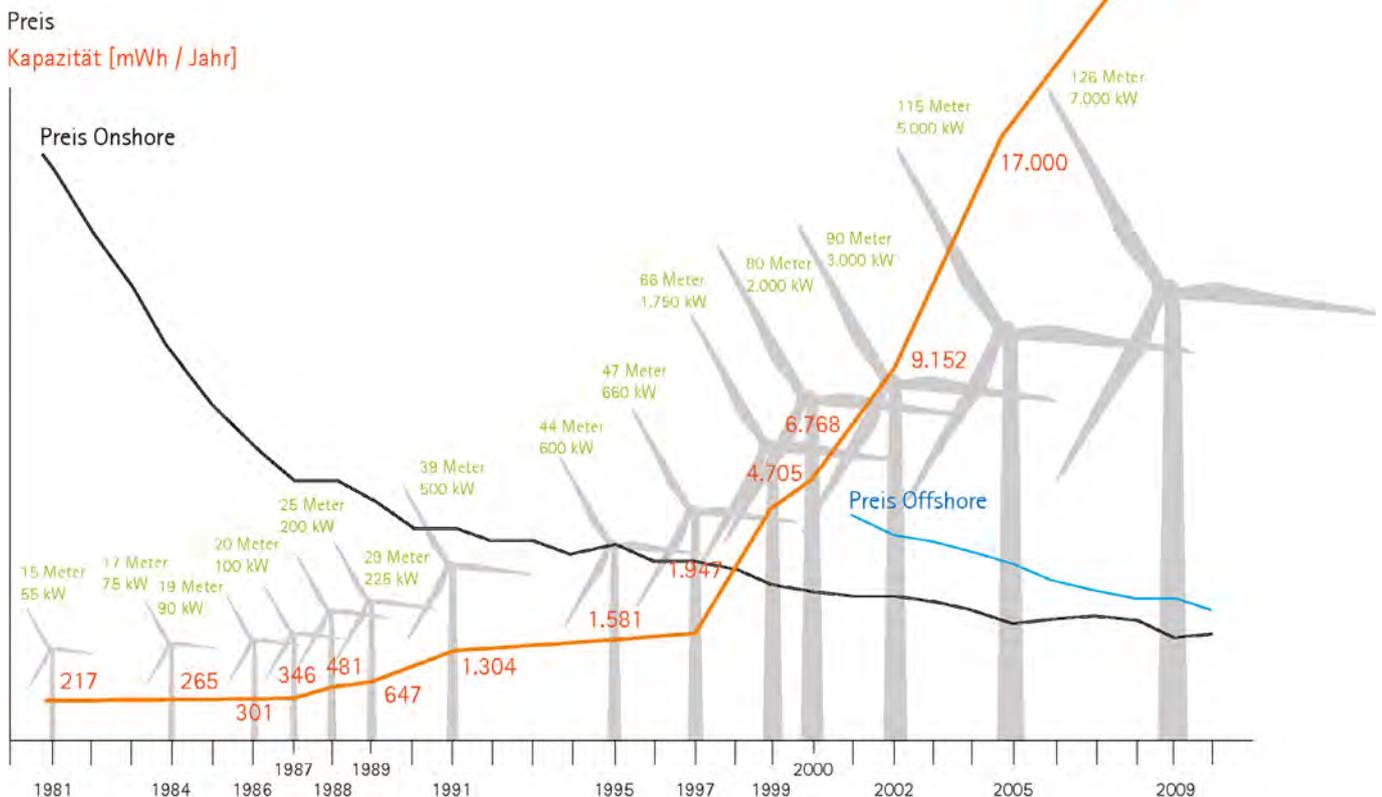


ABBILDUNG 127: Windturbinen werden größer und effizienter, die Stromgestehungskosten sinken. - QUELLE: European Climate Foundation

Weiter mit: „2.4 Kosten der militärischen Energiesicherung“ K: 3, S: 57

PRÄSENTATION 66: Strompreis, Kosten und Förderung erneuerbarer Energie (4 Folien)

1.3.3 Kosten für die Förderung erneuerbarer Energien

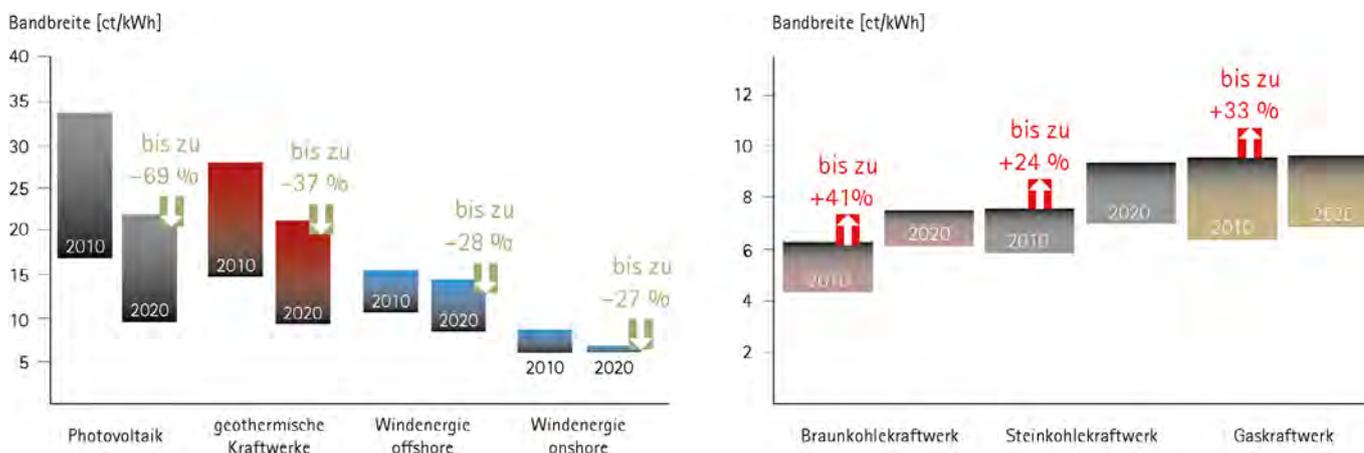


ABBILDUNG 129: Entwicklung der Stromgestehungskosten erneuerbarer und fossiler Energien

QUELLE: Agentur für erneuerbare Energie: www.unendlich-viel-energie.de

Die Kosten für die Nutzung erneuerbarer Energien werden langfristig sinken, doch solange die fossilen Energien und Atomkraftwerke weit höher subventioniert werden als die Erneuerbaren, sind Förderungen, wie die gesicherte Abnahme von Ökostrom zu festgelegten Preisen (im Ökostromgesetz geregelt), Voraussetzung. Das Geld für diese Förderungen kommt direkt vom Verbraucher. Die Kosten fossiler und nuklearer Energien hingegen

sind unberechenbar. Versteckte Kosten in Form von Umwelt- und Gesundheitsschäden sowie Ausgaben für die militärische Energiesicherheit sind in den Energiepreisen nicht enthalten. Der steigende Energiebedarf und die weltweit knapper werdenden Reserven werden die Gefahr von Konflikten zunehmend verstärken.

ARBEITSAUFTRAG 11: Der Umstieg auf Biomasse ist eine sichere Geldanlage



4. KAPITEL: ENERGIEZUKUNFT ERNEUERBARE ENERGIE

Biogene Energieträger

2 BIOGENE ENERGIETRÄGER

2.1 Biogene Energieträger stellen sich vor

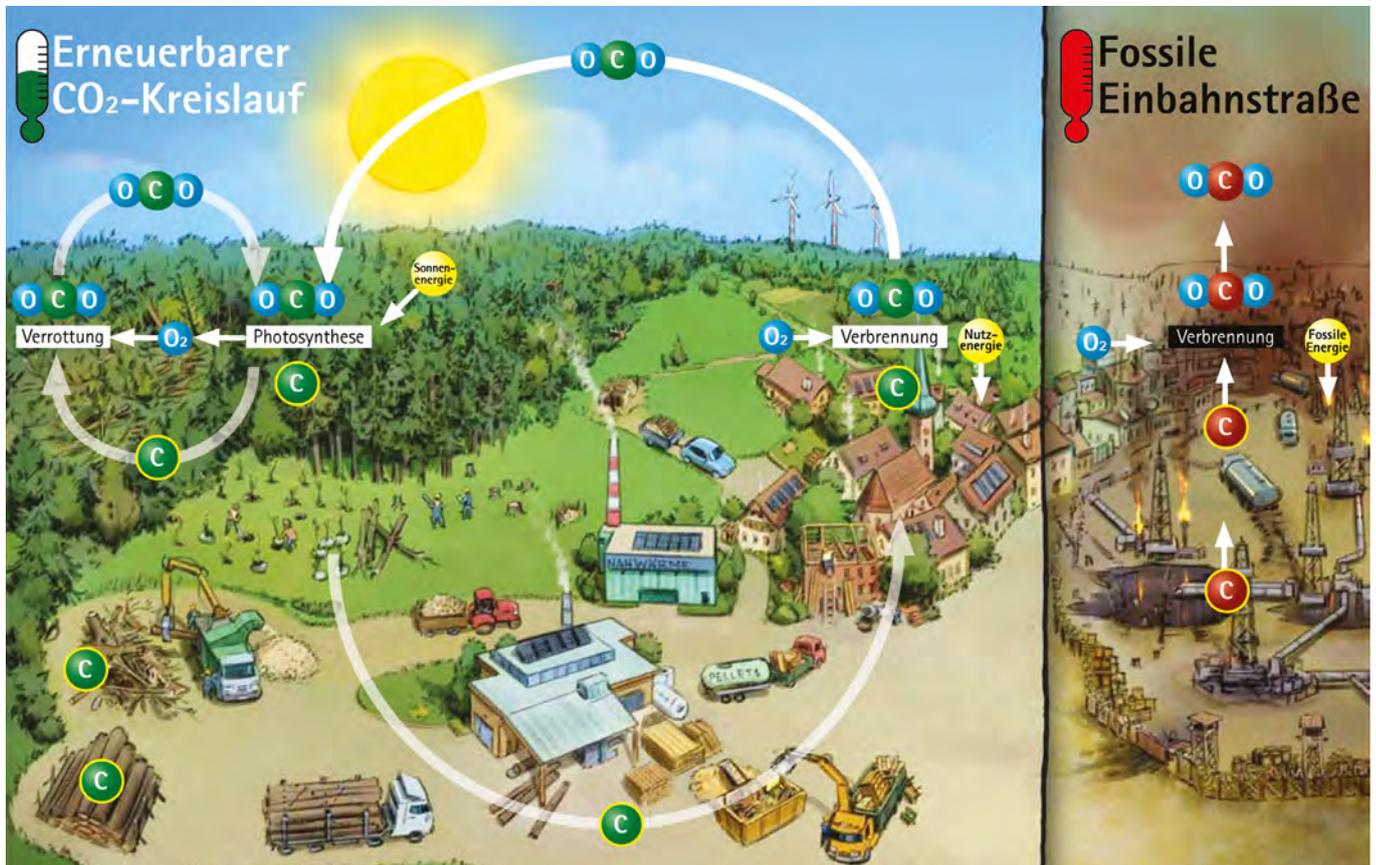


ABBILDUNG 130: Erneuerbarer Kreislauf versus fossile Einbahnstraße - BILD: Österreichischer Biomasse-Verband

Unter dem Begriff Biomasse versteht man alle organischen Stoffe biogener, nicht fossiler Art. Der Begriff Biomasse umfasst die in der Natur lebende und wachsende Materie und die daraus entstehenden Abfallstoffe sowohl von lebender als auch abgestorbener organischer Masse. Als Bioenergie bezeichnet man die aus Biomasse gewonnene Energie. Biomasse ist gespeicherte Sonnenenergie in Form von Energiepflanzen, Holz oder Reststoffen, wie z. B. Stroh, Biomüll oder Gülle. Bioenergie ist unter den erneuerbaren Energieträgern der vielseitigste: Wärme, Strom und Treibstoffe können aus fester, flüssiger und gasförmiger Biomasse gewonnen werden. In Österreich stammt ein Großteil der für Bioenergie eingesetzten Biomasse aus dem Wald und der Holzindustrie, der Rest kommt aus der Landwirtschaft und der Abfallwirtschaft.

Biomasse wird durch die Photosynthese erzeugt, bei der Kohlendioxid mit Hilfe von Sonnenenergie in Kohlenstoffketten umgewandelt wird. Beim energetischen Einsatz von Biomasse wird die gespeicherte Sonnenenergie wieder nutzbar, und der Kohlenstoff gelangt in Form von CO₂ zurück in die Atmosphäre. Verrottet die Biomasse, kann die darin gespeicherte Energie vom Menschen nicht genutzt werden, es gelangt aber dieselbe Men-

ge CO₂ in die Atmosphäre wie bei der energetischen Verwertung. In beiden Fällen spricht man von einem geschlossenen Kohlenstoffkreislauf. Durch die Nutzung von Bioenergie können fossile Energieträger ersetzt werden, was sich positiv auf das Klima auswirkt. Zur Produktion von Bioenergie sind Hilfsstoffe nötig, die, solange unser Wirtschaftssystem nicht vollständig auf erneuerbare Energien umgestellt ist, teils auch auf fossilen Rohstoffen beruhen (Maschinen, Treibstoffe, Düngemittel). Um den positiven Effekt von Bioenergie sicherzustellen, werden etwa



ABBILDUNG 131: Kohlenstoff im Kreislauf oder Einbahnstraße fossile Brennstoffe - QUELLE: Österreichischer Biomasse-Verband

bei der Biotreibstoffproduktion genaue Lebenszyklusanalysen durchgeführt. Trotz des Einsatzes von fossilen Rohstoffen für die Produktion können mit heimischen Biotreibstoffen im Vergleich zu fossilen Treibstoffen bis zu 90% der Treibhausgas-Emissionen eingespart werden. Die EU-Politik gibt strenge Richtlinien dafür vor, wie hoch die Mindesteinsparungen an CO₂ bei Biotreibstoffen sein müssen.

Mehr als 17% des österreichischen Bruttoinlandsenergieverbrauchs wurden im Jahr 2013 durch Biomasse abgedeckt. In Österreich wird Biomasse vorwiegend in Form von Holz genutzt. Fast 50% des inländischen Energieverbrauchs von erneuerbaren Energieträgern basieren auf Holzrohstoffen. Dazu zählen Scheitholz, Waldhackgut, Industrierestholz und Holzpellets. Die in der Biomasse gespeicherte Sonnenenergie kann in vielfältiger Form genutzt werden – zur Wärmeherzeugung, zur Herstellung von Biokraftstoffen oder zur Stromerzeugung. Mit einem Anteil von etwa 80% dominiert eindeutig die Wärmenutzung.

Das Heizen mit Holz spielt in Österreich eine große Rolle: Die Bandbreite reicht hier von Einzelöfen und automatischen Kleinfeuerungen (Pellets, Hackschnitzel, Scheitholz) über Kachelöfen bis zu Heizwerken, die einzelne Gebäude oder ganze Nah- bzw. Fernwärmenetze speisen. Die in der Papier- und Zellstoffindustrie als Nebenprodukt anfallenden Ablaugen stellen ebenfalls einen erneuerbaren Bio-Energieträger dar. Mehr als zwei Drittel der Biomasse werden im Niedertemperaturbereich, also vornehmlich zur Erzeugung von Raumwärme, genutzt. Die bei der Verbrennung von Biomasse entstehende Wärme kann darüber hinaus verwendet werden, um Dampf zu erzeugen, der eine Turbine zur Stromerzeugung antreibt. Neben dieser Technik gibt es verschiedene andere Verfahren der Elektrizitätserzeugung aus Biomasse (ORC-Prozess, Stirlingmotor, Holzvergasung).

Weiter mit: „4.2 Das Modell ökologischer Rucksack“ K: 5, S: 188

Weiter mit: „2.4.3 Berechnung der Treibhausgaseinsparung bei Biotreibstoffen“ K: 4, S: 101

Weiter mit: „1.1 Erneuerbare Energieträger – Bedeutung und Potenzial“ K: 4, S: 74

2.1.1 Biogene Energieträger im Überblick

	fest			flüssig				gasförmig
	SCHEITHOLZ	HACKSCHNITZEL	PELLETS	BIODIESEL	PFLANZENÖL	BIOETHANOL	3. GENERATION	BIOGAS
	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	✗	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✓
	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
[kWh/kg]	4	3,7	4,6	10,3	10,3	7,5	6,5	13,9

ABBILDUNG 132: Biogene Energieträger stellen sich vor (grün = geeignet, orange = bedingt geeignet, rot = nicht geeignet)

QUELLE: Österreichischer Biomasse-Verband

PRÄSENTATION 67: Bioenergie im Überblick (13 Folien)

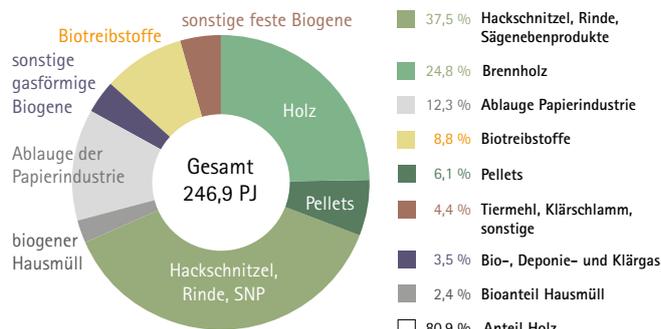


ABBILDUNG 133: Bruttoinlandsbedarf Österreichs für Bioenergie 2012

QUELLE: Statistik Austria

Biogas wird mittels Gasmotoren ebenfalls zur Stromerzeugung herangezogen. Das veredelte Biogas kann darüber hinaus in das Erdgasnetz eingespeist werden. Damit stehen Biogas die selben Verwendungs- und vor allem Verteilungsoptionen wie seinem fossilen Verwandten Erdgas offen. Über eine Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) kann bei allen diesen Prozessen Wärme und Strom genutzt werden. Im Jahr 2012 wurde in Österreich aus Biomasse mehr Strom erzeugt als aus Wind-, Photovoltaik- und Geothermie zusammen.

Zu Biokraftstoffen zählen kalt gepresste Pflanzenöle, Biodiesel (Fettsäuremethylester) und Bioethanol-Kraftstoffe. Für die Dieselproduktion werden vorrangig Raps und Sonnenblume genutzt, die Alkoholerzeugung basiert meist auf Getreide, Mais oder Zuckerrüben. Auch Biogas kann zur Treibstoffproduktion herangezogen werden. Durch Aufbereitung des Biogases auf Erdgasqualität wird ein Einsatz in gasbetriebenen Fahrzeugen möglich.



4. KAPITEL: ENERGIEZUKUNFT ERNEUERBARE ENERGIE

Biogene Energieträger



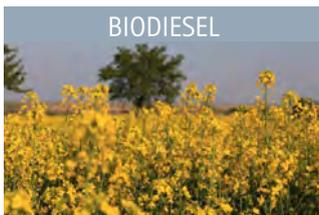
SCHEITHOLZ

Brennholz wird als ein Meter langes Scheitholz oder zerkleinert als „ofenfertiges Stückholz“ in 25, 33 oder 50 cm Länge angeboten und zugestellt. Brennholz wird üblicherweise in Raummetern (rm) gehandelt. Der Wassergehalt sollte 20 % nicht übersteigen; dies bedingt jedoch eine Lagerzeit von mindestens zwei Jahren.



PELLETS

Holzpellets sind genormte zylindrische Presslinge aus trockenem, naturbelassenem Restholz (Säge- und Hobelspane) mit einem Durchmesser von vier bis zehn Millimetern und einer Länge von zehn bis 50 mm. Sie werden ohne chemische Zusätze und nur mit natürlichen Stoffen als Bindemittel unter mechanischem Druck geformt. Holzpellets werden in Kilogramm angeboten.



BIODIESEL

Die Erzeugung von Biodiesel erfolgt durch Auspressen oder Extrahieren des in der Ölsaat (z.B. Raps, Sonnenblumen) enthaltenen Öles. Der Presskuchen bzw. Extraktionsschrot kann als Eiweißfuttermittel eingesetzt werden. Das gereinigte Pflanzenöl oder Altspeiseöl wird anschließend zu Biodiesel verestert. Die aktuell gültige Beimischung von etwa 7 % Biodiesel zum fossilen Diesel ist für alle Fahrzeuge ohne Adaptierung des Motors möglich und in Österreich gängige Praxis. Biodiesel in Reinverwendung kommt derzeit vorwiegend im Transportwesen (Lkw- und Busflotten) zum Einsatz.



BIOGAS

Biomethan entsteht bei der anaeroben Vergärung (unter Luftabschluss) landwirtschaftlicher Biomasse oder biogener Rest- und Abfallstoffe. Das daraus erzeugte Gas besteht zu etwa 60% aus Methan (CH_4). Durch die Reinigung des Biogases, bei der im Wesentlichen Kohlendioxid (CO_2), Schwefelwasserstoff (H_2S) und Wasser entfernt werden, kann der Methangehalt auf fast 100 % angehoben werden. Das so gewonnene Biomethan hat dann Erdgasqualität und kann in Gasfahrzeugen als Treibstoff eingesetzt werden. Zwar kann hier die höchste Kilometerausbeute pro Hektar Ackerland erreicht werden, es fallen jedoch keine Futtermittel als Nebenprodukte an. Dafür können die Gärreste als Düngemittel eingesetzt werden.



HACKSCHNITZEL

Hackgut ist maschinell zerkleinertes Holz und wird üblicherweise in Schüttraummetern (Srm) gehandelt. Feinhackgut mit Stückgrößen von etwa drei Zentimetern eignet sich für Kleinanlagen mit automatischem Betrieb. Hochwertiges Brennmaterial sollte nach Gewicht und garantiertem Wassergehalt (entscheidendes Qualitätskriterium!) verkauft und übernommen werden.



PFLANZENÖL

Die Verwendung von reinem Pflanzenöl als Kraftstoff hat derzeit nur in Nischen Bedeutung. Im agrarischen Produktionskreislauf stellt Pflanzenöl, insbesondere, wenn der anfallende Presskuchen in der Region verfüttert werden kann, eine sinnvolle Alternative dar. Vor allem in ökologisch sensiblen Gebieten (Wasserschutzgebiete, Skipisten, Forstbereich) können sich in Zukunft verstärkt Einsatzmöglichkeiten für mit Pflanzenöl betriebene Maschinen auf tun.



BIOETHANOL

Bioethanol ist hochwertiger, reiner Alkohol. Ausgangsprodukte sind stärke- und zuckerhaltige Rohstoffe. Aus Getreide, Mais oder Zuckerrübenrandsaft (bzw. Mischungen davon) wird eine Maische hergestellt und durch Vergärung Alkohol produziert. Das so erzeugte Bioethanol wird derzeit mit einem Anteil von rund 5 % dem fossilen Benzin-Kraftstoff beigemischt. Mittels Trocknung der destillierten Maische wird als Nebenprodukt ein hochwertiges Eiweißfuttermittel erzeugt, durch das rund ein Drittel der derzeitigen Sojaschrotimporte ersetzt werden kann.



2. und 3. GENERATION

Biotreibstoffe der 2. Generation werden aus Nebenprodukten der Land- und Forstwirtschaft, z.B. Stroh oder Holzabfällen, gewonnen. Sie stehen somit – außer in der Anbaufläche – in keiner Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion. Zur 3. Generation gehören flüssige oder gasförmige Treibstoffe, die sich aus fester Biomasse über den Weg der thermischen Vergasung, durch Biomasse-Verflüchtungsverfahren oder über die Ethanolherzeugung mittels thermischer oder enzymatischer Verfahren herstellen lassen. Dafür können alle Formen zellulosehaltiger Biomasse verwendet werden. Forschungs- und Demonstrationsanlagen sind im Probebetrieb, kommerzielle Großanlagen gibt es bis dato keine.

Weiter mit: „3.4 Energiegehalt verschiedener Brennstoffe“ K: 2, S: 42



2.1.2 Verschiedene Wege der Biomassenutzung

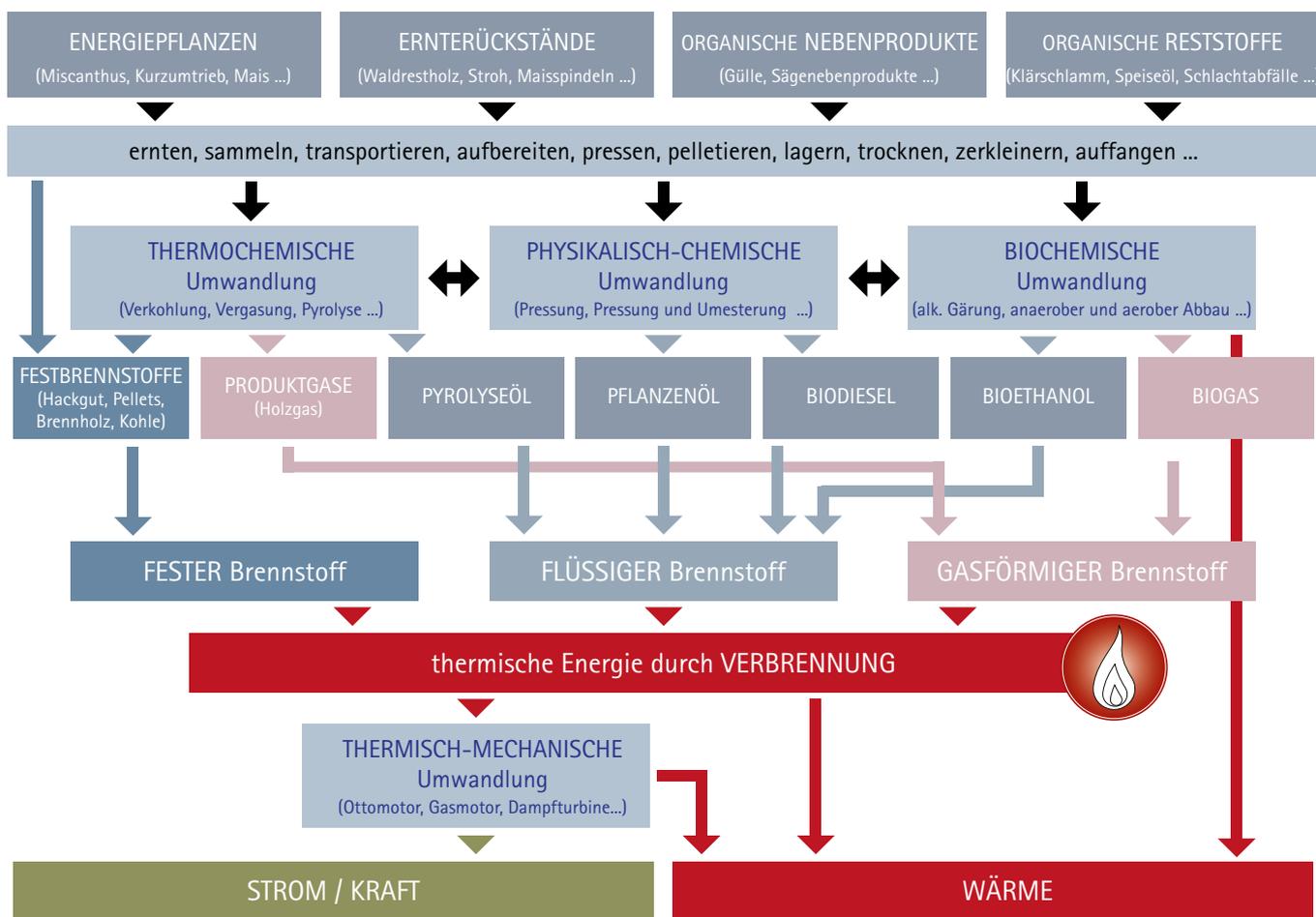


ABBILDUNG 134: Verschiedene Wege der Biomassenutzung - QUELLE: Kaltschmitt, vereinfachte Darstellung

Bei der thermo-chemischen Umwandlung werden durch Vergasung, Pyrolyse und Verkohlung feste Energieträger unter Einfluss von Wärme in feste, flüssige und/oder gasförmige Sekundärenergieträger umgewandelt. Ziel einer solchen Umwandlung ist es, sowohl gut transportfähige Zwischenprodukte mit hoher Energiedichte als auch Energieträger mit konkreten Eigenschaften zu erhalten. Die Verkohlung von fester Biomasse ist eine thermo-chemische Umwandlung mit einer möglichst hohen Ausbeute an Holzkohle. Die dazu erforderliche Energie wird hier häufig durch eine Teilverbrennung des Rohstoffs gewonnen. Die daraus gewonnene verkohlte Biomasse kann zur Wärmebereitstellung eingesetzt werden. Alternativ ist auch eine stoffliche Nutzung möglich (z. B. Aktivkohle).

Zu den physikalisch-chemischen Umwandlungen zählen alle auf Pflanzenöl (Rapssaat, Sonnenblumensaat) basierenden Möglichkeiten. Das Öl der jeweiligen Saat wird durch ein mechanisches Auspressen gewonnen. Alternativ wird der Saat der Ölinhalt

mittels eines Lösungsmittels entzogen. Öl und Lösungsmittel werden durch Destillation wieder voneinander getrennt. Der Feststoff, der dabei übrig bleibt, wird als Futtermittel verwendet. Das gewonnene Öl kann in bestimmten Dieselmotoren und in Heizkraftwerken als Treib- oder Brennstoff zur Energiegewinnung genutzt werden.

Bei den bio-chemischen Veredelungsverfahren erfolgt die Umwandlung der Biomasse über biologische Prozesse. Zucker-, stärke- und zellulosehaltige Biomasse kann mithilfe von Hefe durch Gärung in Ethanol umgewandelt werden. Anschließend wird das Ethanol durch eine Destillation aus der Maische abgetrennt und durch eine Absolutierung in Reinform gewonnen. Dann kann es in Ottomotoren der Verbrennungsanlagen als Treib- und Brennstoff eingesetzt werden. Eine andere Möglichkeit ist die Aufbereitung des Ethanols auf Erdgasqualität, um es ins Erdgasnetz einzuspeisen. Sehr vielversprechend ist hierbei der Einsatz in Erdgasfahrzeugen.

2.2 Der Wald: Quelle für nachhaltigen Rohstoff und Energie



„Kein Forst ohne Kultur – Keine Kultur ohne Forst.“

Die Waldeigentümer und Waldbewirtschafter tragen seit jeher große Verantwortung bei der Optimierung aller Waldwirkungen. Die multifunktionale Waldbewirtschaftung, wie sie in Österreich seit langem betrieben wird, gilt international als vorbildhaft. Nachhaltige Waldbewirtschaftung über die Jahrhunderte ist der mit Abstand wichtigste Beitrag zum Erhalt des Waldes und die Grundlage einer zukunftsfähigen Energieversorgung.

” Leitspruch an der Fassade der Forstschule Bruck an der Mur “

ABBILDUNG 135: Leitspruch an der Fassade der Forstschule Bruck an der Mur – BILD: Forstschule Bruck an der Mur

Etwa die Hälfte der österreichischen Staatsfläche ist Wald; das war nicht immer so. Vor der industriellen Revolution war der Wald der zentrale Lieferant für Baumaterial und Brennholz. Mit Beginn der Industrialisierung explodierte der Brennstoffbedarf in der Eisenverarbeitung und in unseren Städten; die Folge war eine großflächige Abholzung unserer Wälder. Der Tiefpunkt war zu Beginn des 19. Jahrhunderts erreicht, der Holzvorrat ging zur Neige. Nur sehr wenige heimische Waldgebiete wurden in dieser Zeit nicht abgeholzt, wie etwa der Rothwald in den Niederösterreichischen Kalkalpen, mit einer Größe von 40 km². Die Menschen hatten Raubbau an der Natur betrieben, die Ressource Holz war praktisch erschöpft. Dies war die Geburtsstunde des Forstgesetzes, in dem die nachhaltige Bewirtschaftung unseres

Waldes – bei der, vereinfacht dargestellt, nur soviel Holz aus dem Wald entnommen werden darf wie auch zuwächst – verbindlich festgelegt wurde. Man begann den Wald aufzuforsten: die Waldfläche und der Holzvorrat nahmen bis heute kontinuierlich zu. Das bestätigt auch die Waldinventur, die seit mehr als 50 Jahren über den Zustand unseres Waldes akribisch Buch führt. In Österreich werden derzeit etwa 75% des jährlichen Holzzuwachses geerntet. Die Waldfläche nimmt jedes Jahr um etwa 4.300 Hektar zu. Der Vorrat in den heimischen Wäldern liegt laut Waldinventur 2007/09 bei 1,135 Milliarden Kubikmeter Holz und nimmt jährlich um über 10 Millionen Kubikmeter zu. Selbst wenn der Wald zu wachsen aufhören würde, wäre der Brenn- und Werkstoffbedarf für ein halbes Jahrhundert gesichert.

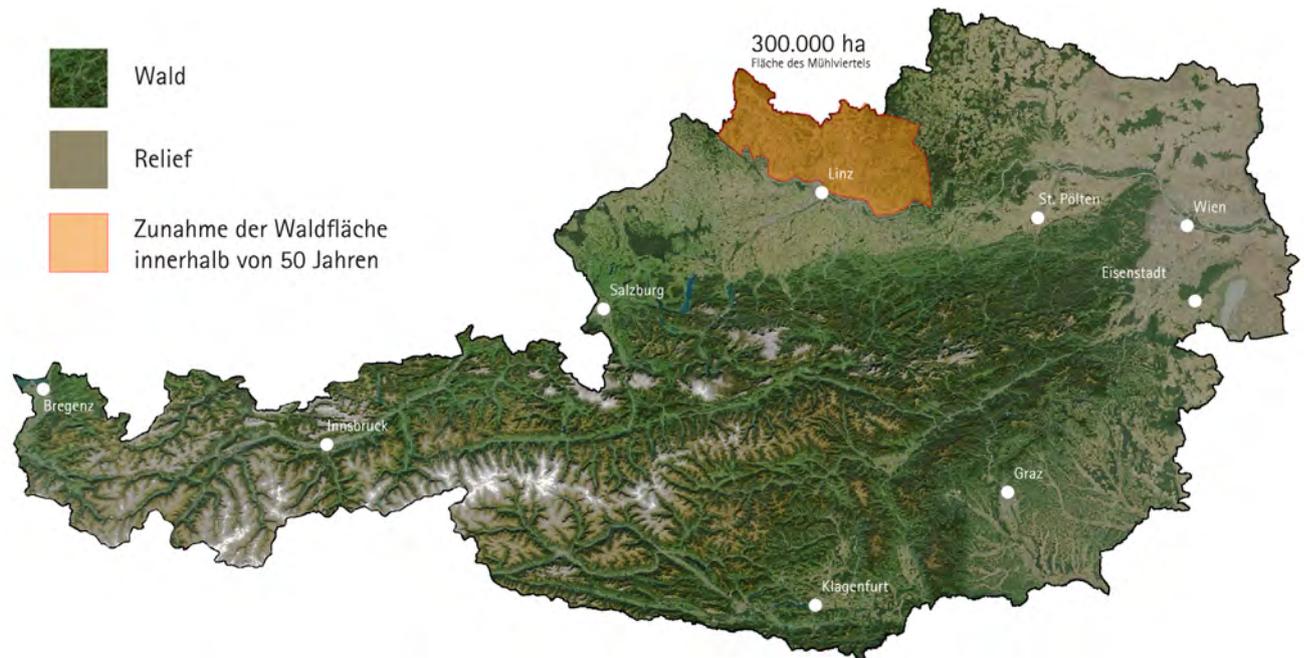


ABBILDUNG 136: Waldgebiete in Österreich und die Zunahme der Waldfläche in 50 Jahren – QUELLE: FHP Kooperationsplattform Forst Holz Papier; – BILD: NASA

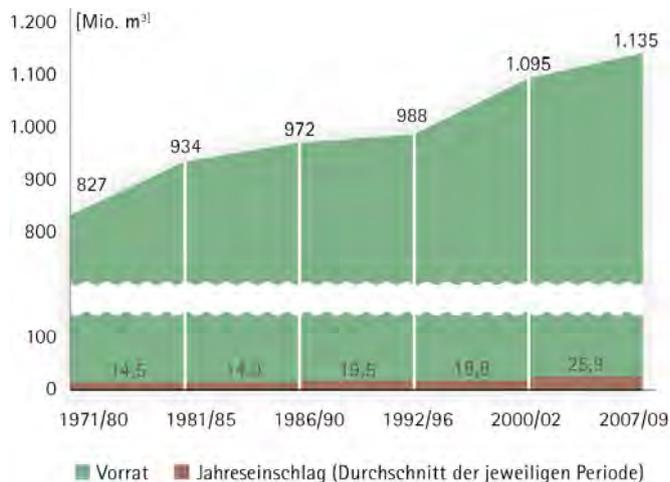


ABBILDUNG 137: Kennzahlen (links) sowie Holzvorrat und jährlicher Holzeinschlag im österreichischen Wald

QUELLE: HEM Waldinventur, Land & Forst Betriebe Österreich - BILD: Österreichischer Biomasse-Verband

! „Die ‚nachhaltige Bewirtschaftung‘ ist bei den heimischen Land- und Forstwirtschaftsbetrieben seit Jahrhunderten ein wichtiger Grundsatz. Das Nachhaltigkeitsprinzip entstand in der Forstwirtschaft. 1713 formulierte der sächsische Oberberghauptmann Hans Carl von Carlowitz aufgrund der Bedrohung der Waldvernichtung den Begriff „Nachhaltigkeit“. Diese sollte bei der Bewirtschaftung eines Waldes gewährleisten, dass immer nur so viel Holz entnommen wurde, wie nachwachsen konnte, und dass der Wald nie zur Gänze abgeholzt wurde. Heute ist für Waldbesitzer und Forstbewirtschaftler das Verständnis nachhaltiger Bewirtschaftung mehr als das bloße Pflanzen und Ernten von Bäumen. Es ist ein achtsamer und sorgfältiger Umgang mit dem Ökosystem Wald. Lebende Pflanzen und Tiere, lebendiger Boden und natürlich die sozialen Strukturen der Familien, die vom Wald leben, stehen im Fokus der Betrachtung. Um einen Wald produktiv zu bewirtschaften, der von der Gesellschaft geschätzt wird sowie die Lebensgrundlage für viele Familien sichert, ist das Denken in Generationen wesentlich.“

VIDEO 10: Interview mit dem Erfinder der Nachhaltigkeit (4 min Audio)



2.2.1 Die Funktionen des Waldes

Das Forstgesetz wurde immer weiterentwickelt, und so spricht man heute von der multifunktionalen Waldwirtschaft mit vier Kernfunktionen: Durch die Nutzfunktion werden in der österreichischen Forst- und Holzwirtschaft etwa 300.000 Einkommen gesichert und ein Umsatz von etwa 10 Milliarden Euro wird erwirtschaftet. Österreich zählt aufgrund seiner starken Holzindustrie zu den größten Holzimporteuren Europas. Heimisches und importiertes Holz wird in Österreich weiterverarbeitet und als hochwertiges Produkt (Schnittholz, Leimbinder, Furnier etc.) exportiert. Zehn von 100 Einkommensbeziehern in Österreich arbeiten mit dem Wert- und Werkstoff Holz. 2011 konnte ein Exportüberschuss von 3,5 Mrd. Euro erwirtschaftet werden. Nach dem Tourismus ist die Branche der wichtigste Devisenbringer. Fast 9% der heimischen Güterexporte stammen aus der Forst- und Holzwirtschaft.



ABBILDUNG 138: 10 von 100 Österreichern arbeiten mit dem Wert-/Werkstoff Holz - QUELLE: FHP Kooperationsplattform Forst Holz Papier

Der Wald nimmt auch eine wichtige Schutzfunktion vor Naturgefahren ein. Ein gepflegter und stabiler Wald ist der beste und effektivste Schutz gegen Lawinen und Hochwasser, Hangrutsch oder Muren, da er diese Naturgefahren schon in ihrer Entstehung verhindern kann. Wald speichert Regenwasser im Boden, reduziert die Abflussgeschwindigkeit und verhindert das

Abrutschen von Lawinen. Rund 5,5 Millionen Menschen oder zwei Drittel der Bevölkerung leben unter dem direkten Schutz des Waldes. 820.000 Hektar und damit etwa 21% des Waldes sind Schutzwald, 8.000 Hektar sind ausgewiesener Bannwald. Diese Wälder müssen permanent gepflegt werden, damit sie ihre Schutzfunktion optimal erfüllen können.

4. KAPITEL: ENERGIEZUKUNFT ERNEUERBARE ENERGIE

Biogene Energieträger

Durchschnittlich besuchen die Österreicherinnen und Österreicher den Wald rund 30 Mal im Jahr zu Erholungszwecken. Dies ergibt im Schnitt 220 Millionen Waldbesuche. Dazu kommen jährlich 2,5 Millionen Gäste aus dem Ausland. Dafür werden 75.000 Kilometer markierte Freizeitwege angeboten. Neben der Erholungsfunktion ist die Wohlfahrtsfunktion des Waldes nicht zu vernachlässigen. Denn der Wald bindet mit seinen Bäumen und anderen Pflanzen beim Wachstum Kohlendioxid aus der Luft. Durch langfristige Holzverwendung, beispielsweise in der Bauwirtschaft, werden rund zwei Millionen Tonnen Kohlenstoff jährlich gebunden. Gleichzeitig verdunstet der Wald bis zu 8.000 Kubikmeter Wasser je Hektar und Jahr – Wasser, das im Waldboden gespeichert wurde und zum anderen Teil als frisches Quellwasser eine wertvolle Ressource darstellt. Nadeln und Blätter der Waldbäume filtern Staub aus der Luft. Dadurch wird die Qualität unserer Umwelt verbessert.

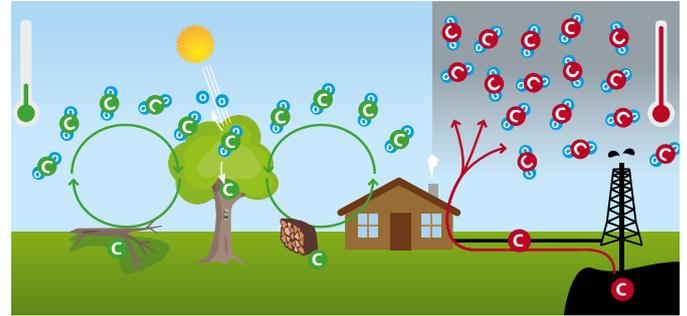


ABBILDUNG 139: Biomasse-CO₂-Kreislauf versus fossile Einbahnstraße schematisch - QUELLE: ÖBMV

VIDEO 12: Wertvoll bis zum kleinsten Span (5 min)

! Unser Wald soll vieles leisten und muss daher kompetent und verantwortungsvoll gepflegt und bewirtschaftet werden. Wie in der Natur garantieren vielfältige Waldgesellschaften auch bei der Bewirtschaftung Stabilität und Nachhaltigkeit. 145.000 Waldbesitzer, 1.500 traditionsreiche Forstbetriebe, über 2.000 ausgebildete Forstmeister und Förster sowie 5.800 Fachkräfte und in allen Bundesländern eingerichtete Forstbehörden sind Garanten für eine nachhaltige Bewirtschaftung.

2.2.2 Stoffliche und energetische Holznutzung

Beinahe 100% des auf den Markt gebrachten Holzes werden, nach unterschiedlichem Durchlauf durch die Wertschöpfungskette, energetisch genutzt. Am Ende der Nutzungskaskade von Holz steht fast immer die energetische Verwertung. Die Verweildauer im Markt variiert aber sehr stark. Extrembeispiele sind der sehr kurze Verwertungsweg von geringwertigem Ver-

packungsholz oder Hygienepapieren gegenüber der sehr langen Nutzungsdauer hochwertiger Holzbauten. Jeder gefällte Baum wird entsprechend den Marktwerten in die drei Hauptsortimente Sägerundholz, Industrierholz und Energieholz aufgetrennt. Feine Äste und Nadeln, die viele Nährstoffe enthalten, bleiben in der Regel im Wald. Sowohl bei der Holzernte als auch bei der

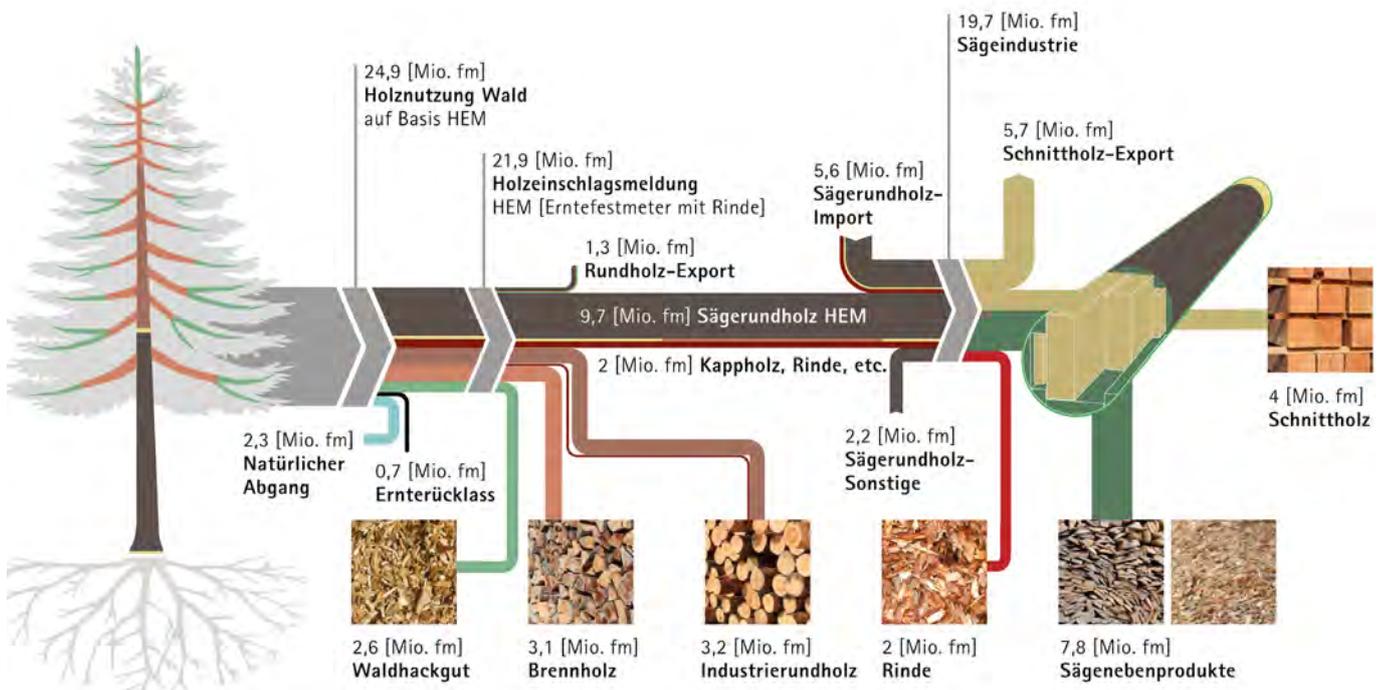


ABBILDUNG 140: Holzprodukte im Wald und ihre Weiterverarbeitung, Hauptprodukte und Nebenprodukte in der Sägeindustrie
 QUELLE: Landwirtschaftskammer Österreich - BILD: Johann Pabst Holzindustrie, Österreichischer Biomasse-Verband, Fischer Holz, Hermann Keller



ABBILDUNG 141: Holzeinschlag um 1900 - BILD: Charles Kerry



ABBILDUNG 142: Holzeinschlag und Holzbringung heute - BILD: Hajotthu

Weiterverarbeitung der Stämme fallen Koppelprodukte an, die energetisch und stofflich verwertet werden. Die bestmögliche Ausformung der höher bewerteten Sortimente sowie die Möglichkeiten zur Verwertung der als Koppelprodukte anfallenden geringerwertigen Sortimente bestimmen den Ertrag, den ein Forstwirt erzielen kann. Geht die Nachfrage nach Sägerundholz infolge negativer Konjunkturlagen stark zurück, ergeben sich auch bei allen Neben- und Koppelprodukten deutliche Mengenverschiebungen, die im komplexen Holzmarktgefüge zu unvorhergesehenen Verwerfungen führen können. Anders ausgedrückt: der Motor der Holznutzung ist die Sägeindustrie.

Prinzipiell werden zwei Arbeitsgänge in der Holzernte unterschieden. Unter dem Holzeinschlag versteht man das Fällen der Bäume, die Aufarbeitung der Stämme sowie das Entrinden und das Abtrennen der Äste. Rinde und Äste können zu Hackschnitzel verarbeitet werden. Die Holzbringung bezeichnet die Arbeitsschritte, die zum Abtransport des geernteten Holzes notwendig sind. Holzeinschlag und Holzbringung erfolgen aus Gründen der Sicherheit und des optimierten Arbeitsablaufes meist zeitlich

getrennt. Früher wurde die Holzernte aufwändig durch den Einsatz menschlicher und tierischer Arbeitskraft vollzogen; heute erfolgt sie mit hochmodernen forstwirtschaftlichen Maschinen auf sehr effizientem Weg.

Bei der Holzernte werden die für die Holzindustrie relevanten Teile (dicke Stammteile als Sägerundholz, dünne als Industrieholz) abtransportiert. Starke Äste werden als Brennholz gehandelt und dementsprechend in handelsübliche Formate gebracht und getrocknet. Nebenprodukte in der Sägeindustrie (SNP) werden zu Hackschnitzel, Pellets und Brickets veredelt. Das gewonnene Schnittholz wird in der Holz verarbeitenden Industrie zu Holzprodukten weiterverarbeitet.

Hat ein Holzprodukt das Ende seiner Lebensdauer erreicht, wird es energetisch verwertet. In Österreich wird etwa ein Viertel des jährlichen Holzzuwachses nicht genutzt. Dass dem nicht immer so war, zeigen historische Aufnahmen der Gemeinde Aspang in Niederösterreich: Um 1900 wurden große Teile des Holzzuwachses genutzt, während 2000 ein deutlicher Zuwachs zu erkennen ist.

VIDEO 9: Wood is good! Wood, nature's stroke of genius, the Danish Wood Initiative (2 min)

VIDEO 13: Das kann Holz (4 min)

TEXT 50: Kaskadische Holznutzung (3 Seiten)

LINK: Energiefernsehen www.energiefernsehen.de

1900



ABBILDUNG 143: Aspang, Niederösterreich, um 1900 - BILD: Copyright Schneider

2001



ABBILDUNG 144: Aspang, Niederösterreich, in 2001 - BILD: Copyright Schneider



4. KAPITEL: ENERGIEZUKUNFT ERNEUERBARE ENERGIE

Biogene Energieträger

Für den Einsatz als Brennstoff wird das Energieholz getrocknet und in marktgängige Größen zersägt. Traditionell wird Brennholz in Volumenmaßen gehandelt. Ein Festmeter Holz [fm] entspricht einem Kubikmeter Holzmasse ohne Zwischenräume, er wird vor dem Spalten aus Stammlänge und Durchmesser errechnet. Ein

Raummeter [rm] entspricht etwa 0,7 fm, bei einem Volumen von einem Kubikmeter, der aus 1 Meter langen Holzscheiten aufgestapelt ist. Hackgut und veredelte Sägenebenprodukte werden in Schüttraummeter [srm] gehandelt; ein srm hat ein Volumen von einem Kubikmeter und entspricht etwa 0,4 fm Holz.

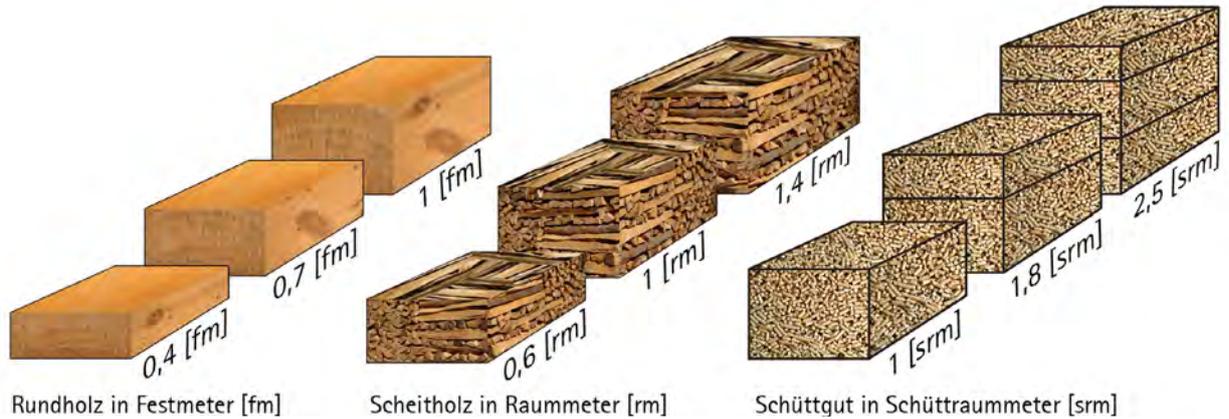


ABBILDUNG 145: Volumenmaße Holz - QUELLE: Biomassehof Steiermark

Holzpellets werden in Österreich in der Regel aus Säge- und Hobelspänen hergestellt. Die meisten Produktionsanlagen befinden sich am Standort großer Sägewerke. Seit den 1990er-Jahren werden in Österreich Holzpellets produziert; 2014 bereits an 34 Standorten, die mittlerweile eine Produktionskapazität von mehr als 1,4 Millionen Tonnen pro Jahr aufweisen.

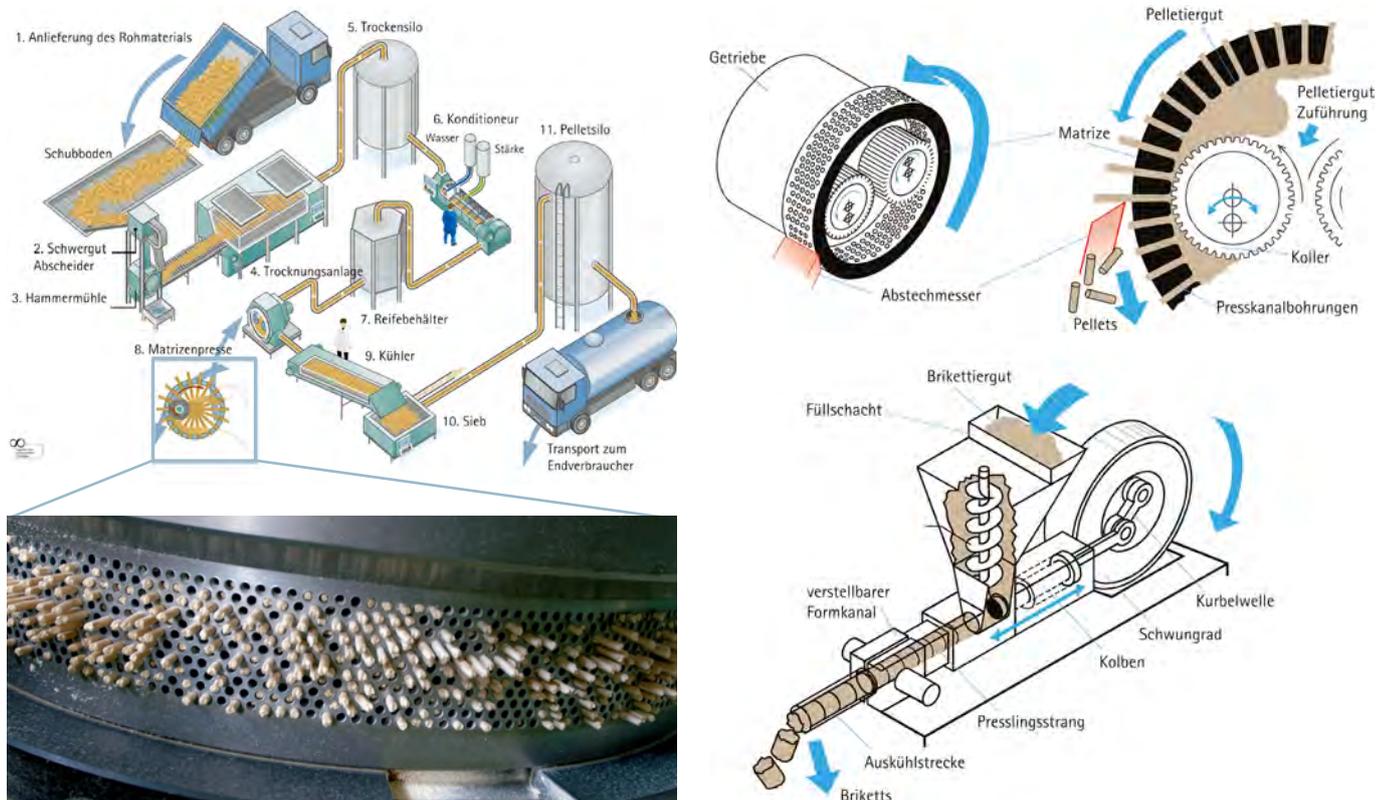


ABBILDUNG 146: Herstellung von Holzpellets und Briketts - BILD: FNR, ProPellets Austria, Agentur für Erneuerbare Energie: www.unendlich-viel-energie.de

Bei der Erzeugung von Pellets müssen zunächst die im Sägewerk anfallenden feuchten Sägespäne getrocknet werden. Die Energie dafür wird durch die Verbrennung von Rinde bereitgestellt, ebenfalls ein Sägenebenprodukt. In vielen Fällen wird bei der Rindenverbrennung nicht nur Wärme, sondern auch Strom produziert. Auch dann wird die anfallende Abwärme für die Spänetrocknung genutzt. Nach Trocknung und Zerkleinerung werden die Späne mit hohem Druck – ähnlich wie bei einem Fleischwolf – durch die Löcher einer sogenannten Matrize gepresst. Dadurch entstehen die Pellets. Zur Erleichterung des Pressvorgangs werden geringe Mengen (max. 2%) Maisstärke beigemischt. Die durch das Pressen erhitzten Pellets werden gekühlt, gesiebt und danach in Silos für die Lieferung zum Kunden gelagert bzw. in Säcke verpackt. Der Transport zum Konsumenten erfolgt in Tankfahrzeugen. Mit Hilfe eines Gebläses werden die Pellets in die Lagerräume eingeblasen. Der Heizungsbetrieb geschieht (wie auch bei Hackschnitzelheizungen) vollautomatisch und bietet denselben Komfort, wie ihn Gas- oder Ölheizungen aufweisen.

Bis zum Jahr 2006 wuchs der österreichische Pelletsmarkt stetig. Durch die Verknappungssituation im Jahr 2007 kam es, verbunden mit relativ niedrigen Ölpreisen, zu Einbrüchen im Kesselverkauf und im Pelletsverbrauch. Die Pelletsproduzenten reagierten mit einem starken Ausbau der Produktionskapazität, der seither in Österreich und auch weltweit anhält. 2014 stieg die österreichische Produktionskapazität auf 1,4 Millionen Tonnen pro Jahr. 2012 wurde in Österreich eine Rekordzahl von 12.000 Pelletskesseln installiert. Der Inlands-Pelletsverbrauch im Jahr 2013 lag mit 880.000 Tonnen unter der Gesamtproduktion (962.000 Tonnen). Der Großteil der Exportware wurde in Italien abgesetzt.

2.2.3 Wald und Klimaschutz

Bei der Photosynthese, der Basis für das Pflanzenwachstum, wird CO₂ mithilfe von Sonnenenergie in Kohlenstoff und Sauerstoff aufgespalten und anschließend in Form von Kohlenstoffketten (aneinandergereihte Kohlenstoffmoleküle) in der Biomasse (Holz, Blätter, Humus) gespeichert. Bei der Verbrennung von Holz wird



ABBILDUNG 147: Flammrohr eines Pelletkessels - BILD: Charles Kerry

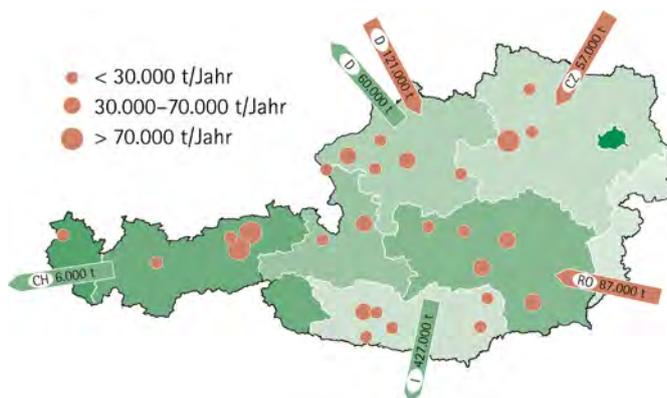


ABBILDUNG 148: Produktionsstandorte und Außenhandel für Pellets in Österreich im Jahr 2012 - QUELLE: Österreichischer Biomasse-Verband

der Kohlenstoff wieder freigesetzt und die in der Biomasse gespeicherte Energie nutzbar. Auch bei der Verrottung des Holzes im Wald wird der zuvor gespeicherte Kohlenstoff wieder frei, nur kann die darin gespeicherte Energie nicht vom Menschen genutzt werden. In beiden Fällen spricht man von einem geschlos-



„Zusammenfassend ist unter dem Gesichtspunkt des Klimaschutzes zu beachten, dass keine Rodungen von Waldflächen ohne Ersatzaufforstungen erfolgen sollen. Nachhaltig bewirtschaftete Wälder leisten einen weitaus höheren Beitrag zum Klimaschutz als unbewirtschaftete, da durch die Verwendung von Holz Produkte und Brennstoffe aus fossilem Kohlenstoff (Erdgas, Erdöl, Kohle) substituiert werden. Gibt man die nachhaltige Bewirtschaftung von Wäldern auf und überlässt diese sich selbst, führt dies zu keiner Verringerung des CO₂-Ausstoßes aus dem Wald in die Atmosphäre. Die Aufforstung von degradierten und nicht für die Landwirtschaft benötigten Böden und deren nachhaltige Bewirtschaftung hat bedeutende positive Effekte für die CO₂-Reduktion in der Atmosphäre, da während der Wachstumsphase des Waldes gewaltige Kohlenstoff-Mengen gespeichert werden können. Im Zuge der nachhaltigen Bewirtschaftung dieser Wälder lassen sich wiederum große Mengen fossiler Treib- und Rohstoffe ersetzen.“

” Hubert Hasenauer, Leiter des Instituts für Waldbau an der BOKU Wien “

ABBILDUNG 149: Hubert Hasenauer - BILD: Parlamentsdirektion/Bildagentur Zolles

4. KAPITEL: ENERGIEZUKUNFT ERNEUERBARE ENERGIE

Biogene Energieträger

Geographie und Ländliche Entwicklung



ABBILDUNG 150: Holzkonstruktion aus Leimbindern im Centre Pompidou, Metz/Frankreich - BILD: Liptay



ABBILDUNG 151: Käferbefall und großflächiges Absterben von Wäldern nach Bewirtschaftungsstopp - BILD: Österreichischer Biomasse-Verband

senen Kohlenstoffkreislauf. Mit einer Tonne Kohlenstoff, die in Form von Holz aus dem Wald entnommen wird, können alleine durch die energetische Verwertung 2,7 Tonnen fossile CO₂-Emissionen eingespart werden. Zusätzlich werden durch die Verwendung von Holz unter hohem Energieaufwand erzeugte Bau- und

Werkstoffe (Kunststoff, Beton oder Stahl) substituiert. Beispiele sind der Ersatz von Stahl durch Leimbinder (Brettschichtholz) oder von Heizöl durch Pellets. Durch diese Substitutionseffekte wird weniger fossiler Kohlenstoff aus der Erdkruste extrahiert.

Weiter mit: „2.4 Photosynthese: Die wichtigste Reaktion für das Leben in unserem Ökosystem“ K: 6, S: 202

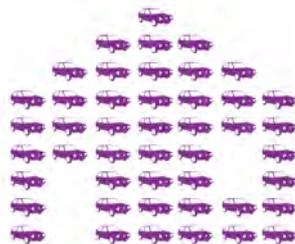
2.2.4 Ein Wald kann nicht ewig wachsen: Entwicklungsphasen eines Waldes

Die Überführung von nachhaltig bewirtschafteten Wäldern in urwaldähnliche Bestände führt nicht zwangsläufig zu einer Zunahme des gespeicherten Kohlenstoffs. Der Wald entwickelt sich gemäß der natürlichen Sukzession weiter. Auch Urwaldgesellschaften sind verschiedenen Entwicklungsstufen unterworfen: Nach der Verjüngungsphase folgt die Optimalphase, in der der Wald viel Kohlenstoff aus der Atmosphäre entnimmt und im Holz speichert. Nach einiger Zeit sterben die Bäume ab; der Wald befindet sich in der Zerfallsphase und gibt das gespeicherte CO₂ durch Verrottung wieder an die Atmosphäre ab. Danach beginnt die Verjüngungsphase. Ungenutzte Wälder können auch durch große Schadereignisse (Kalamitäten) zur Kohlenstoffquelle werden. Nach der Außernutzungsstellung von Teilen des Nationalparks Bayerischer Wald konnte sich der Borkenkäfer dort explosionsartig vermehren und großflächig Bestände zerstören. Die verrottenden Bäume gaben den gespeicherten Kohlenstoff

wieder an die Atmosphäre ab. Der Verzicht auf die Holznutzung macht zudem mehr fossile Brennstoffe nötig, was den negativen Klimaeffekt verstärkt. Im Wirtschaftswald unterbleibt die Zerfallsphase. Die Bäume werden vor ihrem Absterben geerntet, der Kohlenstoff wird in Produkten gespeichert und durch die Verbrennung werden fossile Brennstoffe ersetzt.

Weltweit gesehen nehmen die Waldflächen aufgrund von großflächigen Rodungen ab. Während in Österreich die Waldbewirtschaftung durch ein strenges Forstgesetz geregelt ist, fehlen diese Kontrollmechanismen in anderen Teilen der Erde. Daher wurden Zertifizierungssysteme ins Leben gerufen, mit denen der Nachweis erbracht werden kann, dass Holz und Holzprodukte aus nachhaltiger Waldwirtschaft stammen. Die weltweit bekanntesten Systeme sind FSC und PEFC.

40 Jahre Mobilität stecken in einem Holzhaus



Ein modernes Kfz emittiert rund 1,5 Tonnen CO₂ (bei 120g CO₂/km, etwa 12.000 km/Jahr)

ABBILDUNG 152: CO₂-Ausstoß und Bindung von Holz - QUELLE: pro Holz, FHP Kooperationsplattform Forst Holz Papier

Sauerstoffproduktion einer Fichte Tagesbedarf von 35 Menschen



Eine 20 Meter hohe Fichte gibt pro Tag rund 21.000 Liter Sauerstoff an die Umwelt ab.

Weiter mit: „4.4.4 Holz aus nachhaltiger Holzwirtschaft“ K: 5, S: 192

6/202

5/192



ABBILDUNG 153: Vergleich Wirtschaftswald (links) und nicht bewirtschafteter Wald mit Verjüngungsphase, Optimum und Zerfallsphase (rechts) - QUELLE: ÖBMV

TEXT 52: CO₂-Kreislauf und Substitution (4 Seiten)

VIDEO 11: Wärme erzeugen im Kreislauf der Natur (5 min) und VIDEO 14: Wald und Klimaschutz (5 min)

PRÄSENTATION 71: Wald und Klimaschutz (5 Folien)

2.3 Rohstoffe vom Acker und wertvolle Reststoffe als biogene Energieträger

2.3.1 Holzernte im Kurzumtrieb

Holz muss nicht unbedingt aus dem Wald kommen. Bei der Kurzumtriebswirtschaft werden landwirtschaftliche Flächen mit schnellwachsenden Bäumen oder Sträuchern bepflanzt. Zum Einsatz kommen vor allem Laubbaumarten wie Pappeln, Weiden und Birken, deren schnelles Wachstum und Stockausschlagsfähigkeit dabei genutzt werden. Da die Qualität des Holzes eine untergeordnete Rolle spielt, kann die Ernte in forstwirtschaftlich gesehen sehr kurzen Intervallen erfolgen. Der landwirtschaftliche Anbau von Energiehölzern liefert im Vergleich zum Wald ei-

nen viermal höheren Biomassertrag, es können bis zu 20 Jahre lang hohe Ernteerträge eingefahren werden. Die durchschnittlichen Ernteintervalle liegen zwischen zwei und fünf Jahren. Pappeln erreichen im fünften Wuchsjahr eine Höhe von bis zu 16 Metern, ihr Stamm kann dann einen Durchmesser von etwa 30 Zentimetern erreichen. Geerntet wird im Winter mittels eigener Maschinen oder traditionell mit Motorsägen in Handarbeit; das Hackgut erreicht so auf natürliche Weise einen Wassergehalt von unter 25 %.

! Aus einem Hektar Kurzumtriebsplantage können jährlich etwa 70.400 kWh erwirtschaftet werden. Das entspricht einer Einsparung von 7.040 Litern Heizöl und von 19.000 kg CO₂. Bei einem Wärmebedarf von etwa 20.000 kWh und einem Strombedarf von etwa 3.500 kWh pro Jahr können von einem Hektar Kurzumtriebsfläche etwa zwei Haushalte mit Wärme und fünf mit Strom versorgt werden.



ABBILDUNG 154: Ernte Kurzumtriebsplantage

BILD: Österreichischer Biomasse-Verband



ABBILDUNG 155: Symbiose Freilandhaltung von Hühnern und Energiepflanzen

BILD: Österreichischer Biomasse-Verband



11,

14

.ppt

71



52

4. KAPITEL: ENERGIEZUKUNFT ERNEUERBARE ENERGIE

Biogene Energieträger



ABBILDUNG 156: Energetische Verwertung von Kurzumtriebsholz, Annahmen: 16 Tonnen atro/ha Ertrag, Verstromung im Biomasseheizkraftwerk mit einem Wirkungsgrad von 80% (55% Wärme, 25% Strom). Wärmebedarf Haushalt etwa 20.000 kWh/a, Strombedarf etwa 3.500 kWh/a; Werte gerundet.

QUELLE: Österreichischer Biomasse-Verband

2.3.2 Energiepflanzen und wertvolle Reststoffe

Es gibt eine Vielzahl an Energiepflanzen, die sich für den Anbau auf landwirtschaftlichen Flächen eignen. Diese können für die Wärmebereitstellung eingesetzt werden, als Rohstoffe für die Erzeugung von Biotreibstoffen verwendet oder in Biogasanlagen vergoren werden. Das in diesen Anlagen gewonnene Biogas kann sowohl als Treibstoff als auch zur Stromgewinnung eingesetzt werden. Ein Beispiel für eine Energiepflanze ist Miscanthus, auch Riesen-Chinaschilf genannt. Die Vorteile dieser Pflanze liegen in ihren hohen Ernteerträgen von 15 bis 20 Tonnen pro Hektar. Miscanthus kommt auch in der Bauindustrie als Dämmstoff zum Einsatz; in der Viehzucht wird es als Einstreu verwendet.



ABBILDUNG 157: *Miscanthus x giganteus*: Riesen-Chinaschilf auf einem Versuchsfeld - BILD: Markus Hagenlocher

Auch Nebenprodukte der Getreideernte, wie Stroh oder Maisspindeln, sowie biologische Abfälle aus der Lebensmittelindustrie werden zur Wärmeabgewinnung in Heizwerken oder zur Stromgewinnung in Biogasanlagen eingesetzt.

Maisspindeln werden nach der Maisernte von den Körnern getrennt. Die Körner werden als Nahrungs- oder Futtermittel weiterverarbeitet, während die Maisspindeln kompostiert werden oder als biogene Energieträger Verwendung finden. Neben Abfällen aus der Lebensmittelproduktion können auch Lebensmittelabfälle zur energetischen Verwertung herangezogen werden.



ABBILDUNG 158: Maisspindeln: Nebenprodukte der Landwirtschaft sind wertvolle Energieträger. - BILD: Österreichischer Biomasse-Verband

! 166.000 Tonnen Lebensmittel landen österreichweit jährlich im Restmüll. Jeder Haushalt verschenkt pro Jahr etwa 270 Euro in Form von weggeworfenen Lebensmitteln und Speiseresten. Das entspricht dem Wert von rund einer Milliarde Euro.

International schätzen Experten, dass zwischen 10 und 40 % der weltweit produzierten Lebensmittel weggeworfen werden. Manche Wissenschaftler gehen sogar von bis zu 50 % aus. Eine Studie im Auftrag der FAO aus dem Jahr 2011 spricht von 30 %, was einer Menge von weltweit rund 1,3 Mrd. t pro Jahr entspricht. Die Problematik betrifft nicht nur Industriestaaten, sondern auch Entwicklungs- und Schwellenländer. In Letzteren sind die Ursachen für das Wegwerfen von Lebensmitteln oft eine unzureichende Infrastruktur, wie fehlende Kühlmöglichkeiten, beschädigte Straßen, ein Mangel an verfügbarer Energie, Treibstoff oder Transportmitteln. In Industrieländern zählen meist überzogene Ansprüche an die Frische, Angebotsvielfalt und zeitliche Verfügbarkeit von Lebensmitteln sowie zahlreiche individuelle und rechtliche Faktoren zu den Ursachen der Verschwendung.

In Österreich wird das Thema seit über zehn Jahren am Institut für Abfallwirtschaft (ABF) der Universität für Bodenkultur Wien erforscht. Neben Studien zu weggeworfenen Mengen an Lebensmitteln, den Gründen dafür und Möglichkeiten zu ihrer Vermeidung im Handel und der Produktion liegen auch zahlreiche Daten für Haushalte vor. Sie zeigen, dass sich Restmüll von Haushalten zu rund zwölf Masseprozent aus originalen (z. B.

ganzer Apfel) oder nur teilweise verbrauchten Lebensmitteln (z. B. angeschnittener Laib Brot) zusammensetzt, was pro Jahr bis zu 166.000 Tonnen Lebensmittelabfälle in Österreich ausmacht. Für andere Entsorgungswege wie Kanal, Biotonne, Eigenkompost oder Verfütterung an Tiere kann in Summe in etwa die gleiche Menge angenommen werden.

Speisereste (z. B. übrig gebliebene gekochte Nudeln) stellen zusätzlich rund drei Masseprozent des Restmülls aus Haushalten dar. Eine Gesamtbetrachtung für vermeidbare Lebensmittelabfälle in ganz Österreich gibt es derzeit nur basierend auf groben Schätzungen, die biogene Abfälle aus Haushalten inkludieren. Sie enthalten jedoch auch unbekannte Mengen an Grünabfällen aus Gärten und schließen Anteile im Restmüll, dem Kanal, dem Eigenkompost und für die Verfütterung an Haustiere aus. Restmüll wird zum größten Teil in Müllverbrennungsanlagen thermisch verwertet; dies beinhaltet auch den biogenen Anteil. Gesammelter Biomüll wird entweder kompostiert oder kann einer Biogasanlage als Rohstoff dienen. Altspeseöl wird speziell zur Verarbeitung in Biogasanlagen gesammelt, kann aber auch gefiltert werden und als Biotreibstoff zum Einsatz kommen.

2.4 Biotreibstoffe: Nachhaltige Energie aus der Landwirtschaft

Biotreibstoffe sind Kraftstoffe, die aus nachwachsenden Rohstoffen wie Raps, Zuckerrüben, Energieweizen oder Mais gewonnen werden. Da sich die chemischen Eigenschaften mit denen von fossilen Kraftstoffen vergleichen lassen, kann man auf der bestehenden Technik moderner Verbrennungsmotoren aufbauen. Bei den Fahrzeugen sind lediglich geringfügige Adaptionen notwendig, weshalb Biokraftstoffe relativ unkompliziert am Markt eingeführt werden können. Neben den technischen Vorteilen spielen auch ökologische, ökonomische und volkswirtschaftliche Aspekte eine bedeutende Rolle, tragen diese Treibstoffe doch zu einer beachtlichen Senkung des CO₂-Ausstoßes bei. Während die Abhängigkeit von fossilen Ölimporten abnimmt, steigt im Gegenzug die regionale Wertschöpfung. Treibstoffe vom Acker bieten eine umweltfreundliche Möglichkeit im Individualverkehr, die ohne großen Kostenaufwand zu realisieren ist. Biotreibstoffe eröffnen zudem beachtliche Chancen für den ländlichen Raum, indem sie den Landwirten ein weiteres wirtschaftlich attraktives Standbein im (Öko-)Energiesektor schaffen und dadurch eine flächendeckende heimische Landwirtschaft in Zukunft absichern.

Die Verwendung von Biotreibstoffen erfolgt wie bei jedem biogenen Energieträger CO₂-neutral. Das heißt, bei der Verbrennung von Treibstoffen auf Pflanzenbasis wird nur so viel Kohlendioxid



ABBILDUNG 159: Biotreibstoffe: Nachhaltige Energie aus der Landwirtschaft
BILD: Fotolia

freigesetzt, wie die Pflanze im Laufe ihres Wachstums bindet. Da bei einer nachhaltigen Wirtschaftsweise nur so viel Biomasse entnommen wird, wie nachwächst, bleibt die CO₂-Konzentration in der Erdatmosphäre konstant. Positiv auf die Umweltbilanz wirkt sich neben den kurzen Transportwegen auch der Produktionsprozess selbst aus, da die dabei anfallenden Nebenprodukte als hochwertiger Biodünger bzw. als Tierfutter verwertet werden können.

Weiter mit: „1.2.1 Gut für's Klima: Erneuerbare Energien reduzieren CO₂-Emissionen“ K: 4, S: 77



4. KAPITEL: ENERGIEZUKUNFT ERNEUERBARE ENERGIE

Biogene Energieträger

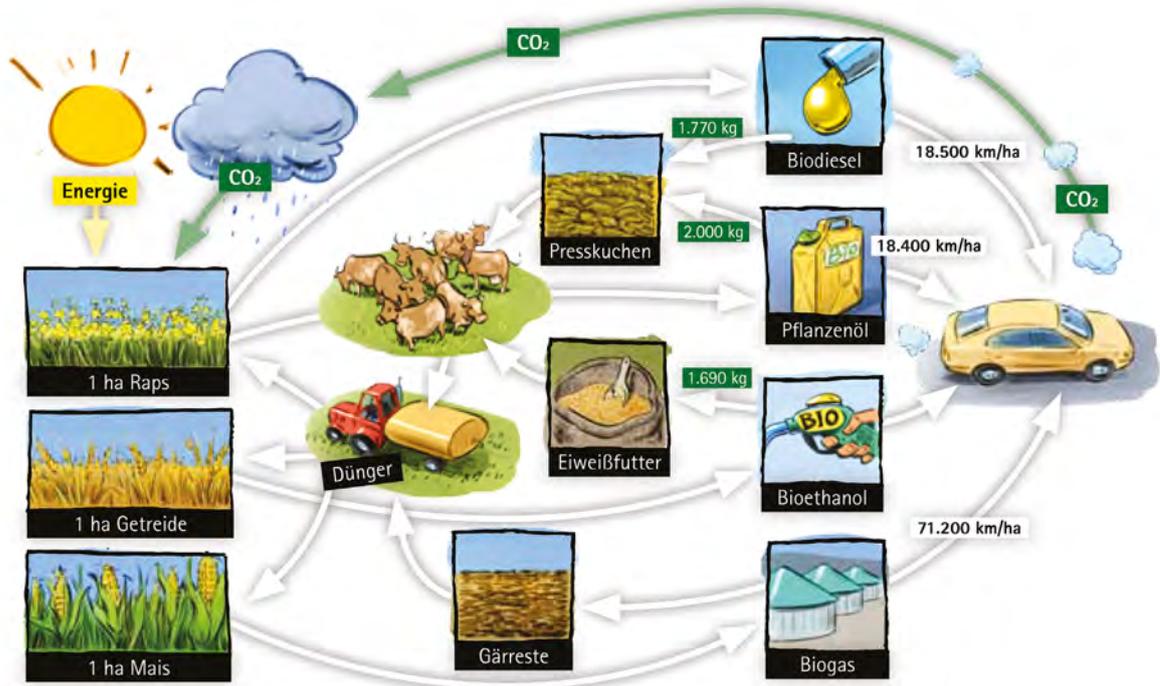


ABBILDUNG 160: Nachhaltige Energieproduktion im Kreislauf - BILD: Österreichischer Biomasse-Verband

2.4.1 Biotreibstoffe: Klima-Saulus oder Klima-Paulus?

! Laut einer US-Studie der Universität von Michigan sind in den USA für jede in Form von Lebensmittel erzeugte Kilokalorie etwa 10 Kilokalorien Energie notwendig, um diese bereitzustellen.

Biotreibstoffe sind in den vergangenen Jahren stark unter Kritik geraten. Stein des Anstoßes ist die moralische Diskussion, ob Nahrungsmittel für die Energieproduktion herangezogen werden dürfen, während anderorts Menschen hungern. Leider wird die Diskussion sehr emotional und selten auf Basis von Fakten geführt. Grundsätzlich wird übersehen, dass ohne ausreichende Energieversorgung keine Lebensmittel produziert werden können und dass die Klimaerwärmung enorme negative Auswirkungen auf die Lebensmittelversorgung haben wird, sollte sie nicht eingedämmt werden.

Biotreibstoffe sind derzeit die einzige Möglichkeit, die negativen Klima-Auswirkungen der fossilen Treibstoffe rasch zu verringern, ohne dass sich das Mobilitätsverhalten der Bevölkerung gravierend ändern müsste. Sie sind jedoch nur ein erster Schritt auf dem Weg zur Energiewende im Verkehrsbereich. Langfristig wird die Elektromobilität, verbunden mit der stärkeren Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel, eine gewichtigere Rolle spielen müssen. Bei der Beurteilung der Biotreibstoffe muss man sich darüber im Klaren sein, dass Importe von fossilem Öl weder positive Umwelt- noch Wirtschaftseffekte haben.

Untersuchungen der Preissteigerung bei Weizen (2007 und 2008) zeigen, dass etwa 80% davon auf dem gestiegenen Erdölpreis und den von diesem abhängigen Transportkosten beruhen.

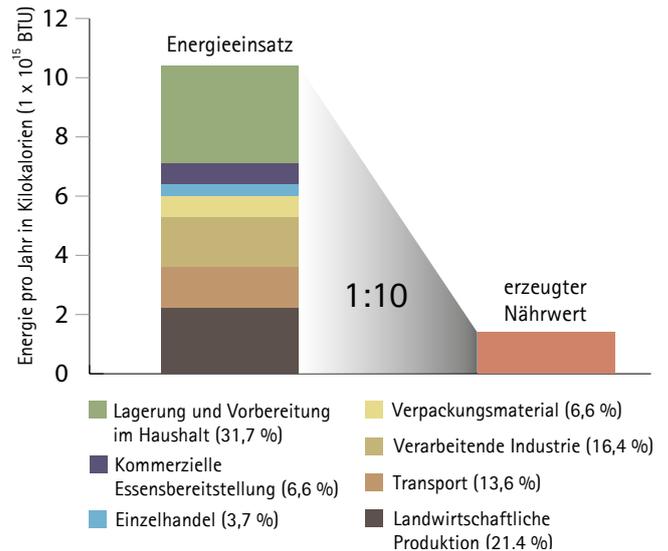


ABBILDUNG 161: Energiefluss in der US-Nahrungsmittelproduktion
 QUELLE: University of Michigan

Etwa ein Fünftel der eingesetzten Energie wird für die landwirtschaftliche Produktion, der Rest für Verarbeitung, Verpackung, Kühlkette, Transport und Zubereitung eingesetzt. Energie ist ein zentraler Faktor für die Lebensmittelversorgung und hat entsprechende Auswirkungen auf die Preisgestaltung von Lebens-

mitteln. Durch die Globalisierung des Agrarprodukte- und Lebensmittelhandels werden zudem große Mengen an Rohstoffen sowie Halbfertig- und Endprodukten über weite Strecken transportiert, bis sie beim Konsumenten landen. Der Anteil von Treibstoffkosten am Lebensmittelpreis steigt stetig. Auch die generelle Verfügbarkeit von Energie ist von zentraler Bedeutung, denn ohne Energie ist keine Grundversorgung mit Lebensmitteln möglich. Die Abbildung macht die Abhängigkeit des FAO-Lebensmittelpreisindezes vom Rohölpreis deutlich.

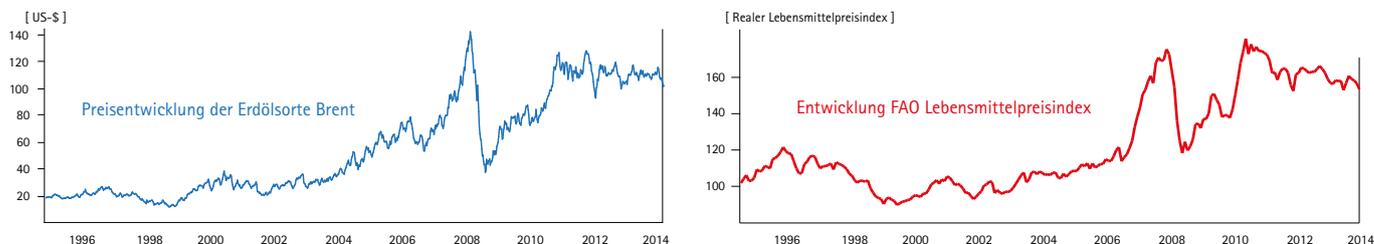


ABBILDUNG 162: Preisentwicklung von Erdöl im Verhältnis zur Entwicklung des Lebensmittelpreisindez - QUELLE: IEA, FAO

2.4.2 EU-Ziel: 10 % Erneuerbare im Verkehr

Die EU-Mitgliedsstaaten haben laut Richtlinie zur Förderung erneuerbarer Energieträger RL 2009/28/EG bis 2020 einen Mindestanteil von 10% des Energieeinsatzes im Verkehrssektor durch erneuerbare Energieträger zu substituieren (sektorales Ziel). Dazu können Biokraftstoffe 1. und 2. Generation, die strenge Nachhaltigkeitskriterien erfüllen, sowie Strom aus erneuerbaren Quellen herangezogen werden. Die Kriterien, denen Biokraftstoffe unterliegen, umfassen neben einem Mindestreduktionsziel an Treibhausgasemissionen auch Verbotszonen für den Rohstoffanbau. Ökologisch wertvolle Gebiete oder Flächen mit hohem Kohlenstoffbestand, wie Primärwald, Feuchtgebiete,

kontinuierlich bewaldete Flächen sowie Grünland mit großer biologischer Vielfalt, sind von einer Änderung der Bewirtschaftung bzw. des Flächenstatus ausgeschlossen. Spezielle Biokraftstoffe, wie Biodiesel aus Altspeisefetten oder Bioethanol aus Stroh, werden für die Zielerreichung mit einem höheren Faktor gewichtet. Damit soll ein Anreiz für besonders umweltfreundliche Bioenergieträger und kaskadische Nutzungsformen geschaffen werden. Erneuerbarer Strom, der in Schienen- und Straßenfahrzeugen zum Einsatz kommt, wird ebenfalls mit einem höheren Faktor gerechnet.

2.4.3 Berechnung der Treibhausgaseinsparung bei Biotreibstoffen

! *Biotreibstoffe reduzieren in Österreich die Treibhausgas-Emissionen gegenüber der Verwendung von Diesel und Benzin um zwischen 60 % und 70 %. Damit können bereits heute zukünftige Reduktionsziele für Biotreibstoffe von 60 % erreicht werden. Aktuelle Forschungsarbeiten zeigen, dass durch den Einsatz von Biotreibstoffen eine Treibhausgas-Reduktion von bis zu 90 % möglich ist. Dies kann z. B. durch neue Rohstoffe und erneuerbare Hilfsenergie erreicht werden.*

Die Europäische Union gibt eine Methodik vor, wie die Treibhausgaseinsparungen von Biotreibstoffen gegenüber herkömmlichen fossilen Treibstoffen berechnet werden. Laut Richtlinie muss die Treibhausgas-Einsparung von Biotreibstoffen im Lebenszyklus derzeit mindestens 35% betragen und ab dem Jahr 2017 50%. Für Anlagen ab 2018 muss die Emissionseinsparung mindestens bei 60% liegen. Die dabei berücksichtigten Treibhausgase sind: Kohlendioxid (CO₂), Methan (CH₄) und Lachgas (N₂O). Um die Auswirkungen dieser klimawirksamen Gase darstellen zu können, werden sie in sogenannte CO₂-Äquivalente umgerechnet.

Neue Forschungsergebnisse des Joanneum Research zeigen eine Reduktion an Treibhausgasen bei Bioethanol um 70% und bei Biodiesel um 60%. Für die Berechnung werden die folgenden Emissionen im Lebenszyklus von Biotreibstoffen summiert: Alle

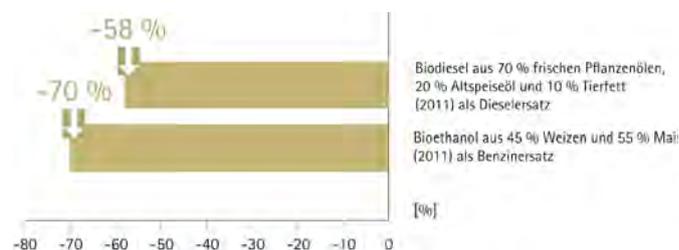


ABBILDUNG 163: Treibhausgas-Minderung im Lebenszyklus bei Ersatz von Benzin bzw. Diesel - QUELLE: Joanneum Research

Emissionen beim Anbau der Rohstoffe sowie die auf das gesamte Jahr umgerechneten Emissionen aufgrund von Kohlenstoff-Bestandsänderungen (infolge von direkten Landnutzungsänderungen). Allfällige Effekte aus der indirekten Landnutzungsänderung

Weiter mit: „2.1.1 Klimawirksamkeit: Das CO₂-Äquivalent“ K: 6, S: 199



4. KAPITEL: ENERGIEZUKUNFT ERNEUERBARE ENERGIE

Biogene Energieträger

(iLUC) sind (noch) nicht Teil dieser Methode und werden daher nicht berücksichtigt. Eine einheitliche europäische Berechnungsmethode ist hierzu in Vorbereitung. Inkludiert sind die gesamten Emissionen, die bei der Verarbeitung (z. B. Bioethanolanlage etc.), bei Transport und Vertrieb (von Rohstoffen und Endprodukt) sowie bei der Nutzung dieser Biotreibstoffe entstehen. Des Weiteren werden auch die Emissionseinsparungen durch Abscheidung und Ersatz von Kohlendioxid berücksichtigt.

2.4.4 Wertvolle Nebenprodukte

Bei der Erzeugung von Biotreibstoffen fallen Nebenprodukte an, vor allem Tierfutter. Bei der Ermittlung der Treibhausgas-Emissionen von Biotreibstoffen müssen daher auch die Emissionen berücksichtigt werden, die durch Vermeidung von Futtermittelimporten eingespart werden. Im niederösterreichischen Pischelsdorf wird eine Bioethanolanlage betrieben, die mit den Rohstoffen Weizen, Nassmais, Trockenmais, Roggen, Gerste und Triticale handelt. Neu dazugekommen ist kürzlich Stärkeslurry, der als Nebenprodukt in der 2013 in Betrieb genommenen Anlage zur Erzeugung von Stärke und Vital-Gluten anfällt. Die Bioethanol-Anlage hat eine Jahresproduktion bis zu 240.000 Kubikmeter bzw. 190.000 Tonnen Bioethanol; das entspricht jener Menge, die für die Einführung von E10 (Treibstoff mit 10% Ethanolanteil) notwendig wäre. Neben dem Biokraftstoff werden als Nebenprodukte jährlich bis zu 191.000 Tonnen DDGS (Distillers Dried Grains with Solubles) als Tierfutter und bis zu 130.000 Tonnen Kohlensäure für die Lebensmittelindustrie produziert.

Im Jahr 2011 wurde Bioethanol in Pischelsdorf zu 45% aus Weizen und zu 55% aus Mais erzeugt. Aktuelle Analysen des Joanneum Research im Auftrag der Agrana haben gezeigt, dass die Treibhausgas-Emissionen im Lebenszyklus von Bioethanol um etwa 70% geringer sind als jene von Benzin. Durch Optimierungsmaßnahmen im Anlagenbetrieb und die Erzeugung von Kohlensäure für die Lebensmittelindustrie in der Bioethanolanlage konnten diese Treibhausgas-Einsparungen in den vergan-



ABBILDUNG 164: Bioethanol-Produktionsanlage Pischelsdorf, 1) maximal zwei Monate während der Erntezeit, 2) Nebenprodukt aus der Stärkeerzeugung bei der neben Stärke auch Klee und Gluten erzeugt werden, 3) Distillers Dried Grains with Solubles (Trockenschlempe, feste Nebenprodukte der Destillation)
QUELLE: Österreichischer Biomasse-Verband - BILD: Agrana

genen Jahren von rund 50% auf etwa 70% erhöht werden. In Österreich wird auch Biodiesel erzeugt, wobei im Jahr 2010 etwa 70% frische Pflanzenöle, 10% Tierfett und 20% Altspeseöl als Rohstoffe eingesetzt wurden. Die zwei bedeutendsten Anteile an den Treibhausgas-Emissionen heimischer Biotreibstoffe stammen aus der landwirtschaftlichen Produktion der Rohstoffe sowie aus der Verarbeitung. Bei fossilem Benzin und Diesel stellt die Nutzung im Fahrzeug den wesentlichen Beitrag dar.

2.4.5 Rohstoffe aus eigener Produktion und aus der Nachbarschaft

2012 gab es in Österreich 14 Biodiesel-Produktionsanlagen mit einer jährlichen Produktionskapazität von rund 650.000 Tonnen. Der Biodieselbedarf infolge der Beimischungsverpflichtung könnte damit aus heimischer Produktion gedeckt werden. Bei Pflanzenölen zur Biodieselproduktion ist Österreich auf Rohstoffimporte von den Nachbarn im EU-Binnenmarkt, speziell aus Mittel- und Osteuropa, angewiesen. Die regionalen Versorgungskonzepte beschränken sich auf einen Einzugsradius von rund 800 Kilometern um den Produktionsstandort. Die für den Kauf der Rohstoffe erforderlichen Mittel fließen nicht wie beim Import von Erdöl in teilweise instabile Staatssysteme im Nahen Osten oder Afrika, sondern helfen EU-Mitgliedsstaaten, ihre Wertschöpfung zu steigern und das Produktionspotenzial in der Landwirtschaft weiterzuentwickeln. Von dort können größere Mengen an Rohstoffen bei kurzen Transportdistanzen via Bahn und Schiff nachhaltig bereitgestellt werden. Ein Drittel der zur Biodiesel-Erzeugung erforderlichen Ressourcen stammt aus Altspeseöl, Tierfetten und Reststoffen. In Österreich werden aus

ökologischen, ökonomischen und technischen Gründen faktisch keine Rohstoffe aus Übersee, insbesondere kein Palmöl, zur Produktion von Biodiesel verwendet.

Ein entscheidender Faktor für die Klimabilanz von Biokraftstoffen ist die Frage der Landnutzungsänderung. Wenn z.B. eigens für den Anbau von Biomasse Urwaldflächen gerodet oder Moore trockengelegt werden, ist die CO₂-Bilanz zwangsläufig über Jahrzehnte negativ. In Nordamerika wird Biodiesel hauptsächlich aus Soja gewonnen, in Südostasien ist Palmöl der Hauptrohstoff für die Biotreibstoffproduktion auf Pflanzenölbasis. Palmöl wird aus dem Fruchtfleisch der Ölpalme gewonnen und eignet sich zur Herstellung von Biotreibstoffen, allerdings werden nur 5% des weltweit erzeugten Palmöls zu diesem Zweck verwendet. Palmöl spielt auf dem europäischen Biokraftstoffmarkt keine Rolle: Bei niedrigen Temperaturen wird Biodiesel aus Palmöl fest und scheidet somit als Kraftstoff in Mittel- und Nordeuropa aus.

Österreich ist bei Premium- und Qualitätsgetreide nach wie vor Nettoexporteur. Insgesamt herrscht in Mitteleuropa ein struktureller Getreideüberschuss vor. Jahrelang wurde Getreide, das in der EU nicht abgesetzt werden konnte, von öffentlichen Stellen aufgekauft (Intervention). Jährlich wurden so zwischen 16 und 22 Millionen Tonnen, vorwiegend zu marktstabilisierenden Zwecken, aus dem Markt genommen. Durch die Abschaffung dieser Regelung muss diese Menge entweder zu hohen Kosten auf Märkten mit Überangebot abgesetzt oder einer alternativen regionalen Verwertung zugeführt werden. Aufgrund logistischer Einschränkungen und der Transportkostenbelastung können diese Mengen nur in geringem Ausmaß in Bedarfsregionen gebracht werden. Durch die Steigerung der stofflichen Verwertung von strukturellem Überschussgetreide in Mitteleuropa konnte eine sinnvolle Verwertung und deutliche Entlastung in der von großem Marktdruck geprägten Region erreicht werden. 2020 wird der Anteil des für die Bioethanolerzeugung verwendeten Getreides nach Prognosen der EU weiter steigen und in etwa das Ausmaß des Exportprogramms erreichen. Die Verwendung im Nahrungs- und Futtermittelsektor wird sich laut Analyse in den nächsten Jahren nicht verändern. Gleichzeitig wird ein weiterer stetiger Anstieg der jährlichen Getreideproduktion der EU-27 erwartet, sodass in Summe sowohl die Import- als auch die Exportmenge bis 2020 ein gleichbleibendes Niveau erreichen wird. Die jährliche Getreideernte in der EU variierte in den vergangenen acht Jahren zwischen 250 und 320 Millionen Tonnen. Im Vergleich dazu wurden im Jahr 2010 in der EU nur etwa 9 Millionen Tonnen der Getreideernte energetisch verwertet.

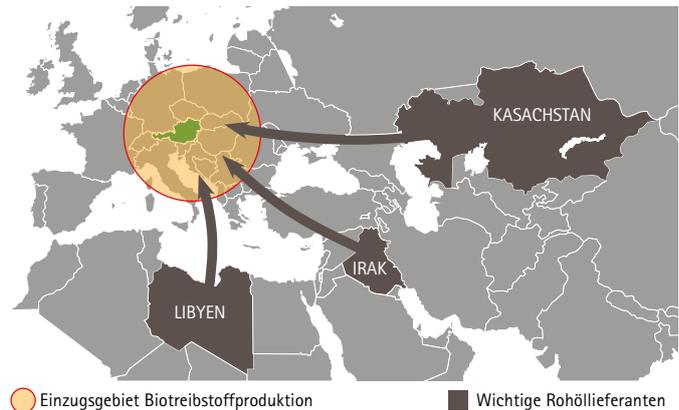


ABBILDUNG 165: Treibstoffströme versus Einzugsgebiet Biomasse

QUELLE: Statistik Austria

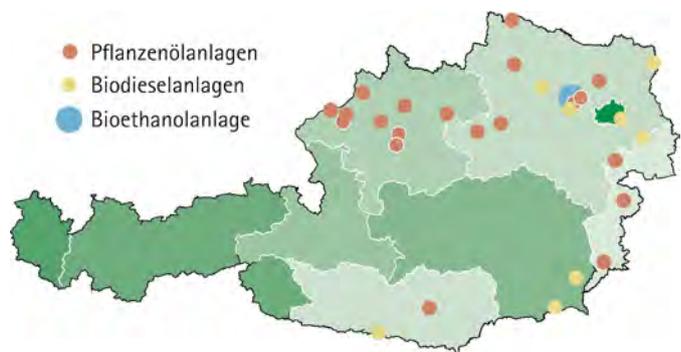


ABBILDUNG 166: Produktionsstandorte für Biotreibstoffe in Österreich 2012

QUELLE: Landwirtschaftskammer Österreich

PRÄSENTATION 73: Der volle Durchblick in Sachen Bioenergie (21 Folien) EXKURS 12: Der volle Durchblick: Energiepflanzen im Überblick

! *Österreichischer Biodiesel kommt vom Rapsfeld – und nicht aus dem Regenwald. Biotreibstoffe aus Palmöl sind nicht nachhaltig, da eine Palmölplantage nach der Brandrodung wesentlich weniger Kohlenstoff speichern kann als ein Naturwald. Ebenso wenig kommen Biotreibstoffe aus Krisenregionen im mittleren Osten, sondern aus Österreich und den unmittelbaren Nachbarländern. Nebenprodukte aus der Biotreibstoffproduktion ersetzen zudem Futtermittelimporte aus Übersee und tragen damit dort zum Schutz des Regenwaldes bei.*

2.4.6 Emissionen aus Verkehr steigen

Bis 2020 muss Österreich laut EU-Vorgabe zur Bekämpfung des Klimawandels seine CO₂-Emissionen im Vergleich zu 2005 um 16% senken. Der Verkehrsbereich entwickelt sich bezüglich seiner Treibhausgas-Emissionen jedoch in die entgegengesetzte Richtung. Zwischen 1990 und 2012 wurde ein Großteil der positiven Entwicklungen in den Sektoren Raumwärme und Kleinverbrauch, Landwirtschaft, Energiewirtschaft sowie Abfallwirtschaft durch den rasanten Anstieg der Treibhausgas-Emissionen im Verkehr (plus 54%) zunichtegemacht. Das Umweltbundesamt hat nach der positiven Entwicklung im Verkehr in jüngerer Vergangenheit – verursacht durch Bio-

treibstoff-Beimischung und 2009 auch durch die Wirtschaftskrise – aufgrund der steigenden Wirtschaftsleistung für 2010 wieder einen Anstieg des CO₂-Ausstoßes ausgewiesen (84,8 Mio. Tonnen CO₂-Äq.) Laut Umweltbundesamt reichen die bestehenden Maßnahmen nicht aus, um eine signifikante Reduktion der Emissionen zu erreichen. Im Jahr 2012 sind die Emissionen auf 80,1 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente gesunken. In diesem Jahr konnten durch den Einsatz von Biosprit 1,6 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalente eingespart werden. Ohne die Forcierung von Biokraftstoffen ist die Erreichung der angestrebten Ziele nicht möglich.

Weiter mit: „3.3 Die Rolle der Mobilität: Öffentlicher Verkehr, Herstellervorgaben und Biotreibstoffe“ K: 5, S: 175
Weiter mit: „2.6.2 „Zahltag“ für Österreichs Verfehlung der Kyoto-Ziele“ K: 5, S: 168

4. KAPITEL: ENERGIEZUKUNFT ERNEUERBARE ENERGIE

Biogene Energieträger

Geographie und Ländliche Entwicklung

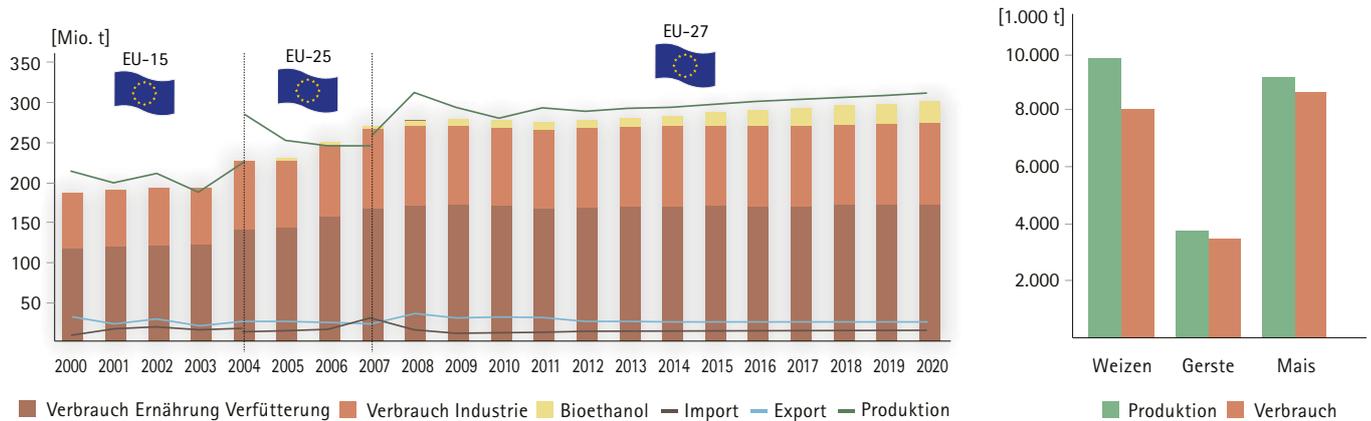


ABBILDUNG 167: EU-27 Getreidebilanz und Vorschau (links), Produktion und Verbrauch von Weizen, Gerste und Mais Nettoexportregion Österreich, Slowakei, Tschechien und Ungarn 2012/13(rechts) - QUELLE: Agrarmarkt Austria

2.4.7 Den Preis macht nicht das Korn allein

Nur ein Bruchteil der weltweit produzierten Agrargüter wird bisher für die Erzeugung von Bioenergie genutzt. Trotzdem können die Weltmarktpreise für Getreide – wie bereits im Jahr 2008 geschehen – vorübergehend in die Höhe schnellen. Fallen Ernten wegen Wetterextremen aus und sind gleichzeitig die Lagerbestände niedrig, sind solche Preisexplosionen möglich. Steigende Erdölpreise lassen die Kosten für Betriebsmittel, wie beispielsweise Dünger und Kraftstoffe, wachsen. Außerdem steigt vor allem in den asiatischen Wachstumsregionen der Konsum von Fleisch- und Milchprodukten. Das führt zu einem überproportional starken Verbrauch an Getreide und Ölsaaten als Futtermittel. Für Landwirte kann es sich dann möglicherweise wieder lohnen, in den Anbau zu investieren und brachliegende Flächen zu bestellen. Da die Bauern in den vergangenen Jahren oft nur

sehr niedrige Erlöse für ihre Produkte erzielen, wurde in vielen Regionen der Erde die landwirtschaftliche Produktion aufgegeben und nicht ausreichend in die Agrarwirtschaft investiert. Bei guten Ernten können die Getreidepreise trotz des Ausbaus der Bioenergie aber auch schnell wieder einbrechen.

Die Getreidepreise auf den Weltmärkten sollten allerdings nicht mit dem Brotpreis beim Bäcker nebenan verwechselt werden. Der Kostenanteil des Rohstoffs Getreide am Preis für das Endprodukt Brot ist sehr gering. Von einem Euro, den der Verbraucher für ein Brot zahlt, erhält der Landwirt durchschnittlich nur 4,4 Cent. Es überwiegt der Einfluss anderer Kosten, wie z. B. Löhne, Weiterverarbeitung oder Steuern.

! *Überraschend gering ist der Anteil der Rohstoffkosten am Endprodukt: Von einem Euro, den ein Verbraucher für Brot zahlt, erhält ein Landwirt 4 bis 5 Cent.*

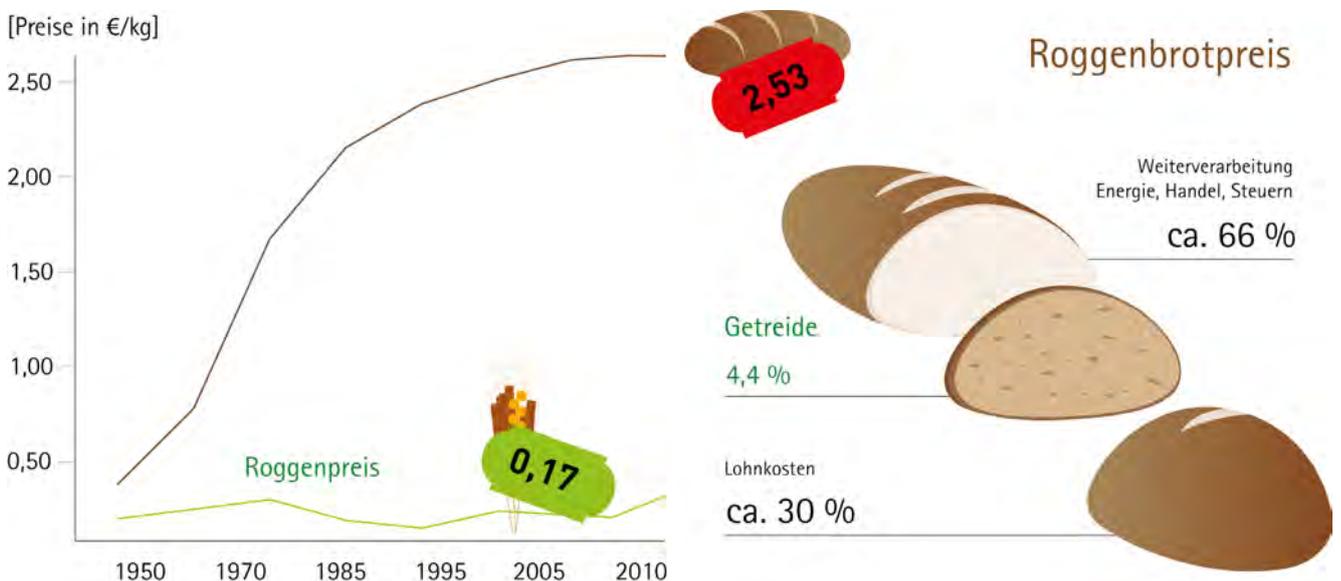
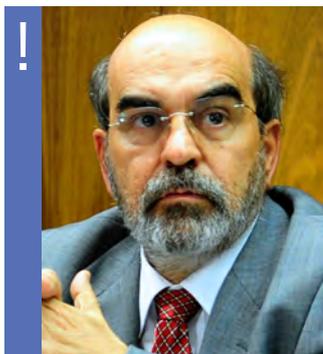


ABBILDUNG 168: Den Preis macht nicht das Korn allein - QUELLE: Agentur für Erneuerbare Energie: www.unendlich-viel-energie.de



„Biosprit ist nicht für Preisanstiege hauptverantwortlich.“

„ José Graziano da Silva, Direktor der FAO (Food and Agriculture Organization) “

Mehr Ertrag durch Investitionen: Selbst die FAO, die des Lobbyings für Biosprit kaum verdächtige Welternährungs- und Landwirtschaftsorganisation, sieht in der Nachfrage nach Biosprit einen Hebel, der Investitionen in die Landwirtschaft, speziell in Forschung und Entwicklung, antreiben könnte. Denn die landwirtschaftliche Produktivität pro Hektar ist in den entwickelten Ländern nach wie vor deutlich höher als in Middle- oder Low-Income-Countries. Dies liegt oft schon alleine an der (Nicht-)Verfügbarkeit eines einfachen Traktors. QUELLE: Harald Klöckl, corporAID Magazin

ABBILDUNG 170: José Graziano da Silva – BILD: Renato Araújo/ABr Agência Brasil

2.4.8 Ohne Ackerfläche keine Nahrung, Fasern oder Energie

In Österreich wurden im Jahr 2011 etwa 32% der Getreideproduktion für die Nahrungsmittelproduktion, 47% für die Futtermittelerzeugung und 8,1% für die Energieproduktion (in Europa nur 3%) eingesetzt. Bei der Produktion von Bioethanol und Biodiesel werden Eiweißfuttermittel erzeugt, die im Inland 6.000 Hektar Futtergetreide und in Südamerika 59.000 Hektar Anbauflächen mit – zum Teil genverändertem – Soja ersetzen und damit die Importabhängigkeit auf diesem Sektor verringern. Zieht man die Flächeneinsparung durch diese Effekte ab, wurden im Jahr 2011 nur etwa 1,5% der Ackerfläche für Biotreibstoffe genutzt. Die Nahrungsmittelproduktion hatte in Österreich immer die oberste Priorität in der Landwirtschaft; zudem wird die Wertschöpfung aus der Produktion qualitativ hochwertiger Nahrungsmittel bzw. derer Ausgangsstoffe auch langfristig immer höher sein als jene aus der Energieproduktion. Bereits jetzt wird in Österreich die Menge an Ethanol hergestellt, die für eine Beimischung von z.B. 10% Ethanol zu Benzin erforderlich wäre. Die derzeit nicht am österreichischen Markt absetzbaren Überschussmengen werden in EU-Nachbarstaaten (vor allem Deutschland) exportiert, mit dem negativen Effekt, dass die CO₂-Einsparungspotenziale im Verkehrssektor ans Ausland verschenkt werden. Die Einführung einer Kraftstoffsorte mit 10% Ethanol in Österreich würde keine zusätzlichen Produktionsflächen in der Landwirtschaft erfordern.

Auf etwa 10 % der europäischen Ackerfläche könnte die Treibstoffmenge produziert werden, die in der Land- und Forstwirtschaft benötigt wird; abzüglich der Flächeneinsparung durch Koppelprodukte wären das etwa 5,5% der Ackerfläche. Die anfallenden Eiweißfuttermittel können einen Teil der Lücke in der europäischen Eiweißversorgung schließen und Druck von den Produktionsflächen in Südamerika nehmen. Legt man die durchschnittlichen Erträge in den südamerikanischen Produktionsländern zugrunde, ersetzt die bei der Bioethanol-Produktion aus einem Hektar Getreide anfallende Eiweißfuttermenge den Ertrag von einem Hektar Soja in Südamerika. Gelingt es, Biotreibstoffe verstärkt in der Landwirtschaft einzusetzen, kann dies die Abhängigkeit von fossilen Treibstoffen reduzieren, wodurch die Produktionskosten langfristig von steigenden Treibstoffpreisen entkoppelt werden können.

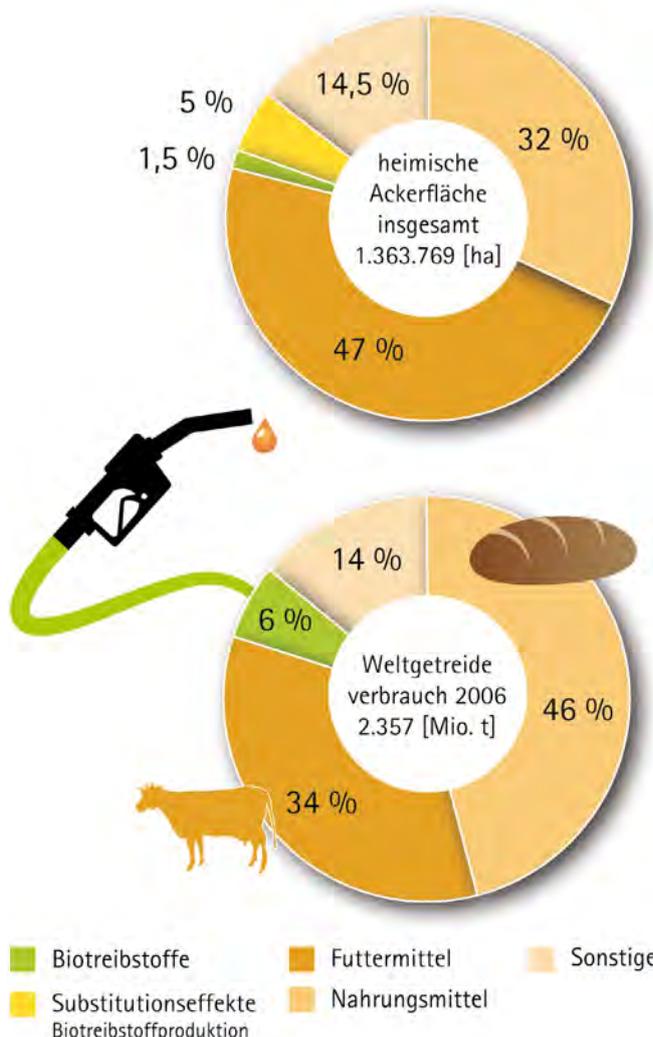


ABBILDUNG 169: (oben) Verteilung der österreichischen Ackerfläche, (unten) globaler Getreideverbrauch – QUELLE: Österreichischer Biomasse-Verband, Agentur für Erneuerbare Energie

ARBEITSAUFTRAG 6: Der Bioenergiewürfel: Faltblatt Bioenergie



4. KAPITEL: ENERGIEZUKUNFT ERNEUERBARE ENERGIE

Biogene Energieträger

Geographie und Ländliche Entwicklung

2.5 Wärme aus Biomasse

2.5.1 Biomasse ist Österreichs wichtigster Wärmeversorger

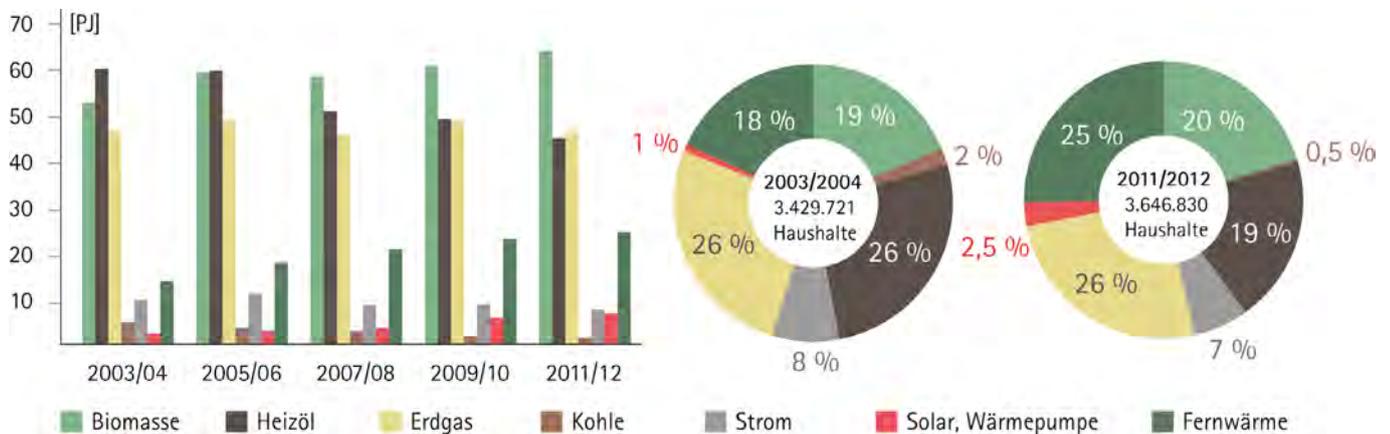


ABBILDUNG 171: (links) Energetischer Endverbrauch der österreichischen Haushalte für Raumwärme, (rechts) eingesetzte Heiztechnologien/Brennstoffe 2012
QUELLE: Statistik Austria

Biomasse hat ihren deutlichen Vorsprung als Österreichs beliebteste Energiequelle für die Beheizung von Wohnräumen in den vergangenen Jahren weiter ausgebaut. Laut Statistik Austria stieg der energetische Endverbrauch an Brennholz, Hack-schnitzeln, Pellets und Holzbriketts zwischen 2010 und 2012 um über 5% auf 64 Petajoule (PJ). Berücksichtigt man den Anteil von Bio-Fernwärme am Fernwärmeeinsatz, erhöht sich der Verbrauch sogar um weitere 11 PJ auf 75 PJ. Etwa die Hälfte aller österreichischen Haushalte verfügt zumindest über eine „biogene“ Zusatzheizung, wie Kachelofen, Kaminofen oder Herd.

Heizöl, vor zehn Jahren noch bedeutendster Energieträger für Raumheizungen, fiel im Vergleich zu 2010 mit 45 PJ sogar hinter Erdgas (46 PJ) auf Rang 3 zurück. Seit 2003 ist die Anzahl der Ölheizungen in Österreich um 207.000 Stück auf rund 700.000 Geräte gesunken. Bis zum Jahr 2020 besteht ein Potenzial für die Installation weiterer 475.000 Biomasse-Heizungen in Österreich. Nur noch eine marginale Rolle bei der Raumwärmeversorgung spielt mittlerweile Kohle. Auch der Verbrauch der Haushalte von Erdgas und Strom zur Raumwärmegewinnung hat in den vergangenen zwei Jahren leicht abgenommen.

2.5.2 Einzelfeuerung in Öfen

Im Laufe der Geschichte lernten die Menschen, das Feuer immer besser zu beherrschen. Offene Feuerstellen wurden über Jahrtausende eingesetzt, um menschliche Behausungen zu beheizen. Der bei der Verbrennung entstehende Rauch konnte dabei über Öffnungen entweichen, mit diesem aber auch ein großer Anteil der Wärmeenergie. Aus diesen ersten Feuerstätten entstand das

offene Kaminfeuer, dessen Einsatz sich ab dem 8. Jahrhundert durch gemauerte Kamine zunehmend etablierte. Neben der höheren Brandsicherheit konnte in den Steinen des Mauerwerkes Wärme gespeichert und nach und nach an den Raum abgegeben werden. Da der Wirkungsgrad eines offenen Kaminfeuers mit etwa 20 bis 30 % sehr gering ist, hielt sich diese Technik



„740.000 österreichische Haushalte heizen bereits mit Holzbrennstoffen. Neben den klaren Preisvorteilen von Biomasse gegenüber fossilen Brennstoffen spielen für die Bürger auch die Naturnähe und Klimafreundlichkeit des Rohstoffes eine immer größere Rolle. Ölheizungen belasten Haushalte finanziell doppelt so stark wie zum Beispiel Pelletsheizungen. Sie sind weder nachhaltig noch zukunftssicher. Durch den Ausstoß von Kohlendioxid tragen Ölkessel zum Klimawandel und zu Wetterextremen wie den jüngsten Flutkatastrophen bei, bei denen sie aufgrund der Verschmutzungsgefahr gleich nochmals schädlich sind. Angesichts der weltweit zu erwartenden Verknappung und Verteuerung von Erdöl ist sein Einsatz zur Erzeugung von Raumwärme nicht sinnvoll. Der Einbau von Ölheizungen in neuen Gebäuden sollte in Österreich ab 2015 und in bestehenden Gebäuden ab 2016 verboten werden.“

„ Horst Jauschnegg, langjähriger Vorsitzender des Österreichischen Biomasse-Verbandes “

ABBILDUNG 172: Horst Jauschnegg - BILD: Österreichischer Biomasse-Verband

am längsten in Gebieten mit milden Wintern, wie zum Beispiel in England. Der Kachelofen geht auf das 8. Jahrhundert zurück. Bei dieser Technik werden die Rauchgase mehrfach umgeleitet, um eine bessere Wärmeabgabe an die Masse des Ofens zu gewährleisten. Ein Kachelofen muss nur wenige Male pro Tag geheizt werden; die in der Masse des Ofens gespeicherte Wärme wird dann langsam an die Umgebung abgegeben. Heute können Öfen aller Art auch als Zentralheizung betrieben werden. Über einen Wärmetauscher wird die Wärme in ein Leitungssystem eingespeist, in andere Räume transportiert und über Heizkörper an den jeweiligen Raum abgegeben. Auch über das Belüftungssystem eines Gebäudes wird ein solcher Wärmetransport heute realisiert: Die technische Grundlage dafür lieferte die römische Hypokaustenheizung. Schon vor etwa 2.000 Jahren wurden im alten Rom die Rauchgase von zentralen Feuerstellen unter dem Fußboden und durch Wände abgeleitet, um die Räume zu beheizen. Öfen erreichen heute einen feuerungstechnischen Wirkungsgrad von etwa 70%.

Eine Sonderform von Öfen sind Pelletkaminöfen: Sie werden meist als Zusatzheizung zu einem konventionellen Heizsystem verwendet. Im Wohnzimmer aufgestellt, bieten sie kostengünstige Wärme, die Atmosphäre des flackernden Feuers und optimalen Bedienkomfort. Der Pelletofen wird aus Pelletsäcken gefüllt, zündet elektrisch und wird thermostatgesteuert betrieben. Häufig kommen Pelletkaminöfen in Niedrigenergie- oder Passivhäusern zum Einsatz. Diese weisen einen so niedrigen Energiebedarf auf, dass ein kleiner Pelletofen oft ausreicht, das ganze Haus zu erwärmen. Pelletkaminöfen beheizen den Raum direkt durch Wärmestrahlung und die Abgabe erwärmter Luft. Der Pelletofen erlaubt es, ohne große Investitionen und Umbauten einen erheblichen Anteil an konventionellen kostspieligen Energieträgern zu ersetzen. Einzige Voraussetzung ist ein geeigneter Kamin.

2.5.3 Der Herd, eine Geschichte der Kochkultur

Ein Herd ist eine Vorrichtung zum Kochen, Braten oder Backen von Speisen. Ursprünglich befanden sich offene Herdstellen im Freien oder in Gebäuden bzw. Zelten. Sie waren Kochstelle und Wärmequelle zugleich und bildeten oft das Zentrum menschlichen Zusammenlebens. Als Herd dienten flache Gruben sowie Stein- oder Tonkonstruktionen. Herde, die im nordwestlichen Peloponnes (Griechenland) gefunden wurden, sind 23.000 bis 34.000 Jahre alt. Im Mittelalter wurden erstmals Herde in Form gemauerter Sockel verwendet, die Tischhöhe erreichten. Mitte des 19. Jahrhunderts kamen die ersten Herde aus Metall auf den Markt, die über verschieden liegende Feuerroste und Wärmezüge verfügten. Mit diesen Geräten konnten Kochstellen geregelt sowie Heißwasserbecken und Backrohre betrieben werden. Holzbetriebene Herde wurden später von Gasherden und ab 1930 von Elektroherden als Kochgeräte abgelöst. Im ländlichen Raum blieben diese Herde bis weit ins 20. Jahrhundert hinein in Gebrauch und sind noch heute Teil der österreichischen Kochkultur. Mittlererweise sind Herde erhältlich, die auch als Zentralheizung betrieben werden können.

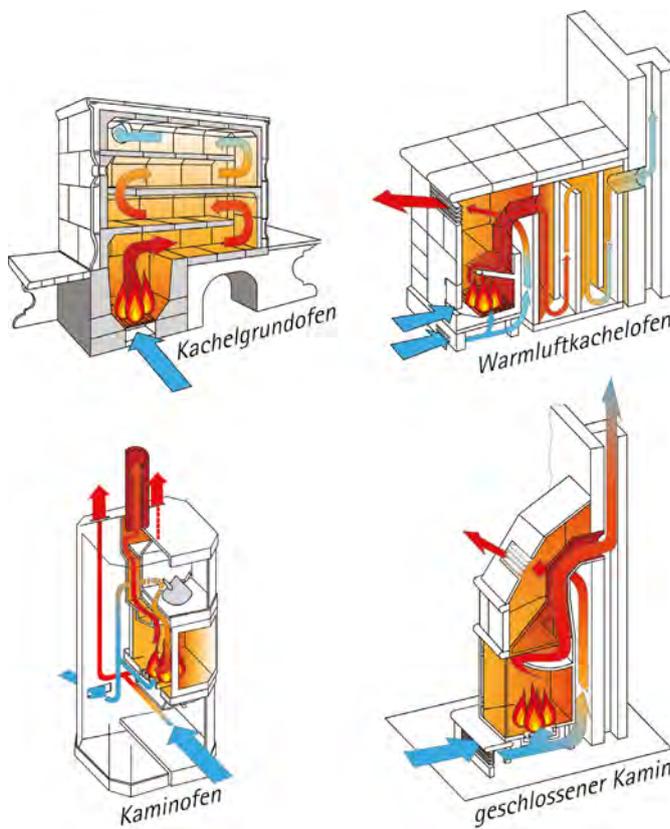


ABBILDUNG 173: Schemata verschiedener Ofentypen - BILD: FNR

PRÄSENTATION 74: Wärme aus Biomasse (23 Folien)

TEXT 53: Heizen mit einem Kachelofen (2 Seiten)

VIDEO 15: Kachelofen (3 min)

TEXT 54: Heizen mit Ofen oder Tischherd (2 Seiten)

VIDEO 16: Ofen und Herd (4 min)

TEXT 55: Ohne Rauchfang keine Holzheizung (3 Seiten)

VIDEO 17: Kamin (3 min)



ABBILDUNG 174: Feuer - BILD: Jon Sullivan

4. KAPITEL: ENERGIEZUKUNFT ERNEUERBARE ENERGIE

Biogene Energieträger

2.5.4 Einzelfeuerung im Heizkessel

Ein Heizkessel ist, wie ein Ofen oder Herd, eine Vorrichtung zur Umsetzung von chemischer in thermische Energie. Die im Brennstoff enthaltene Energie wird dabei durch einen Brenner in der Brennkammer des Kessels verfeuert. Rund um die Brennkammer befindet sich ein Wärmetauscher, über den die thermische Energie der Verbrennung an ein Transportmedium – meist Wasser – abgegeben wird. Das erwärmte Heizungswasser versorgt den Heizkreislauf. Heizkessel dienen auch der Erwärmung von Trinkwasser – auch Brauchwasser genannt.

Während die Beschickung des Heizkessels mit Hackschnitzeln und Pellets vollautomatisch erfolgt, muss beim Stückgutkessel Holz manuell nachgelegt werden. Gegenüber fossilen Brennstoffen werden für feste biogene Brennstoffe aufgrund der geringeren Energiedichte größere Lagerraumkapazitäten benötigt. Auch die Investitionskosten für den Heizkessel sind aufgrund der aufwendigeren Technik höher. Der Preisvorteil liegt aber wegen der gegenüber Öl und Gas wesentlich geringeren Brennstoffkosten

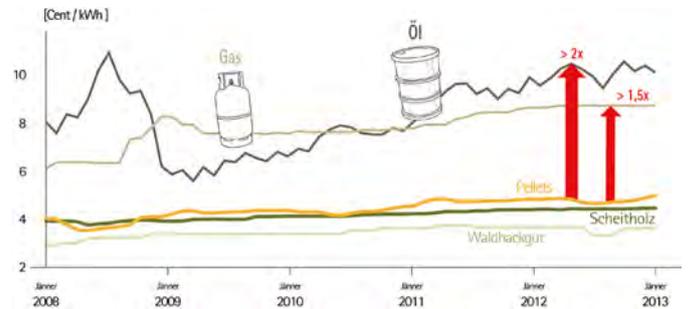


ABBILDUNG 175: Preisentwicklung Ölpreis und feste Biomasse - QUELLE: ÖBMV

eindeutig aufseiten der Biomasse. 2012 waren die Kosten für eine Kilowattstunde Öl etwa doppelt so hoch wie jene von Pellets, dem teuersten der festen biogenen Brennstoffe. Die Mehrkosten bei der Anschaffung einer Pelletsheizung werden bei gleichbleibendem Verhältnis von Öl- zu Pelletspreis und in Abhängigkeit der Anlagengröße in fünf bis zehn Jahren kompensiert.

ARBEITSAUFTRAG 11: Der Umstieg auf Biomasse ist eine sichere Geldanlage

TEXT 56: Kosten – Preise – Amortisation (4 Seiten)

LINK: Mehrwertrechner www.waermeausholz.at/guenstig/heizkostenrechner

2.5.5 Stückholzheizung

Die Bauarten handbeschickter Stückholzkessel können sich in unterschiedlichen Merkmalen unterscheiden. Am weitesten verbreitet sind Holzvergaser mit unterem Abbrand. In einem Holzvergaser werden die Stufen der Holzverbrennung – Holzvergasung und Holzgasverbrennung – durch eine Brennplatte zeitlich und räumlich voneinander getrennt. Es gibt einen oberen und einen unteren Brennraum. Im Vergleich zu anderen Scheitholzkesseln werden bei diesem Feuerungsprinzip mit über 90% die höchsten Wirkungsgrade und eine nahezu vollständige Verbrennung erreicht.

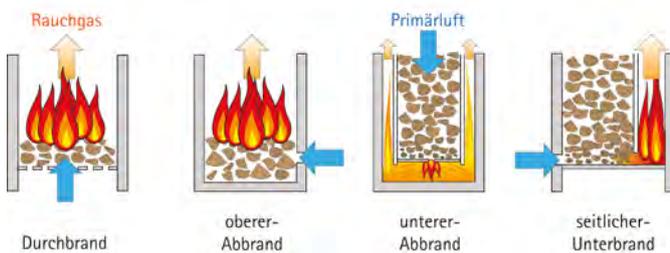


ABBILDUNG 176: Abbrandprinzipien von Scheitholzkesseln - QUELLE: FNR

Nach Anfeuerung des Kessels verdampft durch die Wärme des brennenden Holzes die Restfeuchtigkeit aus den Holzscheiten; erst danach setzt die Holzvergasung ein. Die leichten Gasanteile des Holzes verbrennen bereits oberhalb der Brennplatte im oberen Brennraum, während die schweren Anteile erst im unteren Brennraum bei Temperaturen um 1.100 °C verbrennen. Durch ein Gebläse wird der oberen Brennkammer Primärluft zugeführt und damit die Kesselleistung gesteuert. Sekundärluft wird zum Holzgas in der unteren Brennkammer geleitet, um dessen vollständige Verbrennung zu ermöglichen.

ren Brennraum, während die schweren Anteile erst im unteren Brennraum bei Temperaturen um 1.100 °C verbrennen. Durch ein Gebläse wird der oberen Brennkammer Primärluft zugeführt und damit die Kesselleistung gesteuert. Sekundärluft wird zum Holzgas in der unteren Brennkammer geleitet, um dessen vollständige Verbrennung zu ermöglichen.

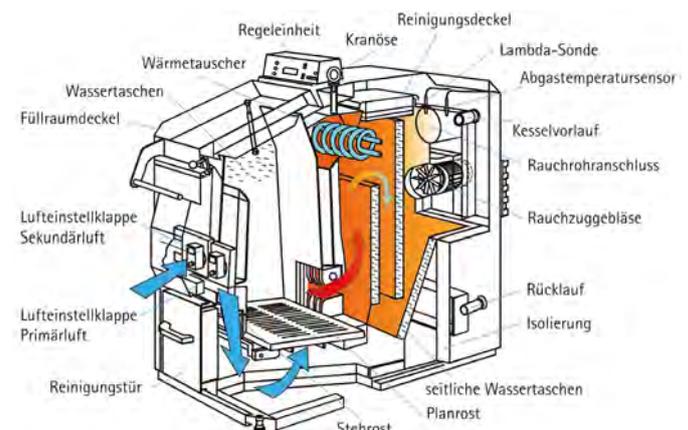


ABBILDUNG 177: Scheitholzkessel mit seitlichem Unterbrand, Brennholz BILD: FNR, Österreichischer Biomasse-Verband

2.5.6 Hackschnitzelheizung

Moderne Hackschnitzelanlagen arbeiten weitgehend vollautomatisch. Der Brennstoff wird über eine automatische Zufuhr je nach Bedarf in die Brennkammer eingebracht. Die Austragung aus dem Lagerraum kann mittels verschiedener Systeme, aber auch durch eine Kombination dieser erfolgen. Am weitesten verbreitet sind Schneckenförderer in Kombination mit Rührrädern und Schubböden. Die Beschickung der Brennkammer erfolgt in der Regel über Schneckenförderer; nach Bedarf erfolgt ein weiterer Brennstoffeinschub. Je nach Anforderung an die Heizanlage können Holz hackschnitzel frisch oder getrocknet angeliefert werden. Die Regelung der Anlage erfolgt in Anpassung an die Feuchtigkeit des Brennstoffes. Hackschnitzelheizungen kommen sowohl im privaten, ländlichen Bereich als auch in größerem Maßstab als Fernheizwerke zum Einsatz. Derzeit werden mit Hackschnitzelheizkesseln feuerteknische Wirkungsgrade von etwa 90 % erreicht.

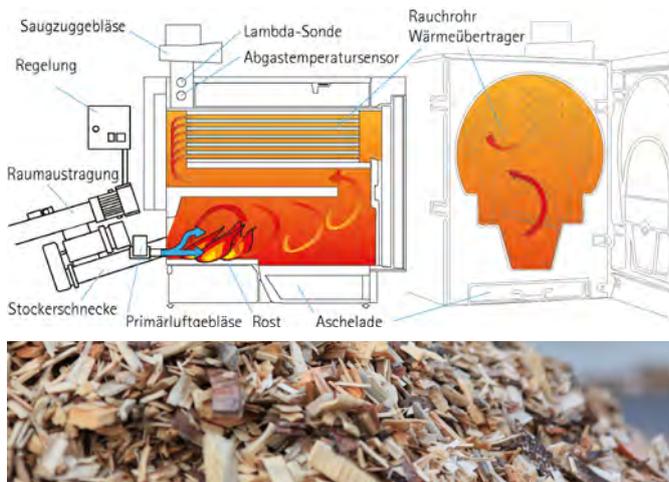


ABBILDUNG 179: Schema Hackschnitzelheizung - BILD: FNR

TEXT 58: Heizen mit Hackgut (3 Seiten) und VIDEO 19: Hackschnitzel (3 min)

2.5.7 Pelletsheizung

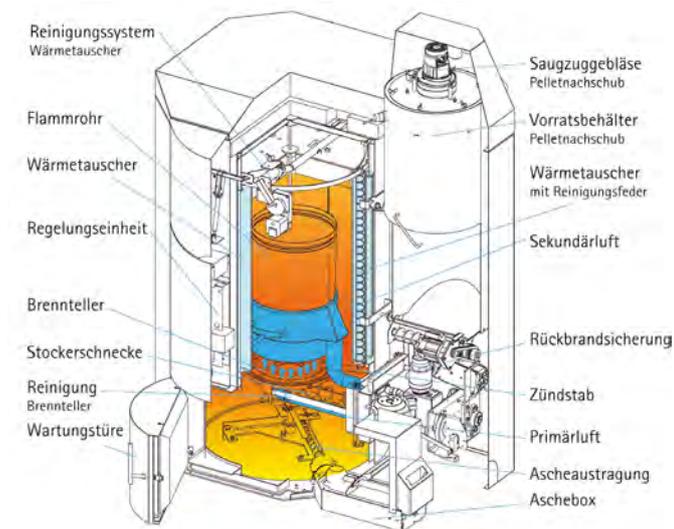


ABBILDUNG 180: Schema Pelletsheizkessel, Holzpellets - QUELLE: ÖkoFEN

Aufgrund der guten Rieselfähigkeit von Pellets ist ihre Lagerentnahme viel einfacher als die von Hackschnitzeln. Anstatt der Rührräder genügt ein Schrägboden oder Trichter, über den die Pellets in die Förderschnecke gelangen. Viele Hersteller bieten auch Vorratsbehälter („Big Bag“) an, sodass kein eigener Lagerraum errichtet werden muss. Pellets sind teurer als Brennholz oder Hackschnitzel, eignen sich aber wegen des hohen Komforts

im Betrieb besonders für den privaten Bereich und den Ersatz von Ölheizungen. Holzpellets werden ohne chemische Bindemittel aus getrocknetem, naturbelassenen Restholz (Sägemehl, Hobelspäne) gepresst. Vollautomatische Anlagen sind über eine Förderschnecke oder ein Saugsystem mit einem Lagerraum oder -tank verbunden, aus dem die Pellets je nach Bedarf zum Heizkessel transportiert werden.

Im Idealfall muss der Lagerraum nur einmal im Jahr mit Hilfe eines Pellet-Tankwagens aufgefüllt werden. In Bezug auf ihren Bedienkomfort kann die Pelletheizung ohne weiteres mit einer herkömmlichen Öl- oder Erdgasheizung konkurrieren. Die Pellets werden vollautomatisch aus dem Vorratsbehälter in den Verbrennungsraum befördert und elektrisch gezündet. Die Menge der eingetragenen Pellets wird von der Heizleistung bzw. der gewünschten Raumtemperatur bestimmt. Bei hochwertigen Anlagen steuert eine digital-elektronische Überwachung das optimale Verhältnis von Verbrennungsluft, Pelletsmenge und Be-

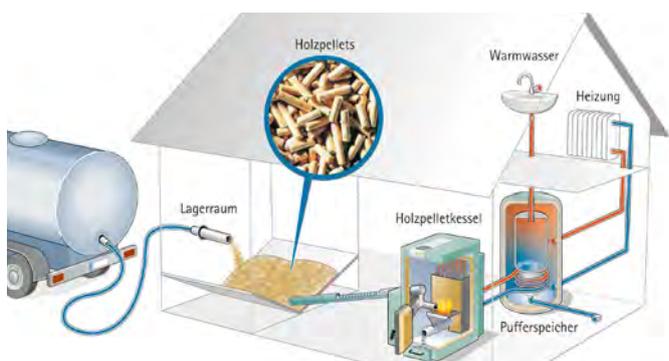


ABBILDUNG 178: Funktionsweise einer Pellets-Zentralheizung

QUELLE: Agentur für Erneuerbare Energie: www.unendlich-viel-energie.de

TEXT 59: Heizen mit Pellets (3 Seiten) und VIDEO 20: Pelletfeuerung (3 min)





triebstemperatur und führt dadurch zu einem exakt aufeinander abgestimmten Verbrennungsvorgang mit geringen Emissionen und hohen Wirkungsgraden von bis zu 95%. Ein durchschnittliches Einfamilienhaus verbraucht etwa 4,5 Tonnen Holzpellets im Jahr. Dafür reicht bereits ein Lagerraum mit rund 4,5 m² Grundfläche. Nach der Verbrennung bleiben nur wenige Kilogramm Asche übrig, die im normalen Hausmüll entsorgt werden können. In Kleinmengen ist Asche auch ein wertvoller Mineraldünger für den Garten. Der Einbau eines Pufferspeichers ist bei der Installation einer Biomasse-Zentralheizung sinnvoll. Unter einem Pufferspeicher versteht man in einer Heizungsanlage einen Wärmespeicher, der mit Wasser befüllt ist. Er sorgt dafür,

dass Wärmeerzeugung und Verbrauch unabhängig voneinander betrieben werden können.

Durch Einbau eines Pufferspeichers ist es möglich, die Zahl der Brennerstarts zu reduzieren und den Heizkessel ausschließlich im Volllastbetrieb laufen zu lassen. Dies erhöht den Wirkungsgrad und reduziert die Emissionen der Verbrennung. Gerade für Gebäude mit einem niedrigen Wärmebedarf ist der Einbau eines Pufferspeichers sehr empfehlenswert. Die Kombination einer Holzpellettheizung mit einer Solarthermie-Anlage macht die ausschließliche Versorgung mit erneuerbarer Wärme noch sparsamer und effizienter.

Weiter mit: „5.2 Solarthermie: Techniken zur Bereitstellung von solarer Wärme“ K: 4, S: 133

2.5.8 Moderne Biomasseheizungen – Effiziente Verbrennung bei geringen Emissionen

Die Ergebnisse von Prüfstandsmessungen an Biomassefeuerungen haben sich seit dem Jahr 1980 massiv verbessert. Heute werden sowohl von automatischen Feuerungen (Pellets, Hackgut) als auch von modernen Scheitholzkesseleln durchwegs Wirkungsgrade von über 90% erreicht. Durch technische Innovationen ist es der österreichischen Biomassekesselindustrie gelungen, die Emissionen aus Holzheizungen auf ein Minimum zu reduzieren. Besonders alte Festbrennstofffeuerungen tragen aber noch immer zur Feinstaubbelastung bei.

Mit der Biomassemenge, die durch den Ersatz von 145.000 alten Festbrennstoffheizungen durch effiziente Anlagen eingespart werden, könnten etwa 45.000 neue Anlagen versorgt werden.

Um für den Umweltschutz vorbildliche Produkte zu kennzeichnen, hat das Österreichische Umweltministerium das Umweltzeichen ins Leben gerufen. Derzeit sind bereits über 2.500 Produkte mit diesem Gütesiegel ausgezeichnet worden. Sie alle stehen für garantierte Umweltverträglichkeit und stammen vorwiegend aus regionaler Herkunft. Das Angebot umfasst Produkte aus den Bereichen Bauen und Wohnen, Haushalt und Reinigung, Garten, Büro, Papier und Druck, grüne Energie sowie nachhaltige Finanzprodukte. In der Kategorie Grüne Energie waren 2013 bereits weit über 400 Heizkessel mit dem Umweltzeichen vertreten. Trotz massiven Ausbaus der Bioenergie sind die Feinstaubbelastungen des Wärmesektors rückläufig.

Es kann vorkommen, dass eine alte Festbrennstofffeuerung das Hundertfache an Feinstaub-Emissionen einer vergleichbaren neuen, automatischen Biomassefeuerung freisetzt. Das beste Mittel, um die Feinstaubemissionen zu reduzieren, ist der Austausch alter gegen neue, umweltfreundliche Biomasse-Heizsysteme, der auch die Vorteile einer gesteigerten Effizienz bietet.

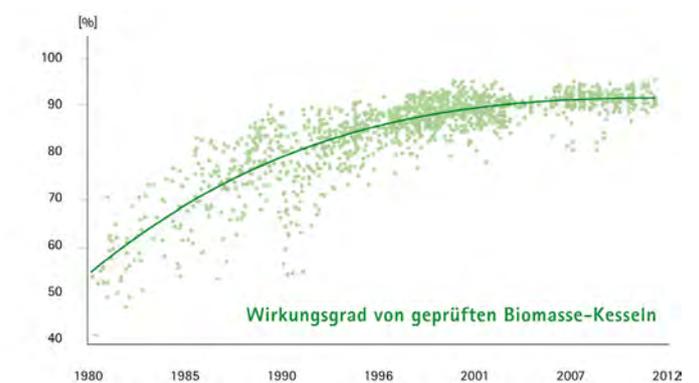
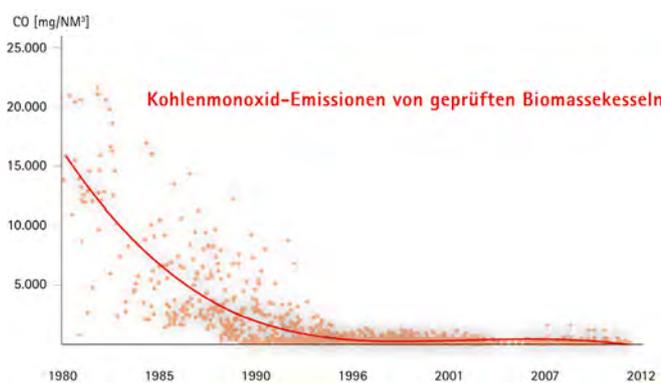


ABBILDUNG 181: Moderne Biomasseheizungen stehen für effiziente Verbrennung bei geringen Emissionen – QUELLE: FJ BLT Wieselburg

! Die Effizienz von Biomasseheizsystemen hat sich infolge der technologischen Entwicklungen stark erhöht. Durchschnittliche Wirkungsgrade von 30 bis 40% konnten seit den 1980er-Jahren auf bis 90% und darüber hinaus verbessert werden. Während durchschnittliche Anlagen in den 1980ern noch etwa 10.000 Milligramm (mg) CO pro erzeugtem MJ emittierten, konnte der Ausstoß moderner Anlagen auf gerade einmal 30 mg/MJ gesenkt werden. Moderne Biomasseheizungen tragen zur Lösung des Feinstaubproblems bei: Betrug in den 1980er-Jahren der Ausstoß von Feinstaubpartikeln noch etwa 800 mg/MJ, so emittieren moderne Anlagen weniger als 10 mg Feinstaubpartikel pro erzeugtem MJ.

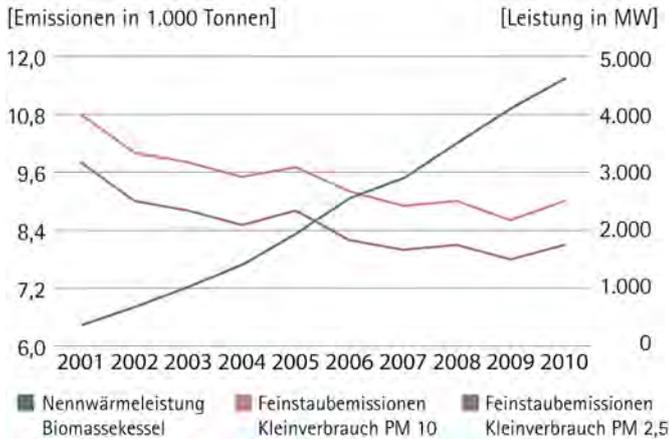


ABBILDUNG 182: Neu installierte Leistung von Biomassekesseln <100 kW und Feinstaubemissionen im Sektor Kleinverbrauch

QUELLE: Landwirtschaftskammer Niederösterreich, Umweltbundesamt

Die Emissionen bei den Feinstaubgrößen PM 10 und PM 2,5 im Sektor Kleinverbrauch (z.B. Haushalte und Kleingewerbe) sind zwischen 2001 und 2010 um 16 % bzw. 15 % zurückgegangen. Die Leistung der installierten Biomassekessel hat sich im gleichen Zeitraum vervielfacht. Dabei wurden verstärkt effiziente und emissionsarme Stückholz-, Hackschnitzel- und Pelletsheizungen installiert.

Weiter mit: „4.3 Energiesparen durch Transparenz: Die Klassifizierung von Produkten“ K: 5, S: 188

ARBEITSAUFTRAG 4: Was geschieht bei der Verbrennung?
TEXT 7: Feinstaubbelastung (1 Seite)

TEXT 60: Saubere Verbrennung (3 Seiten)

VIDEO 21: Saubere und effiziente Verbrennung (2 min)

2.5.9 Nahwärme aus Biomasse

Das Prinzip von Nah- und Fernwärmesystemen ist einfach, aber wirkungsvoll. Von einer Heizzentrale aus werden Einzelobjekte, Betriebe, Siedlungen oder ganze Dörfer mit Wärme versorgt. Im Heizkessel der Zentrale wird Wasser erwärmt und gelangt über gut isolierte Vorlaufleitungen zu den Abnehmern. Diese übernehmen die benötigte Wärme über Wärmetauscher in ihr Zentralheizungssystem. Durch Rücklaufleitungen gelangt das abgekühlte Wasser im Kreislauf wieder zurück zum Heizwerk.

Ein Blindanschluss (stiller Anschluss) ermöglicht auch eine nachträgliche Anbindung an das Nahwärmenetz. Dies ist oft bei Objekten der Fall, bei denen das installierte Heizsystem einer baldigen Erneuerung bedarf. Der Einbau von Blindanschlüssen ist auch in Gebieten, in denen zu einem späteren Zeitpunkt Gebäude errichtet werden sollen, eine übliche Vorgehensweise.

Der Komfort für den Anwender ist durch den Anschluss an ein Biomasse-Nahwärmenetz erheblich höher als bei einer Einzelheizung. Über den Anschluss wird ganzjährig Wärme geliefert, ohne dass sich der Gebäudebesitzer diesbezüglich um irgendetwas kümmern muss. Bei Heizwerken, die keinen Sommerbetrieb haben, kann der Warmwasserbedarf über eine thermische Solaranlage bereitgestellt werden.

Für den Anschluss an ein Biomasse-Nahwärmenetz sind nur eine Übergabestation sowie ein Zähler notwendig, die wenig Platz benötigen. Somit erspart sich der Kunde die Lagerräume für ein herkömmliches Heizsystem. Damit können die Baukosten für die Neuerrichtung eines Gebäudes verringert werden. Ein Quadratmeter Hausfläche im Neubau kostet je nach Lage im günstigsten Fall etwa 1.000 Euro. Für einen durchschnittlicher Heizraum fallen daher etwa 10.000 bis 15.000 Euro an. Bei Umrüstung von einem einzelnen Kessel auf einen Biomasse-Nahwärmeanschluss können die freiwerdenden Räumlichkeiten für andere Zwecke genutzt werden.

Auch im Vergleich zu einer Wärmepumpe bietet der Nahwärmeanschluss einen entscheidenden Vorteil: Es werden weder Wärmetauscher noch Bohrungen oder gar flächendeckende Kollektoren im Garten benötigt. Der Anschluss an ein Biomasse-Nahwärmenetz macht die Installation eines Verbrennungsofens überflüssig. Daher verringert sich auch die Brandgefahr. Viele Versicherungsagenturen berücksichtigen dies bei der Höhe der Prämie.

TEXT 61: Heizen mit Nahwärme (4 Seiten)

VIDEO 22: Nahwärme (4 min)

! Je kW Anschlussleistung werden in einem Jahr in etwa 2,5 bis 3,5 Schüttraummeter (Srm) Hackschnitzel benötigt; 1.000 kg Hackschnitzel entsprechen ca. 4,5 Srm Hackschnitzel; ein Lastwagen kann etwa 40 Srm laden. 1 Srm Hackgut ersetzt ca. 76 Liter Heizöl und reduziert somit den fossilen CO₂-Ausstoß um 200 kg.

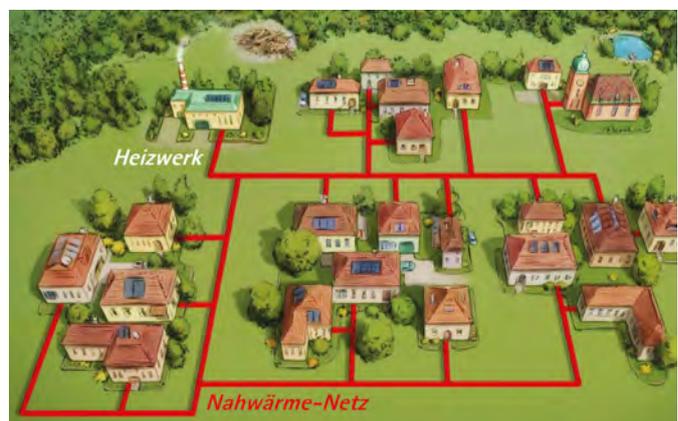


ABBILDUNG 183: Aufbau eines Nahwärmenetzes

BILD: Österreichischer Biomasse-Verband



5/188



4



7, 60



21

Geographie und Ländliche Entwicklung



61



22

4. KAPITEL: ENERGIEZUKUNFT ERNEUERBARE ENERGIE

Biogene Energieträger

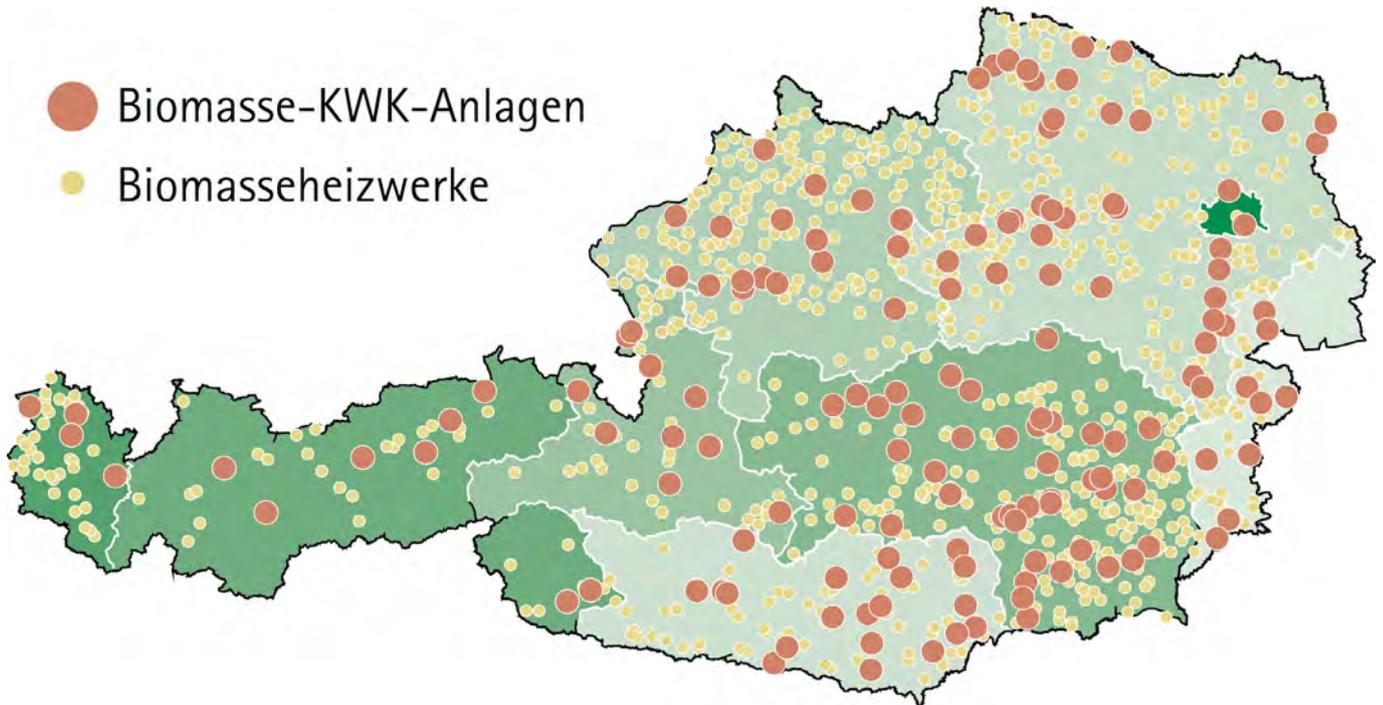
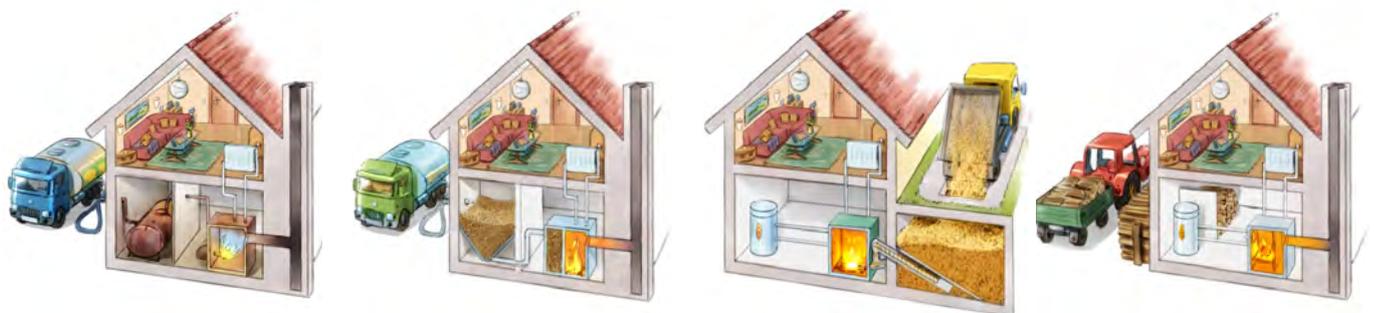


ABBILDUNG 184: Standorte Biomasseheizwerke und KWK-Anlagen, 2010 - QUELLE: Landwirtschaftskammer Niederösterreich



Heizöl

Pellets

Hackgut

Scheitholz

Heizsystem	jährlicher Brennstoffbedarf	Lagerraum Volumen [m ³]	Belieferung	Beschickung des Heizsystems
Öl	3.000 Liter	9 m ³	Tankwagen	Rohrleitung
Pellets	6,1 Tonnen	10 m ³	Tankwagen	Schnecke, oder Saugrohr
Scheitholz	17 rm ¹⁾ / 23 rm ²⁾	17 m ³ ¹⁾ / 23 m ³ ²⁾	Traktor, Pkw-Anhänger	händisch nachlegen
Hackgut	36 rm ³⁾ / 45 rm ⁴⁾	36 m ³ ³⁾ / 45 m ³ ⁴⁾	Kipp-Lkw	Schnecke, oder Kreisel

ABBILDUNG 185: Lagerraumsituation, Brennstofflieferung und Beschickung der Heizsysteme bei unterschiedlichen Energieträgern, 1) Buche 20 %, 2) Fichte 20 %, 3) Hackgut hart 30 %, 4) Hackgut weich 40 % - QUELLE: Landwirtschaftskammer Niederösterreich

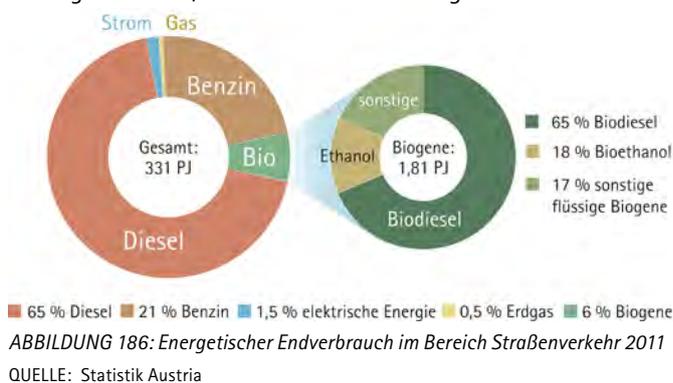
2.6 Treibstoffe aus Biomasse

2.6.1 Biotreibstoffe in Österreich

Biotreibstoffe sind flüssige oder gasförmige Produkte, die aus Biomasse hergestellt werden. Die Rohstoffe werden in überwiegender Maß auf Ackerland angepflanzt. Bei Biokraftstoffen der 1. Generation wird nur die Frucht zur Produktion von Treibstoffen eingesetzt. Der Rest der Pflanzen kann als Futtermittel oder zur Erzeugung von Wärme verwendet werden. Typische Biotreibstoffe der 1. Generation sind Biodiesel, Bioethanol und Pflanzenöltreibstoffe. Biotreibstoffe der 2. Generation werden durch Gärungsprozesse aus Abfallprodukten der Land- und Forstwirtschaft gewonnen; fast die gesamte Pflanze kann dabei genutzt werden. Unter Biotreibstoffen der 3. Generation werden vor allem Algentreibstoffe verstanden; ihre Herstellung ist zur Zeit noch nicht wirtschaftlich.

Der österreichische Treibstoffverbrauch ist seit Mitte der 1980er-Jahre rasant angestiegen und lag im Jahr 2005 bei 8,24 Mio. t bzw. 357 PJ. Die Nachfrage nach Diesel vervierfachte sich in diesem Zeitraum. Seitdem ging der Verbrauch wieder leicht zurück und betrug im Jahr 2011 etwa 7,9 Mio. t oder 331 PJ. Seit 2005 müssen laut EU-Richtlinie fossilen Treibstoffen biogene

Kraftstoffe beigemischt werden. Der Einsatz von Biotreibstoffen wurde zwischen 2005 und 2011 von 2,3 PJ auf 21,9 PJ gesteigert. 15,4 PJ Biodiesel, 2,8 PJ Bioethanol und 3,7 PJ sonstige Biogene wurden 2011 eingesetzt. Biodiesel wurde zu 86 % in der vorgeschriebenen Beimischung zu fossilem Diesel abgesetzt, der Rest wurde in Reinform oder anderen Mischungsverhältnissen verwendet. Bioethanol wurde nahezu ausschließlich als Beimischung zu Benzin, Pflanzenöl in Reinform genutzt.



2.6.2 Ölpflanzen: Rohstoff für Pflanzenöl-Treibstoffe und Biodiesel

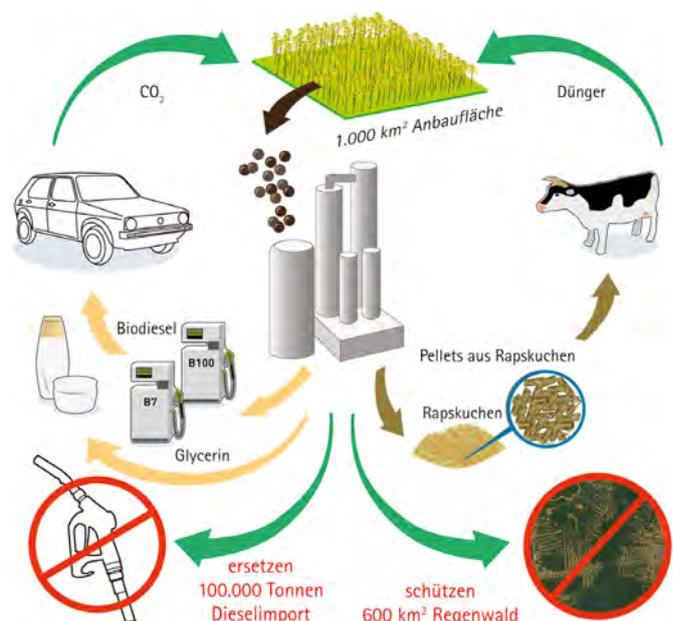
Es gibt Ölpflanzen, bei denen das Öl aus den fetthaltigen Früchten gewonnen wird und solche, bei denen fettreiche Samen die Quelle des Öls darstellen. Durch Pressen der Früchte oder Samen wird das Öl extrahiert. Der typische Rohstoff für die Herstellung von Pflanzenöl in Europa ist Raps, zu geringen Anteilen kommen auch Sonnenblumen zum Einsatz. Nachdem das Pflanzenöl aus den Samen oder Früchten gepresst wurde, können die Abfallprodukte aus der Ölproduktion als hochwertiges, eiweißhaltiges Tierfutter genutzt werden. Auf einer Anbaufläche von 100.000 Hektar können 170.000 Tonnen Eiweißfutter erzeugt werden, die etwa 60.000 ha Sojaanbaufläche in Südamerika substituieren können. Aus dem Ertrag dieser Fläche kann ferner Biodiesel erzeugt werden, der den Import von 100.000 Liter Diesel ersetzt.

Pflanzenöltreibstoffe sind dickflüssig. Um Fahrzeuge damit betreiben zu können, müssen einige Umbauten erfolgen. Diese bestehen zum Beispiel in der Erhitzung des Kraftstoffes, um seine Viskosität zu erhöhen, oder im Einbau von Kraftstoffleitungen mit größerem Querschnitt und speziellen Kraftstofffiltern. Auch Altspeiseöl kann Pflanzenöltreibstoffen beigemischt oder zu Biodiesel verarbeitet werden.

ARBEITSAUFTRAG 5: Umrüstung eines Traktors auf Pflanzenölbetrieb

Biodiesel kann Diesel aus Mineralölbasis beigemischt werden, bis zu einem Biodieselanteil von 5% ist dies für alle Motoren problemlos. Für die Verwendung von Treibstoffen mit höherem

Biodieselanteil oder reinem Biodiesel müssen die Motoren spezifisch geeignet sein. In Zukunft wird die Automobilindustrie der vermehrten Nutzung von Biodiesel Rechnung tragen müssen; vor größere technische Probleme wird sie durch die „Treibstoffwende“ nicht gestellt. Biodiesel wird aus ölhaltigen Pflanzen hergestellt. Im Herstellungsverfahren werden zunächst die Ölfrüchte



4. KAPITEL: ENERGIEZUKUNFT ERNEUERBARE ENERGIE

Biogene Energieträger

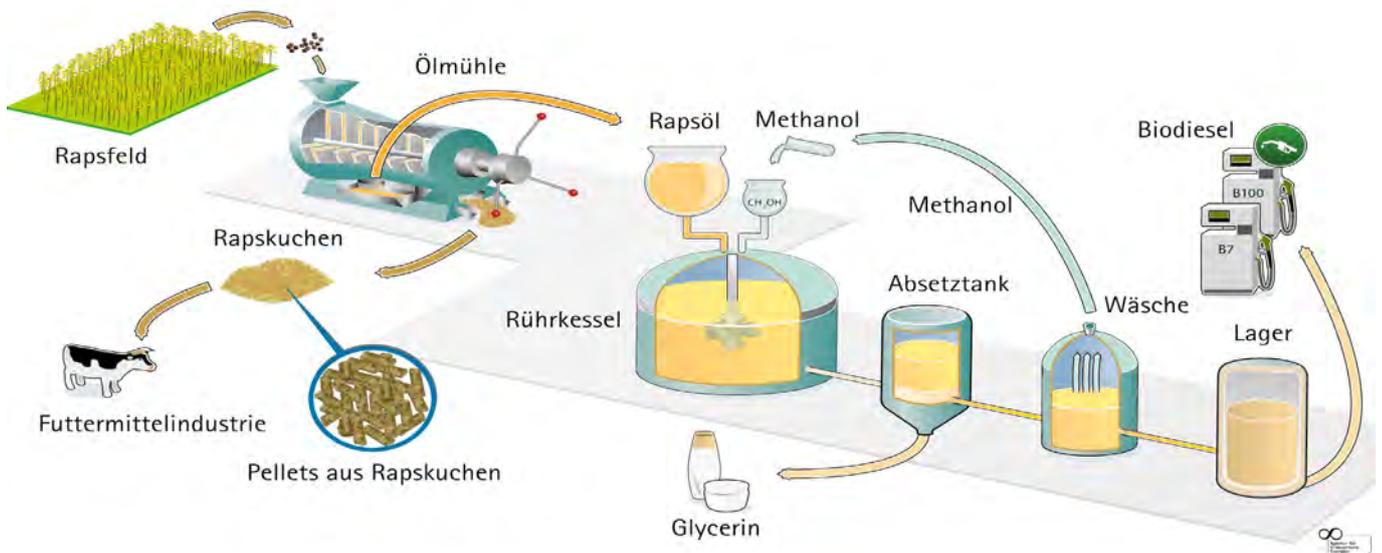


ABBILDUNG 188: Herstellung von Biodiesel - QUELLE: Agentur für Erneuerbare Energie: www.unendlich-viel-energie.de

! Österreichische Biotreibstoffe kommen aus der Landwirtschaft und nicht aus dem Regenwald. Sie stammen aus Österreich und seinen unmittelbaren Nachbarländern. Nebenprodukte aus der Biotreibstoffproduktion ersetzen Futtermittelimporte aus Übersee und tragen damit dort zum Schutz des Regenwaldes bei. 800 km² Anbaufläche für Rohstoffe zur Bioethanol-Produktion sparen 130.000 Tonnen Benzinimporte ein und schützen durch Reduktion von Futtermittelimporten 600 km² Regenwald. Bei Rohstoffen für die Biodieselproduktion substituieren 1.000 km² Anbaufläche einen Dieselimport von 100.000 Tonnen. Nebenprodukte werden zu Futtermitteln weiterverarbeitet und erhalten so 600 km² Regenwald.

.ppt

PRÄSENTATION 75: Biogene Treibstoffe: Einsatz und Produktion (9 Folien)

in einer Mühle zermahlen und gepresst. Der Ölgehalt beträgt bei Raps rund 40%. Die übrigen 60% der zermahlene Rapsamen entfallen auf den Pressrückstand, der auch Rapskuchen genannt wird. Dieser hat einen hohen Eiweißgehalt und wird in der Futtermittelindustrie weiterverwendet.

Um aus dem Pflanzenöl Biodiesel zu produzieren, muss das Öl über die „Umesterung“ chemisch umgewandelt werden. Dies ist notwendig, weil das Pflanzenöl aufgrund seiner molekularen Struktur für den Einsatz als Kraftstoff in serienmäßigen Dieselmotoren nicht geeignet ist. Durch Zugabe von Methanol und einem Katalysator wird aus dem Öl bei der Umesterung Biodiesel: Bei Temperaturen von 50°C bis 65°C wird das Rapsöl-Methanol-Gemisch in einem Rührkessel mit Wärmetauscher für mehrere Stunden gerührt. Nach dem Abkühlen im Absetztank liegt das Gemisch in zwei Phasen vor: Die obere (leichtere) Schicht ist der Roh-Biodiesel, die schwerere untere Schicht besteht aus Glycerin und Nebenprodukten. Das Glycerin kann nach dem Ablassen aufgearbeitet und für industrielle Zwecke (z. B. in der Pharma- oder Kosmetikindustrie) genutzt werden.

Aus dem Roh-Biodiesel wird in verschiedenen Reinigungsschritten das überschüssige Methanol entfernt. Dadurch entsteht qualitativ hochwertiger Biodiesel mit optimalem Fließverhalten. Nach der Aufbereitung wird der Biodiesel zur Lagerung in große

Tanks gefüllt. In der Regel wird Biodiesel heutzutage dem fossilen Diesel beigemischt. Der Absatz als reiner Biodiesel (B 100) ist nach dem Abbau der Steuervergünstigung für den umweltfreundlichen Kraftstoff nur noch ein Nischenprodukt.



ABBILDUNG 189: Rapsfeld in voller Blüte; Ölpflanzen sind Rohstoff für Pflanzenöl und Biodiesel - BILD: Österreichischer Biomasse-Verband

2.6.3 Stärke- und zuckerhaltige Pflanzen: Rohstoffe für Bioethanol

Als Bioethanol werden Kraftstoffe bezeichnet, die aus Biomasse hergestellt werden. Als Rohstoffe dienen lokal verfügbare Pflanzen mit hohem Stärkegehalt. In Europa sind die Hauptrohstoffe Weizen und Zuckerrüben. In Nordamerika wird hauptsächlich Mais zu Treibstoffzwecken kultiviert, in Südamerika ist es Zuckerrohr. Österreich und seine Nachbarstaaten Ungarn, Slowakei, Tschechien und Slowenien produzieren zusammen mehr Weizen, Gerste und Mais, als sie verbrauchen. Die Nutzung von Biotreibstoffen in Österreich steht in keiner Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion. Der Einsatz von Bioethanol sorgt im Gegensatz zu Sojaimporten aus Übersee für regionale Wertschöpfung.

Der bei der Destillation verbleibene Rückstand, auch Schlempe genannt, ist ein nährstoffreiches Koppelprodukt. Wird Schlempe entwässert, getrocknet und pelletiert, kann sie als hochwertiges Futtermittel genutzt werden. Alternativ kann die Schlempe auch im Fermenter einer Biogasanlage vergoren werden. Das dabei entstehende Biogas lässt sich durch Verbrennen in einem Kraftwerk in Strom und Wärme umwandeln oder zu Biomethan aufbereiten, das ins Erdgasnetz eingespeist wird. Das in der Produktion entstehende CO_2 kommt in der Lebensmittelindustrie zum Einsatz.

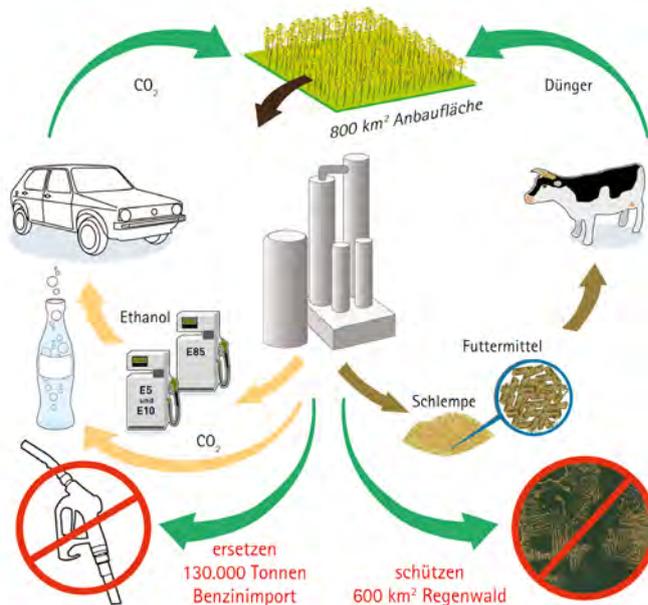


ABBILDUNG 190: Bioethanolkreislauf - QUELLE: LFI, Agrana

Weiter mit: „2.3.2 Energiepflanzen und wertvolle Reststoffe“ K: 4, S: 98

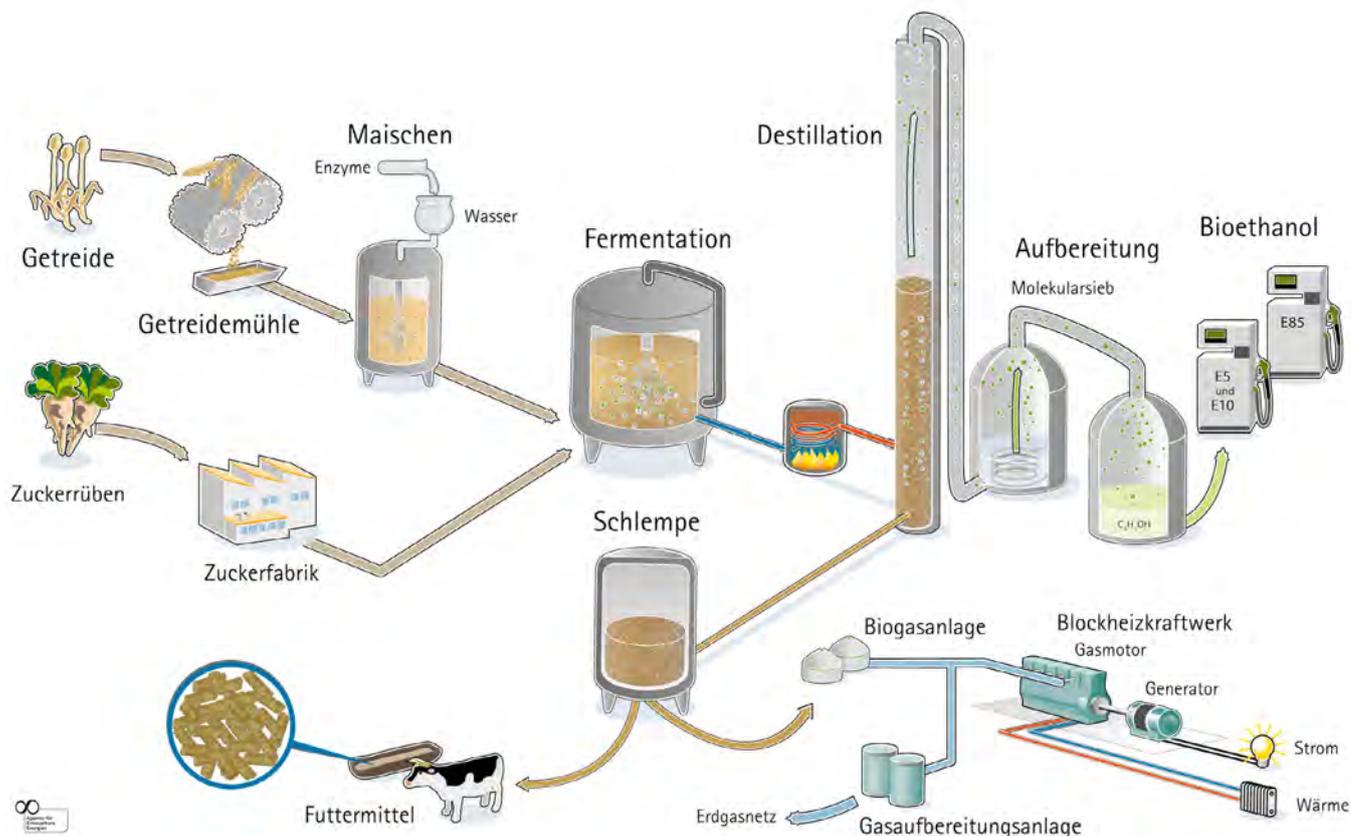


ABBILDUNG 191: Erzeugung von Bioethanol - QUELLE: Agentur für Erneuerbare Energie: www.unendlich-viel-energie.de



4. KAPITEL: ENERGIEZUKUNFT ERNEUERBARE ENERGIE

Biogene Energieträger

Kraftstoff mit 10% Ethanolanteil wird E10 genannt. Dieser Treibstoff wird von fast allen modernen Benzin-Fahrzeugen problemlos vertragen. In Brasilien werden hauptsächlich Fahrzeuge verkauft, die mit beliebigen Mischungen aus Bioethanol und fossilem Ottokraftstoff betrieben werden können, sogenannte Flexible Fuel Cars. Darunter sind auch Modelle von großen europäischen Herstellern. In solchen Fahrzeugen kann auch E85-Kraftstoff mit einem Anteil von 85% Bioethanol eingesetzt werden. In Brasilien kommen Biotreibstoffe seit den 1980er-Jahren verstärkt zum Einsatz. Dies verschafft der brasilianischen Wirtschaft ein hohes Maß an Unabhängigkeit gegenüber dem Ölpreis. Bioethanolproduktion und Urwaldrodung stehen in keinem Zusammenhang. Obwohl die Herstellung von Biotreibstoffen in Brasilien kontinuierlich zugenommen hat, geht die Regenwaldrodung am Amazonas seit 2004 stark zurück. Die Ursache dafür sind staatliche Schutzmaßnahmen.

Bioethanol entsteht durch alkoholische Gärung oder Fermentation, des in den Pflanzen enthaltenen Zuckers. Für stärke- und zuckerhaltige Rohstoffe unterscheidet sich der Produktionsprozess zu Beginn. Eine Mühle zerkleinert zunächst das stärkehaltige Getreide. Die chemische Umwandlung von Stärke in Zucker gelingt damit im nächsten Schritt leichter. Die zerkleinerten Rohstoffe werden beim Maischen unter Zugabe von Wasser und Verzuckerungsenzymen erhitzt. Die zuckerhaltige Maische kann nun unter Zugabe von Hefe im Fermenter der Bioethanolanlage vergoren werden. Bei dem Gärprozess wird der Zucker in Ethanol C_2H_5OH – einen Alkohol – umgewandelt. Im Anschluss werden durch Destillation ein Bioethanol-Wasser-Gemisch sowie ein vom Alkohol befreiter Rückstand voneinander getrennt. Dabei entsteht eine alkoholische Maische mit etwa 12 % Ethanolgehalt. Um das Bioethanol als Kraftstoff einsetzen zu können,

2.7 Strom und Treibstoffe aus Biogas

2.7.1 Erzeugung von Biogas

Biomethan ist ein Gas, das zum Großteil aus Methan besteht und somit nahezu identisch mit Erdgas ist. Allerdings ist es nicht fossilen Ursprungs, sondern wird aus organischen Stoffen wie Energiepflanzen, Wirtschaftsdünger aus der Tierhaltung und biogenen Abfällen erzeugt. Aufgrund der Erdgasqualität stehen beim Biomethan die gleichen Anwendungsmöglichkeiten offen wie beim Erdgas, z. B. der Einsatz in Gasthermen, Gaskraftwerken oder Gas-Kraftfahrzeugen. Der große Vorteil liegt dabei in der CO_2 -neutralen Herstellung von Biomethan. Biogasproduktion bedeutet Energieerzeugung im Kreislauf der Natur. Die Ener-



ABBILDUNG 192: Bioethanolanlage in Pischelsdorf, produziert jährlich rund 220.000 m³ Bioethanol – BILD: Putschögl

wird ein Reinheitsgrad von über 95 % benötigt. Durch die Abtrennung des Wassers kann die gewünschte Kraftstoffqualität erzielt werden. In einem thermischen Trennverfahren wird das schneller in Gasform übergehende Bioethanol durch Verdampfung vom Wasser getrennt. Bioethanol verdampft bereits deutlich unter 100°C, während Wasser bei diesem Temperaturniveau im Entwässerungsbehälter zurückbleibt. Anschließend kondensiert der Ethanol Dampf. Durch einen letzten chemischen Reinigungsschritt mit Hilfe eines Molekularsiebes erreicht das Bioethanol einen Reinheitsgrad von über 99%. So aufbereitet, kann Bioethanol dann in beliebigem Mischverhältnis dem Benzin beigemischt werden. Bei der Herstellung von Zucker fallen zuckerhaltige Säfte an. Diese können direkt im Fermenter der Bioethanolanlage vergoren werden.

gie der Sonne, Regen, die Nährstoffe des Bodens und CO_2 aus der Atmosphäre lassen junge Pflanzen wachsen. Belässt man die Pflanzenmasse nach dem Ernten auf der Fläche, wird die organische Masse von Mikroorganismen zu Nährhumus und CO_2 abgebaut und dient wiederum als Ausgangsprodukt für neues Leben.

Die Natur kennt zwei Vorgänge für diese Kreisläufe. Erfolgt der Abbau des organischen Materials bei Vorhandensein von Luft, so spricht man von Kompostierung oder Rotte. Erfolgt der Abbau des organischen Materials unter Luftabschluss (anaerob),

! Ein Hektar Silomais bindet den jährlichen CO_2 -Ausstoß von drei Menschen. Nebenbei produziert ein Hektar Silomais jedes Jahr 18.000 Kilogramm Sauerstoff bzw. den jährlichen Sauerstoffbedarf von etwa 60 Personen. Die CO_2 -Bilanz von 1 Hektar Silomais, der als Rohstoff für die Biogasproduktion dient, ist sogar dann positiv, wenn man die Verbrennung des Biogases miteinschließt: Etwa 5 Tonnen CO_2 werden pro Jahr gebunden. Zusätzlich bewirkt dieser Biokraftstoff wesentliche Reduktionen bei anderen klassischen Schadstoffen, wie Stickstoff (NO_x), Schwefelwasserstoff (SO_2) und motorbedingtem Feinstaub. Biogas erzielt dank ausgereifter Technologie unter den erneuerbaren Kraftstoffen die höchste Fahrleistung.

so nennt man dies Fermentation. Der Großteil der in der organischen Masse enthaltenen Energie wird dabei zu Biogas umgewandelt. Dieser in der Natur weitverbreitete Prozess findet beispielsweise in Mooren, auf dem Grund von Seen sowie in der Güllegrube statt. Je nach Vorkommen spricht man von Sumpfgas, Faulgas, Klärgas, Grubengas, Deponiegas oder im Bereich nachwachsender Rohstoffe und biogener Abfälle eben von Biogas. Biogas besteht hauptsächlich aus Methan (rund 60%) und CO_2 (etwa 40%) sowie Spuren anderer chemischer Verbindungen. Das Biogas wird durch eine Membran gefiltert und somit von anderen Stoffen wie CO_2 , Wasser, Schwefelwasserstoff und Stickstoffen getrennt. Der Methangehalt des Biogases kann dadurch bis auf Erdgasqualität (über 98% Methangehalt) angehoben werden. Bei einem so gereinigten Biogas spricht man auch von Biomethan. Auch in den meisten Erdgasvorkommen befinden sich Spuren anderer chemischer Verbindungen, die durch solche Membrane abgeschieden werden.

In der Vorgrube werden Gülle und andere Substrate zwischengelagert und eventuell zerkleinert, verdünnt oder gemischt. Substrate sind die feste oder flüssige Biomasse, die im Fermenter zur Biogaserzeugung eingesetzt werden. In Biogasanlagen kommen Energiepflanzen (z.B. Mais und anderes Getreide, Schilfgras), Reststoffe wie Ernterrückstände (z.B. Rübenblätter), tierische Exkremente (z.B. Gülle, Mist), Nebenprodukte der Lebensmittelproduktion (z.B. Fette, Speisereste, Kartoffelschalen) oder organische Abfälle (z.B. Klärschlamm) zum Einsatz.

Der Fermenter (auch Gärbehälter, Faulbehälter oder Bioreaktor) ist das Kernstück der Biogasanlage. In diesem dunklen und isolierten Behälter wird Biomasse unter Ausschluss von Licht und Sauerstoff durch Mikroorganismen abgebaut. Aus den Abbauprodukten dieses Gärprozesses bilden methanogene Bakterien

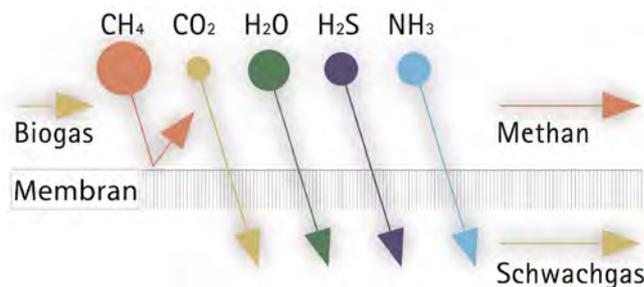


ABBILDUNG 194: Schema der Biogasreinigung mittels Membranverfahren
 BILD: ARGE Kompost & Biogas Österreich

Methan und Kohlendioxid. Der Fermenter ist beheizt und verfügt über eine Durchmischungseinrichtung sowie eine Möglichkeit zur Entnahme des Biogases.

Das entstehende Biogas wird in der Haube direkt über dem Substrat gespeichert. Es kann direkt in ein Blockheizkraftwerk geleitet werden, wo es in einem Gasmotor zur Strom- und Wärmeerzeugung verbrannt wird. Alternativ lässt sich das Biogas in einer Gasaufbereitungsanlage reinigen. Bei dieser Biogasaufbereitung wird der Methangehalt des Biogases gesteigert, um seine Zusammensetzung jener von konventionellem Erdgas anzugleichen. Dazu muss das Biogas veredelt werden, d.h. Schwefelwasserstoff, Kohlendioxid und andere Schadgase müssen entfernt werden. Aufbereitetes Biogas wird auch als „Bioerdgas“ oder Biomethan bezeichnet. Es kann direkt in bestehende Erdgasnetze eingespeist werden oder als Kraftstoff in Erdgasautos genutzt werden. Mit Biogas lassen sich auch ein Gasmotor oder eine Gasturbine bewegen, die wiederum einen Stromgenerator antreiben. Ist das Substrat im Fermenter vergoren, kommt es zunächst ins Gärrestelager, um dann als hochwertiger Dünger

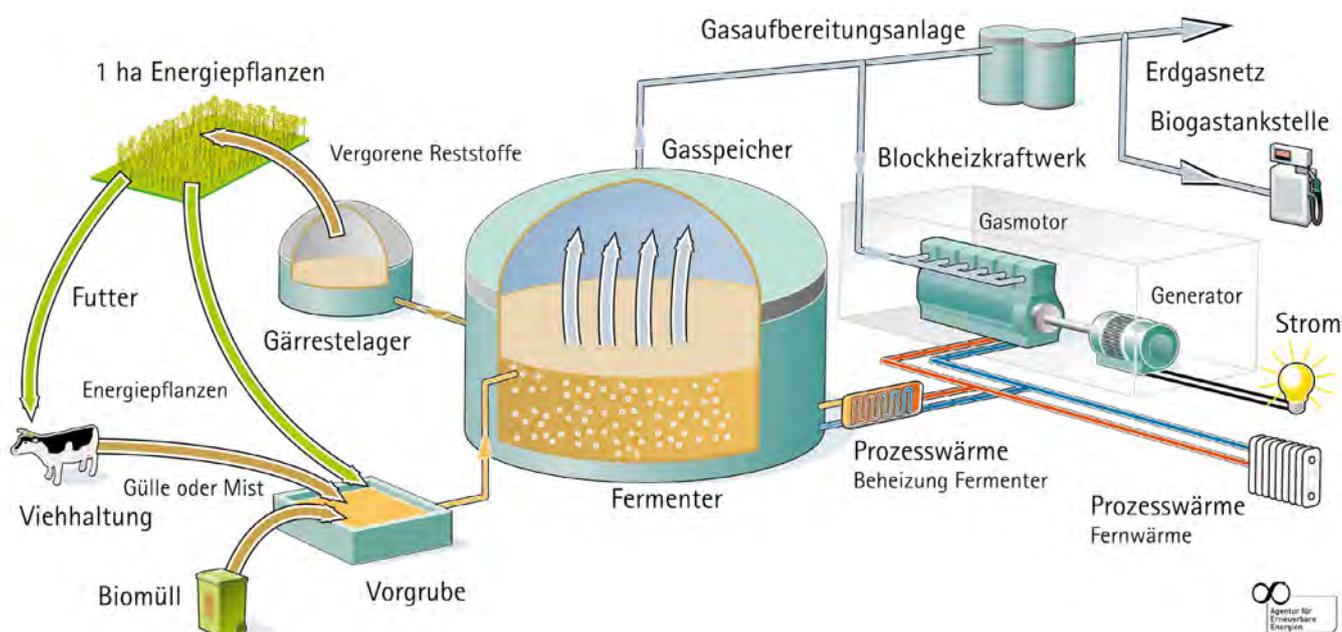


ABBILDUNG 193: Biogaskreislauf - QUELLE: Agentur für Erneuerbare Energie: www.unendlich-viel-energie.de

4. KAPITEL: ENERGIEZUKUNFT ERNEUERBARE ENERGIE

Biogene Energieträger

	100 Milchkühe	100 Mastrinder	100 Mastschweine	100 Zuchtschweine	1 Hektar Grünland	1 Hektar Silomais (18 t TS)	1 Hektar Luzerne (14 t TS)
m ³ Biogas / Tag	210	60	15	20	14	32	20
kW _{el}	17	5,3	1,2	1,9	1,2	2,5	1,5
kWh _{el} / Jahr	150.000	46.000	10.500	16.500	10.000	21.000	13.500

ABBILDUNG 195: Biogaskapazität verschiedener Roh- und Abfallstoffe im Vergleich

QUELLE: ARGE Kompost & Biogas Österreich, Statistik Austria; durchschnittlicher Stromverbrauch je Haushalt 2012: 4.187 kWh

! Für die Biogasproduktion eignen sich Gülle und feste Biomasse. Mit einem Rind von 500 kg Gewicht kann pro Tag eine Gausausbeute von maximal 1,5 Kubikmeter erzielt werden. Energetisch entspricht dies in etwa einem Liter Heizöl.

genutzt zu werden. Eine zweite Stufe der Vergärung in einem weiteren Fermenter kann nachgeschaltet werden, um aus den Gärresten noch mehr Biogas zu gewinnen. Neben Biogas entsteht in diesem Prozess der Fermentationsrückstand, ein Nebenprodukt, in dem fast der gesamte Nährstoffgehalt der Ausgangsprodukte verbleibt. Daher eignet sich der Fermentationsrückstand ideal als organischer Dünger. Biogas ist ein energiereiches Methan-gas, das nach Aufbereitung dem Erdgas ident ist. Wie viel Biogas in einer Biogasanlage entsteht, ist abhängig von der Menge und Qualität der eingesetzten Rohstoffe, der Temperatur und der Verweildauer im Fermenter.



ABBILDUNG 196: Biogasanlage in Ramstein, Deutschland, mit einer Leistung von 250 kW - BILD: Juwi

.ppt

PRÄSENTATION 76: Einsatz und Produktion von Biogas (7 Folien)

2.7.2 Biogas für Kraftfahrzeuge

Da Biogas in seinen chemischen Eigenschaften mit Erdgas ident ist, können Fahrzeuge, die für den Erdgasbetrieb konzipiert sind, ebenso mit Biogas betrieben werden. Um es an Tankstellen als Treibstoff anbieten zu können, muss es verflüssigt werden.

Zahlreiche Autohersteller produzieren bereits sogenannte CNG-Fahrzeuge, die auch mit Biomethan betrieben werden können. CNG steht dabei für Compressed Natural Gas. Die Linz AG betreibt beispielsweise zwei Drittel ihrer Busflotte für den Linzer Nahverkehr mit Biomethan. In Österreich gab es mit Stand 2013 175 CNG-Tankstellen und drei öffentliche Biomethan-Tankstel-

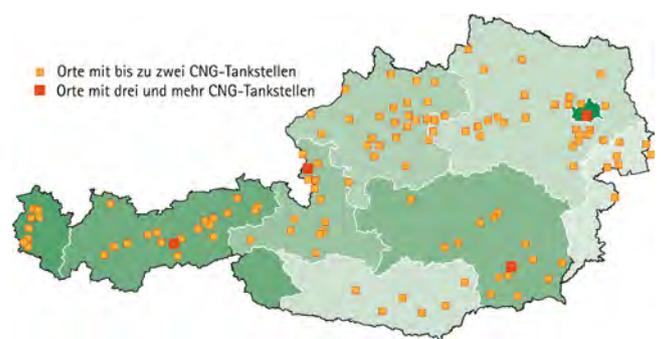
len, die direkt an Biogas-Aufbereitungsanlagen angeschlossen sind (Güssing, Margarethen am Moos und Eugendorf). Im Verhältnis zur Landesgröße gibt es in keiner Nation Europas mehr Tankstellen. Europaweit stehen über 3.000 CNG-Tankstellen für die Betankung mit Biomethan bereit.

Zahlreiche Automobilhersteller bieten bereits Pkw an, die mit Biogas betankt werden können. Iveco, Mercedes Benz, Renault und Scania haben Lkw mit Erdgasantrieb im Angebot. Busse mit Erdgasbetrieb sind von den Konstrukteuren MAN, Mercedes-Benz, Scania und Volvo erhältlich.



ABBILDUNG 197: (links) verschiedene CNG-Fahrzeuge führender Autohersteller, (rechts) CNG-Tankstellennetz Österreichs

QUELLE: www.Erdgasauto.at - BILD: Mercedes NGT, Citroën GNV, Honda CNG, VW TSI Ecofuel und Volvo Bi-Fuel



Energiegehalt und Fahrleistung Rohstoffe für Biomethanproduktion	Endenergie [kWh]	Pkw Kilometerleistung [km]
Silomais (1 ha)	54.000	89.900
Grünland (1 ha)	30.000	49.900
Mist von 100 Kühen (1 Jahr)	394.000	656.200
Fäkalien von 1.000 Menschen (1 Jahr)	122.000	203.100

CO ₂ -Bilanz Beispiel Silomais für Biogasproduktion (je Hektar)	
CO ₂ -Bindung je ha Silomais (bei 18 t Trockenmasse)	+ 25.200 kg
CO ₂ -Einsparung Handelsdüngereinsparung (Rückführung der Fermentationsrückstände)	+ 423 kg
CO ₂ -Ausstoß der Kulturführung und Ernte	- 619 kg
CO ₂ -Ausstoß durch die Verbrennung von Biogas	- 10.746 kg
CO ₂ -Begleitgas im Biogas	- 9.108 kg
CO₂-Bilanz Gesamt	+ 5.150 kg

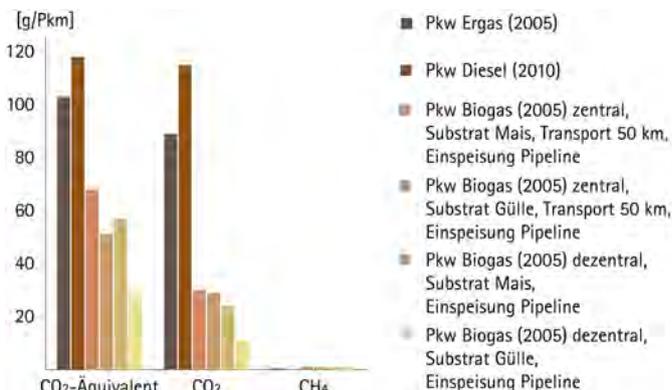


ABBILDUNG 198: (links) Energiegehalt und Fahrleistung verschiedene Biogasrohstoffe, Beispiel CO₂-Bilanz von Silomais, (rechts) Klimaschädliche Emissionen verschiedener Kraftstoffe im Vergleich - QUELLE: ARGE Kompost & Biogas Österreich, Berechnungsgrundlage Kilometerfahrleistung: Verbrauch von etwa 4,6 kg/100 km

2.8 Strom aus Biomasse

Strom kann aus festen, flüssigen und gasförmigen Bioenergieträgern gewonnen werden. Theoretisch können sämtliche biogenen Rohstoffe zur Stromerzeugung eingesetzt werden. In Österreich werden dafür zu einem großen Teil holzbasierte Rohstoffe herangezogen.

Die Bedeutung der Biomasse wird in der Diskussion rund um die erneuerbare Stromerzeugung oft unterschätzt. Hinter der Wasserkraft nimmt Strom aus Biomasse in Österreich den größten Anteil am erneuerbaren Strom ein. Als rohstoffgebundener Energieträger hat Biomasse den Vorteil, ganzjährig und rund um die Uhr zur Verfügung zu stehen; so können saisonale Schwankungen der Wasserkraft und Windkraft sowie tägliche Änderungen bei der Photovoltaik ausgeglichen werden. Liefert eine Photovoltaik-Anlage etwa 1.000 Stunden Strom im Jahr, kann es eine Biomasseanlage auf mehr als 8.000 Stunden im Jahr bringen. Neben fester Biomasse werden auch Laugen aus der Papierin-

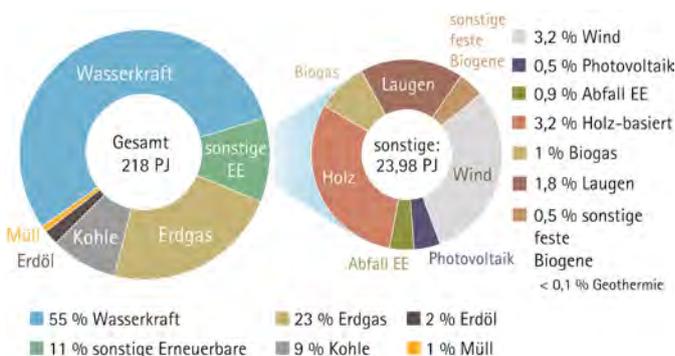


ABBILDUNG 199: Stromaufbringung in Österreich 2011 - QUELLE: Statistik Austria

dustrie, Biogas und Biotreibstoffe zur Stromerzeugung eingesetzt. Biomasse hat als Energieträger gegenüber fossilen Konkurrenzprodukten aus Öl, Gas und Kohle entscheidende Vorteile.

2.8.1 Strom aus Holz

Je nach Leistungsbereich kommen verschiedene Technologien für die Stromerzeugung aus fester Biomasse zum Einsatz. Bei der Holzvergasung wird das Holz unter Luftabschluss erhitzt und das entstehende Gas in einem Verbrennungsmotor in Strom umgewandelt. Im mittleren und großen Leistungsbereich wird durch die Holzverbrennung Dampf erzeugt, der in einer Dampfturbine oder in einem Dampfmotor zu Strom umgewandelt wird. Die elektrischen Wirkungsgrade liegen je nach Technologie und Anlagengröße zwischen 12 und 30%. Nutzt man – wie im österreichischen Ökostromgesetz vorgeschrieben – auch die bei der Verstromung anfallende Wärme, sind Brennstoffnutzungsgrade von bis zu 85% möglich. Besonders die Holzvergasung erlebt derzeit eine Renaissance, da sie auch in kleinen Anlagen hohe Wirkungsgrade ermöglicht. Mit dem Stirlingmotor gibt es eine technische Lösung für die Biomasseverstromung im Haushaltsbereich.

In mit Holz befeuerte Dampfkraftwerke können – je nach Anlagengröße – zwischen 12 und 30% der zugeführten Brennstoffenergie in Strom umgewandelt werden, der Rest steht in Form von Wärmeenergie zur weiteren Verwendung zur Verfügung. Als Rohstoff kommt vorwiegend Restholz zum Einsatz. In Kondensationskraftwerken können auch biogene Reststoffe, wie Stroh oder Maisspindeln, verbrannt werden. Durch die Verbrennung wird thermische Energie frei, die zur Dampferzeugung genutzt wird. Der aufgeheizte Dampf erzeugt einen Überdruck im Kessel der Anlage, der genutzt wird, um eine Dampfturbine anzutreiben.

Moderne Dampfkraftanlagen können etwa 40% der thermischen Energie nutzen, um Strom zu erzeugen. 60% der thermischen Energie sind technisch nicht nutzbar. Diese Energie kann über ein Nah- oder Fernwärmenetz zur Bereitstellung von

4. KAPITEL: ENERGIEZUKUNFT ERNEUERBARE ENERGIE

Biogene Energieträger

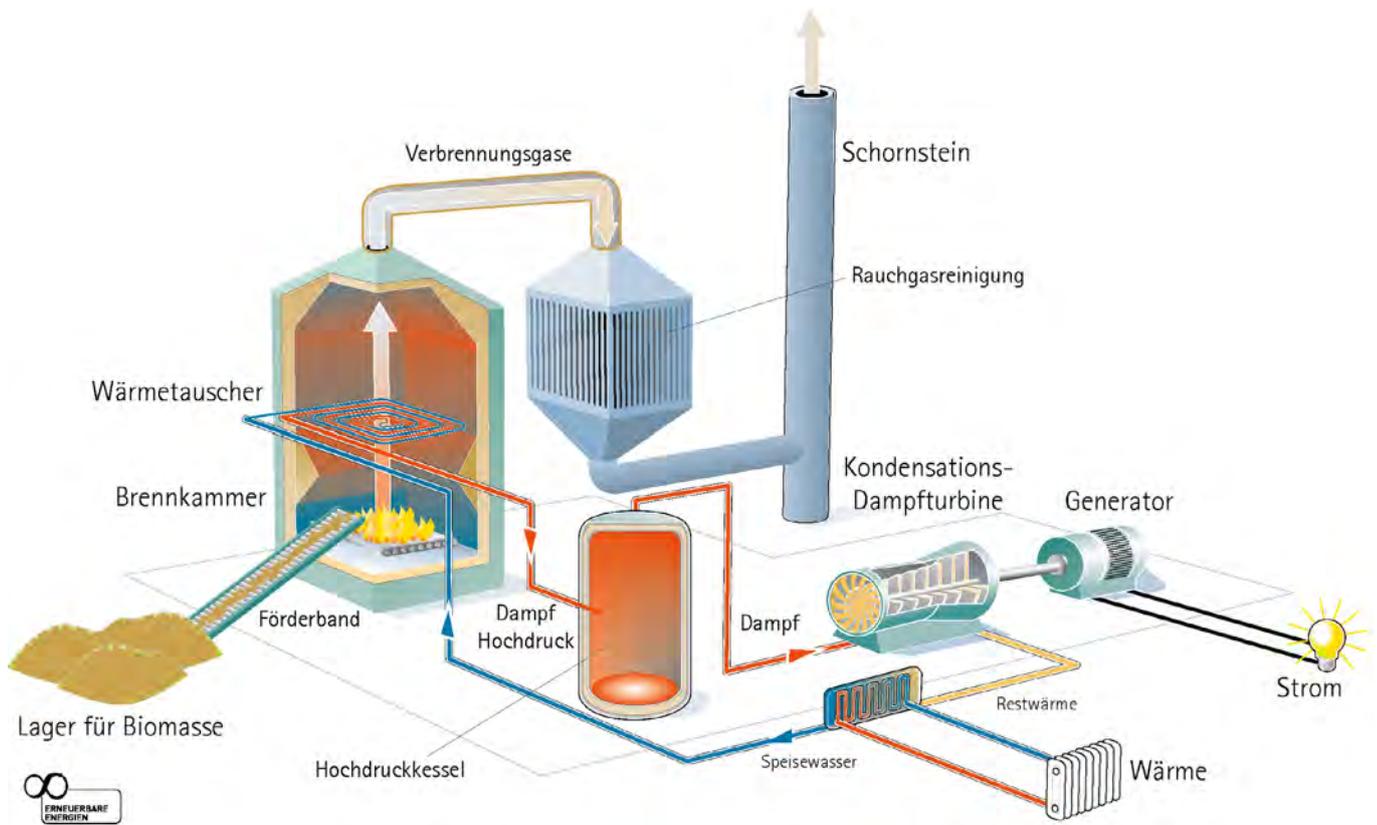


ABBILDUNG 200: Schema KWK, Heizkraftwerk - QUELLE: Agentur für Erneuerbare Energie: www.unendlich-viel-energie.de

Wärme verwendet werden. Wird die Abwärme der Stromerzeugung verwertet, spricht man von einer Kraft-Wärme-Koppelung (KWK). Der Gesamtwirkungsgrad der Anlage steigt dadurch von etwa 35% bei reiner Stromerzeugung auf bis zu 80% und mehr durch die Nutzung der Wärme.

An den Standorten der Papierindustrie können durch die Verbrennung von Laugen Strom und Prozesswärme gewonnen werden. In der Papierherstellung wird das Lignin durch chemische Behandlung aus dem Holz gelöst, und es bleibt Zellstoff übrig. Laugen aus dem energiehaltigen Lignin, Wasser und Chemikalien entstehen als Nebenprodukte. Hinter Holzbrennstoffen machen sie den zweitgrößten Anteil der biogenen Stromerzeugung aus. Aus den Verbrennungsrückständen kann ein großer Teil der Chemikalien dem Prozess erneut zugeführt werden. Bei großen

Kraftwerken bis zu 20 MW spricht man von Heizkraftwerken, kleinere Anlagen werden als Blockheizkraftwerke bezeichnet.

Bei der Holzvergasung wird das Holzgas aus dem Verbrennungsprozess entnommen und in einem Gasmotor oder einer Gasturbine zur Stromerzeugung eingesetzt. Die Abwärme dieser Verbrennungs-Kraftmaschinen kann auch im Sinn einer Kraft-Wärme-Koppelung zu Heizzwecken genutzt werden. Der Gaserzeugungsprozess findet in einem Reaktor bei hohen Temperaturen von bis zu 1.200 °C statt. Unter dosierter Zugabe von Luftsauerstoff bilden sich im Reaktor entsprechende Temperaturzonen aus, in denen sich brennbare Prozessgase sammeln. Unerwünschte Teere und sonstige Schadstoffe werden in einer Hochtemperaturzone weitestgehend in Gas umgewandelt. Das erzeugte Prozessgas wird in der Gasreinigung von verbliebenen Begleitstoffen befreit. Aus dem gereinigten Gas erzeugt ein Blockheizkraftwerk (BHKW) Strom und Wärme. Bei der Verstromung des Prozessgases in Motoren werden je nach Einsatzgebiet elektrische Wirkungsgrade von bis zu 30% erreicht. Diese Technologie ist bereits über 100 Jahre alt. Besonders während der letzten Jahre des Zweiten Weltkrieges und in den Nachkriegsjahren wurden Fahrzeuge aus Treibstoffmangel mit Holzvergasermotoren betrieben. Ein Beispiel für eine große Biomasse-Anlage, die mit dieser Technologie betrieben wird, ist eine 8-MW-Anlage in Güssing (Burgenland). Auch im kleineren Leistungsbereich stehen zum Beispiel für Biomasse-Nahwärmeanlagen technisch ausgereifte Modelle zur Verfügung.

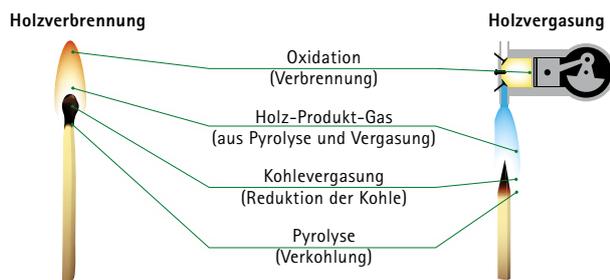


ABBILDUNG 201: Vergleich Holzverbrennung und Holzvergasung - QUELLE: ÖBMV



ABBILDUNG 203: Holzvergasungsanlage in Güssing, 8 MW - BILD: Gerfried



ABBILDUNG 204: PKW mit Holzgasantrieb in Berlin 1946 - BILD: Bundesarchiv



ABBILDUNG 205: 24-Zylinder-Gasmotor 4 MW el. Leistung - BILD: GE Jenbacher

Technik	Strom elektrische Leistung	Wärme thermische Leistung
Stirlingmotor	10-100 kW	30-300 kW
Holzvergaser	10-100 kW	30-300 kW
Industrielle Holzvergasung	5-10 MW	20-40 MW
Einstufige Dampfturbine	100 kW-5 MW	400 kW-20 MW
Mehrstufige Dampfturbine	5-50 MW	20-100 MW
Biomasse-ORC-Prozess	400-1.000 kW	2-5 MW
Dampfkraftwerk	20-30 MW	50-60 MW

ABBILDUNG 206: Strom aus Holz - QUELLE: Österreichischer Biomasse-Verband

PRÄSENTATION 78: Aufbau und Funktion des Stirlingmotors (Animation)

TEXT 63: Wärme und Strom aus Holz (8 Seiten)

.ppt
78
A
63

2.8.2 Strom aus flüssigen biogenen Energieträgern

Zur Stromerzeugung aus flüssigen und gasförmigen Bioenergieträgern werden meistens Verbrennungsmotoren eingesetzt. Die Abwärme dieser Verbrennungskraftmaschinen kann auch im Sinn einer Kraft-Wärme-Koppelung zu Heizzwecken genutzt werden. Neben der direkten Verwendung von kaltgepresstem Pflanzenöl können auch Biodiesel oder Bioethanol als Kraftstoff verwendet werden. Die ökologischen Vorteile, wie der geschlossene CO₂-Kreislauf, bleiben erhalten.

Motoren für Pflanzenöl oder Pflanzenöl-Methylester (Biodiesel) sind im Bereich von 5 bis 500kW serienmäßig erhältlich. Auch als netzunabhängige Stromaggregate, beispielsweise in alpinen Lagen, sind solche Anlagen bestens geeignet. Durch ihre kompakte Bauweise und die hohe Energiedichte von Biokraftstoffen nimmt ihre Nutzung nur wenig Platz in Anspruch.



ABBILDUNG 202: Schnittmodell eines Pflanzenöl-BHKW, 5kW elektrisch, 10kW thermisch - BILD: SenerTec

3 WASSERKRAFT

3.1 Wasserkraft im Binneneinsatz

Fließendes Wasser wird vom Menschen schon seit langer Zeit als Energiequelle genutzt. Es gibt Hinweise darauf, dass durch Wasserkraftbetriebene Schöpfräder schon vor über 2.500 Jahren zur Bewässerung der Felder eingesetzt wurden. Jahrhundertlang nahmen durch Wasserkraft betriebene Getreide- und Sägemühlen oder auch Hammerwerke den Menschen körperliche Arbeit ab. Die Wasserkraft ist die wohl etablierteste Technik zur erneuerbaren Stromgewinnung.

3.1.1 Potenzial, Wertschöpfung und Beschäftigungskette

Seit dem Ende des 19. Jahrhunderts erzeugen durch Wasserkraft angetriebene Turbinen Strom. Wasserkraft hatte im Jahr 2012 einen Anteil von etwa 37 % an der Nutzung erneuerbarer Energiequellen in Österreich. Der Anteil der Wasserkraft an der erneuerbaren Stromerzeugung liegt bei etwa zwei Dritteln. In Österreich wird durch den Einsatz von Wasserkraft jedes Jahr der Ausstoß von etwa 15 Millionen Tonnen CO₂ vermieden, knapp 2 Millionen Tonnen davon durch Kleinwasserkraft.

Nach intensivem Ausbau der Großwasserkraft in den 1960er- bis 1990er-Jahren liegt der Fokus heute vor allem auf Kleinwasserkraftwerken. Das Potenzial an Wasserkraft könnte in Österreich noch um 25% gesteigert werden.

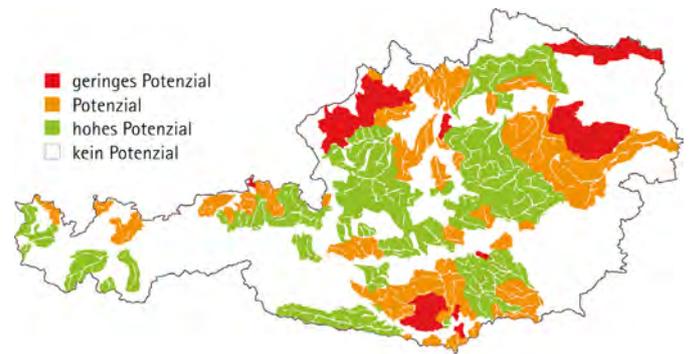


ABBILDUNG 207: Geografisches Potenzial der Wasserkraft in Österreich
QUELLE: Pöyry



ABBILDUNG 208: Kleinwasserkraftwerk in Österreich
BILD: Kleinwasserkraft Österreich



ABBILDUNG 209: Weltgrößte Wasserkraftwerk am Jangtse, China. Installierte elektrische Leistung von 18,2 GW - BILD: China Three Gorges Corporation

In Österreich gelten Anlagen bis zu einer Größe von 10 MW als Kleinwasserkraftanlagen. Derzeit speisen etwa 2.800 Kleinwasserkraftwerke CO₂-freien Ökostrom (der im Gegensatz zur konventionellen Wasserkraft auch durch das Ökostromgesetz gefördert wird) in das öffentliche Versorgungsnetz ein. Sie decken damit etwa 9% des österreichischen Strombedarfs bzw. versorgen rund 1,7 Mio. Haushalte (mehr als 50 % der Haushalte in Österreich) mit elektrischer Energie.

Die produzierte Strommenge der österreichischen Kleinwasserkraft im Jahr 2011 entspricht in etwa der Produktion von fünf bis sechs Donaukraftwerken der Größe von Wien-Freudenau (120 MW).

3.1.2 Laufkraftwerke und Speicherkraftwerke

Grundsätzlich gibt es zwei Formen von Wasserkraftwerken, die für die bedarfsorientierte Strombereitstellung eingesetzt werden. Der Grundbedarf an Wasserkraft wird durch Laufkraftwerke, auch Flusskraftwerke genannt, gedeckt, die kontinuierlich Leistung erbringen. Diese reichen von wenigen Kilowatt in Kleinwasserkraftwerken bis zu 300 MW bei großen Flusskraftwerken wie an der Donau.

Weiter mit: „1.1 Erneuerbare Energieträger – Bedeutung und Potenzial“ K: 4, S: 74
Weiter mit: „3.2 Atmosphäre und Hydrosphäre“ K: 7, S: 237



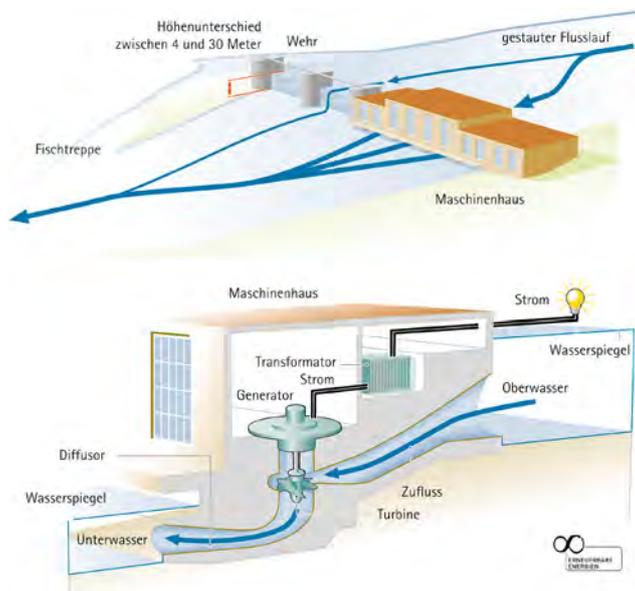


ABBILDUNG 210: Schema Laufkraftwerk

QUELLE: Agentur für Erneuerbare Energie: www.unendlich-viel-energie.de

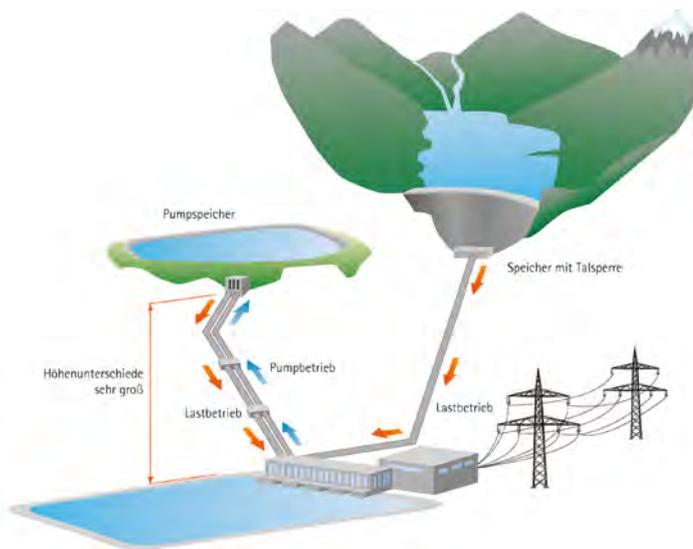


ABBILDUNG 211: Schema Speicherkraftwerk, Pumpspeicherkraftwerk

QUELLE: E-ON

Zur Abdeckung von Bedarfsspitzen werden Speicherkraftwerke eingesetzt. Dieser Kraftwerkstyp setzt sich aus Speicheranlage, Triebwasserzuführung und Maschinenhaus zusammen. Die Speicheranlage dient zum Aufstauen von Wasser. Das Wasser verfügt aufgrund seiner gegenüber dem Maschinenhaus erhöhten Lage über eine hohe potenzielle Energie. Stau- oder Speicheranlagen werden durch natürliche Zuflüsse gespeist; die Staumauer hält das Wasser zusammen. Bei Bedarf wird das Wasser durch Druckstollen oder Druckrohrleitungen zu den Turbinen im Maschinenhaus geleitet. Dort wird die Bewegungsenergie des Wassers mittels Einsatz von Turbinen und Generatoren in Strom umgewandelt.

Eine Sonderform des Speicherkraftwerkes ist das Pumpspeicherkraftwerk. Bei diesem befindet sich unter dem Maschinenhaus ein Auffangbecken, aus dem das Wasser bei Stromüberschuss – zum Beispiel in den späten Nachtstunden – mithilfe von Pumpen wieder in die Speicheranlagen gepumpt wird. Bei Bedarf können diese Kraftwerke in wenigen Sekunden von Speicher- auf Erzeugungsbetrieb wechseln.



ABBILDUNG 212: Donau-Laufkraftwerk Freudenu bei Wien mit 120 MW

BILD: Verbund

3.1.3 Techniken zur Nutzung von Flusswasserkraft

Wasserkraft nutzt die in Wasser gespeicherte potenzielle Energie. Mit steigendem Gefälle und zunehmender Menge an fließendem Wasser erhöht sich das Potenzial zur Stromerzeugung. Es gibt drei gängige Turbinen, die für unterschiedliche geographische Gegebenheiten eingesetzt werden. Bei Flüssen mit mittlerer Durchlaufmenge und mittleren Fallhöhen wird die Francis-Turbine eingesetzt. Sie wurde nach James Francis benannt, der sie Mitte des 19. Jahrhunderts zum Patent angemeldet hat. Sie wird in Lauf- und Speicherkraftwerken verwendet. Das Wasser wird mithilfe eines schneckenförmigen Rohres in einen Drall versetzt

und dann durch ein feststehendes Leitwerk auf die gekrümmten Schaufeln des Laufrades gelenkt. Um die Drehzahl der Turbine bei wechselnden Wasserständen konstant halten zu können, ist das Leitwerk regelbar. Die Francis-Turbine ist eine Überdruckturbine; während der Strömung durch die Turbine nimmt der Wasserdruck kontinuierlich ab. Der Generator, der sich auf der selben (meist horizontal verlaufenden) Achse wie die Turbine befindet, wandelt die Rotationsenergie der Turbine in Strom um. Die mit der Francis-Turbine erreichbaren Wirkungsgrade liegen deutlich über 90%.

4. KAPITEL: ENERGIEZUKUNFT ERNEUERBARE ENERGIE

Wasserkraft

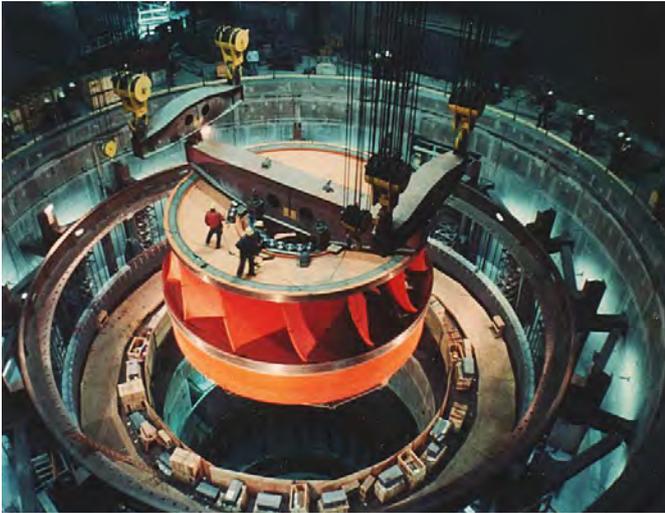


ABBILDUNG 213: Francis-Turbine Grand Coulee Dam, USA - BILD: Verbund



ABBILDUNG 214: Kaplan-Turbine - BILD: US Bureau of Reclamation

Bei großen Flüssen, die viel Wasser führen und geringe Fallhöhen aufweisen, kommen Kaplan-Turbinen zum Einsatz. Sie sind von ihrem Erfinder Viktor Kaplan zu Beginn des 20. Jahrhunderts aus der Francis-Turbine weiterentwickelt und patentiert worden. Das Laufrad einer Kaplan-Turbine gleicht einer Schiffsschraube und wird meist vertikal eingebaut, damit das Wasser von oben durch die Turbine strömen kann. Die Schaufelräder sind verstellbar und können somit optimal auf die Wassergegebenheiten des Flusses eingestellt werden. Das Wasser wird von einer Spirale in Drall versetzt; ein Leitwerk führt das Wasser so, dass es parallel zur Welle auf die Turbinenschaufeln trifft. Die Bewegungsenergie

des Wassers wird an der Turbine in Rotationsenergie umgewandelt. Der Wasserdruck nimmt während der Strömung durch die Turbine kontinuierlich ab. Der Generator wandelt die Rotationsenergie der Turbine in Strom um. Um Getriebeverluste zu vermeiden, wird der Generator auf der Turbinenachse je nach Einbauart direkt hinter oder oberhalb der Turbine angebracht. Die mit Kaplan-Turbinen erzielbaren Wirkungsgrade liegen zwischen 80 und 95%.

Bei großen Fallhöhen und geringeren Durchlaufmengen kommen Pelton-Turbinen zum Einsatz. Diese Turbinenart wurde gegen

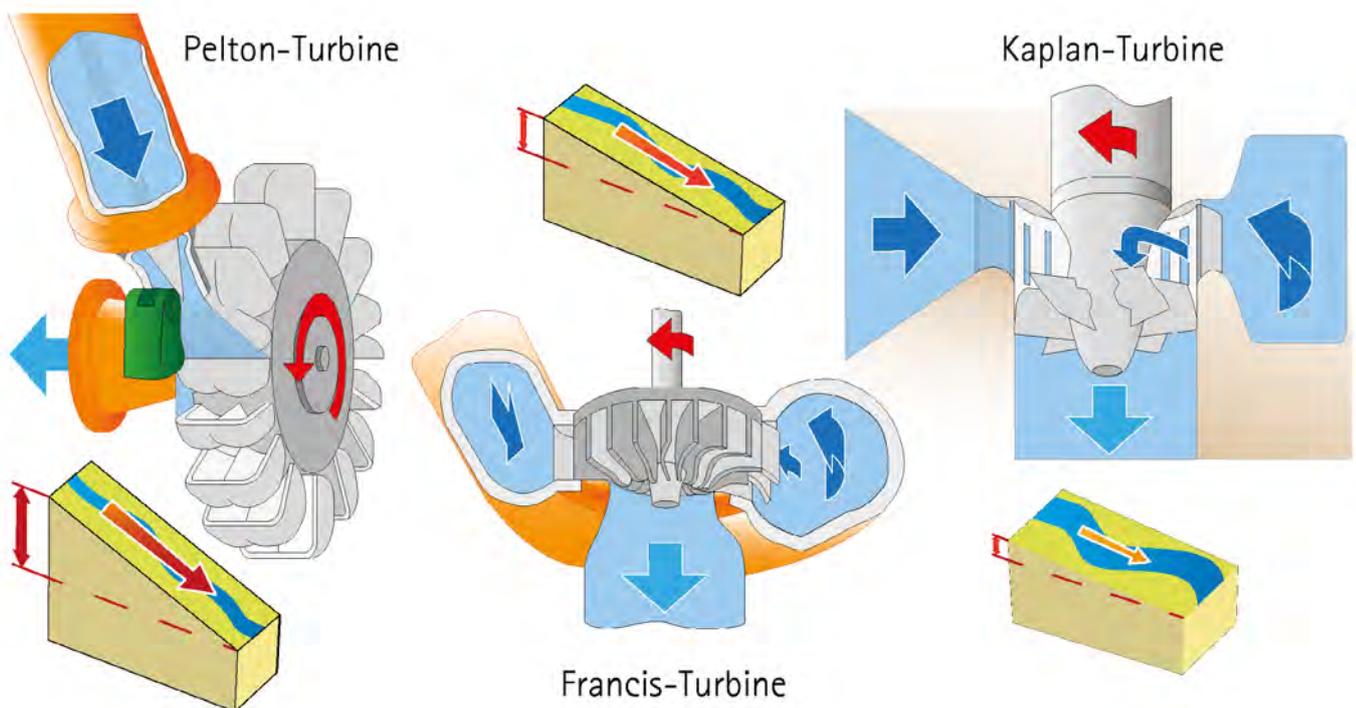


ABBILDUNG 215: Verschiedene Turbinentypen und ihre Einsatzgebiete - QUELLE: www.aquaret.com

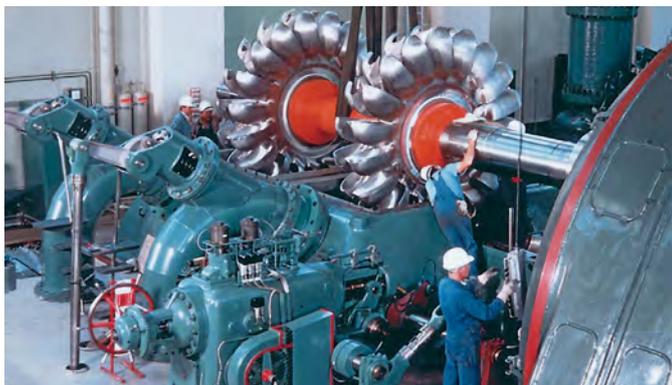


ABBILDUNG 216: Montage von Pelton-Laufrädern im Kraftwerk Walchensee, Deutschland - BILD: Voith Siemens Hydro Power



ABBILDUNG 217: Ober- und Unterbecken des Pumpspeicherkraftwerkes Kaprun, Österreich - BILD: Voith Siemens Hydro Power, Voith Hydro

Ende des 19. Jahrhunderts von Lester Pelton zum Patent angemeldet. In Speicherkraftwerken wird das Wasser aus der Stauanlage durch Druckstollen oder Druckrohrleitungen an die Turbine herangeführt. Der Wasserdruck in den Rohrleitungen beträgt bis zu 200 bar. Das Wasser wird in Form eines Wasserstrahls meist durch mehrere Düsen auf die Turbinenschaufeln gelenkt. Zwischen Düsen-Austritt und Auftreffen auf die Beschauflung herrscht im Strahl selbst normaler Atmosphärendruck. Da das

Wasser vor der Leistungsabgabe am Turbinenrad und danach den gleichen (Umgebungs-)Druck hat, wird die Pelton-Turbine als Gleichdruckturbine bezeichnet. Bei einer Fallhöhe von 1.000 Metern kann das Wasser an der Düse Geschwindigkeiten von über 500 km/h erreichen. Der Wirkungsgrad einer Pelton-Turbine liegt zwischen 80 und 95 %.

PRÄSENTATION 79: Binnenwasserkraft (35 Folien)

3.2 Meeresenergie, Gezeiten- und Strömungskraftwerke

Unsere Meere sind durch unterschiedliche Einflüsse ständig in Bewegung. Es gibt kleine regionale Strömungen, die in kurzen Perioden auftreten, aber auch kontinuierliche globale Strömungen mit großem Einfluss auf das Klima bestimmter Regionen. Meeresströmungen treten sowohl an der Oberfläche der Ozeane als auch in großen Tiefen auf. Die treibenden Kräfte der Strömungen sind meist Temperaturunterschiede, verschiedene Salzgehalte der Meere, die Anziehungskraft von Sonne und Mond sowie die Erdrotation in Kombination mit den Winden. Durch die Erddrehung und die Anziehungskräfte von Sonne und Mond entstehen Ebbe und Flut. An geografisch günstigen Standorten, wie Buchten oder Flussmündungen, kann die Differenz zwischen dem Wasserstand von Ebbe und Flut mehrere Meter betragen. Durch die Abriegelung einer Bucht mit Dämmen kann das ein- und ausströmende Wasser genutzt werden, um Turbinen anzu-

treiben. Diese Kraftwerke können auch als Pumpspeicherkraftwerke eingesetzt werden.

Mit einer installierten Leistung von 254 MW ist das Kraftwerk Sihwa-ho an der Küste Südkoreas weltweit das größte. Aufgrund der hohen Kosten für den Dammbau und die Auswirkungen dieser Bauwerke auf die regionalen Ökosysteme werden nur wenige Standorte genutzt. Bei Gezeitenströmungen kommen heute häufiger Anlagen zum Einsatz, die ähnlich wie Windräder frei in der Strömung stehen. Diese Bautypen werden bei verschiedenen Meeresströmungen verwendet, um Strom zu produzieren. In Nordirland an der Meerenge von Strangford steht seit 2008 eines der leistungsstärksten kommerziellen Strömungskraftwerke. Zwei Rotoren mit einem Durchmesser von je 16 Metern und einem Gewicht von je 27 Tonnen leisten zusammen 1,2 MW.



ABBILDUNG 218: Seagen-Strömungsanlage in Strangford, Nordirland, 1,2 MW
BILD: Siemens Pressebilder



ABBILDUNG 219: Gezeitenkraftwerk La Rance, Frankreich, 240 MW in Staudammbauweise - BILD: Benoit Marember

3.2.1 Alternativer Ansatz Wellenkraftwerke



ABBILDUNG 220: Wellenkraftwerk Limpet, Schottland, 500 kW
BILD: Voith Hydro Pressebilder

Laut dem World Energy Council besteht weltweit ein technisches Potenzial zur Erzeugung von 7.000 PJ in Form von nutzbarer Wellenenergie in Küstennähe. Die Nutzung von Wellenenergie beruht auf sehr jungen Technologien. Es gibt schon einige kommerzielle Kraftwerke, die sich aber noch in der Testphase befinden. In Kraftwerkstypen mit sogenannten pneumatischen Kammern drückt jeder Wellenberg Wasser in kaminartige Betonröhren; jedes Wellental zieht das Wasser wieder aus den Röhren zurück. Am Ende der Röhren befinden sich spezielle Windturbinen.

Die Wells-Turbine kann wechselnde Luftströme in eine gleichbleibende Drehrichtung umwandeln. Benannt ist sie nach ihrem Erfinder Alan Wells, der sie in den späten 1980er-Jahren in Irland entwickelt hat. Nach dem erfolgreichen Betrieb der Versuchsanlage Limpet in Schottland wurde 2011 das erste kommerzielle Wellenkraftwerk in Mutriku, Spanien, in Betrieb genommen. Das Kraftwerk wurde in die bestehende Hafenmauer integriert, arbeitet mit 16 Wells-Turbinen und hat eine Leistung von 300 kW. Durch bewegliche Auftriebskörper, die mit Gelenken verbunden sind, lässt sich die Energie der Wellen nutzbar machen. In den Gelenken befinden sich Hydraulikzylinder, die durch ihre Bewegung eine Arbeitsflüssigkeit über Turbinen in einen Ausgleichsbehälter drücken. Die Anlage Pelamis (griechisch für Seeschlange) ist 150 Meter lang, hat einen Durchmesser von 3,5 Metern und leistet 750 kW. Wegen finanzieller Probleme wurde der Betrieb im Jahr 2009 eingestellt.

Eine weitere Alternative zur Stromerzeugung über Hydraulikzylinder sind sogenannte Waveroller. Diese Anlagen werden in Küstennähe auf dem ansteigenden Meeresboden installiert. Wie Fächer werden vertikal bewegliche Platten von den Wellen bewegt. Diese Bewegungen erzeugen in einem Hydrauliksystem einen hohen Druck, der von einem Hydraulikmotor in Drehbewegung und mithilfe eines Generators in Strom umgewandelt wird.



ABBILDUNG 221: Wellenkraftwerk Limpet, Schottland, 500 kW
BILD: Voith Hydro Pressebilder



ABBILDUNG 222: Wellenkraftwerk Pelamis, 750 kW bei 150 m Länge
BILD: Pelamis Wave Power



ABBILDUNG 223: Waveroller - BILD: AW Energy

Auch hydraulische Bojen sind eine Möglichkeit, die Bewegungsenergie der Wellen in Strom umzuwandeln. Diese Anlagen treiben im Meer. Ein Gewicht am unteren sowie ein Auftriebskörper am oberen Ende halten die Anlage in der Schwebelage. Der Auftriebskörper am oberen Ende wird durch die Wellen gehoben und gesenkt. Die Auf- und Ab-Bewegungen erzeugen in einem Hydrauliksystem Druck, mit dem über einen Hydraulikmotor ein Generator angetrieben werden kann. An günstigen Standorten können ganze Parks dieser Anlagen errichtet werden.

4 WINDKRAFT



„Für mich sind Windräder im positiven Sinn gespenstisch, sie sind energievolle Windgeister. Wenn sich diese riesigen Rotoren im Wind bewegen, hat das fast etwas Mystisches. Wenn ich dieses rote Licht in der Mitte aufblinken sehe, dann sehe ich immer so Riesenwesen mit einem roten Auge, aber eben von Menschen gemachte Wesen – Windriesen gleichsam. Windenergie hat ja etwas sehr naturverbundenes, weil der Wind eines der Naturelemente wie Wasser, Feuer oder Erde ist.“

” Roland Düringer, Schauspieler und Kabarettist “

ABBILDUNG 224: Roland Düringer - BILD: Lukas Beck

Die Windkraft wird seit mindestens 5.000 Jahren vom Menschen zum Antrieb von Schiffen genutzt. Windräder entstanden vermutlich 1.000 Jahre vor unserer Zeitrechnung im Orient. Große Bedeutung erlangte die Windkraft im Mittelalter. Durch

den Einsatz von einfachen, mit Segeltuch bespannten Windmühlen konnte Arbeit verrichtet werden, ohne Futtermittel oder menschliche Arbeitskraft aufzuwenden. Heute erzeugen wir mit modernen Windrädern Strom.

4.1 Potenzial, Wertschöpfung und Beschäftigungskette

Überall wo Wind weht, können Windräder Strom erzeugen. Je mehr Wind, desto höher ist der Stromertrag. Besonders viel Wind weht am Meer. Der Grund dafür ist die glatte Oberfläche des Wassers; sie setzt dem Wind keine Widerstände entgegen. Das Relief des Festlandes verursacht Turbulenzen, durch die der Wind an Energie verliert – erst in größeren Höhen werden diese Turbulenzen wieder geringer. Windräder am Meer werden Offshore-Windräder genannt. Da die Errichtung, die Wartung und der Anschluss ans Stromnetz auf dem Meer sehr teuer sind, kostet die erzeugte Kilowattstunde Strom von Windrädern an Land (Onshore-Windräder) um zwei Drittel weniger. Laut einer Studie der US-amerikanischen Akademie der Wissenschaften wird das technisch erschließbare Potenzial der Windkraft auf 2.500 Exajoule geschätzt, etwa das Fünffache des globalen Energiebedarfs von 2011. Österreich hat aufgrund seiner geografischen

Lage besondere Windstandorte vorzuweisen. In Ostösterreich können sowohl das Westwindssystem vom Atlantik als auch das kontinentale Windsystem aus dem Südosten zur Windstromproduktion genutzt werden. Darüber hinaus wird der Wind durch einen Düseneffekt zwischen Alpen und Karpaten zusätzlich beschleunigt. Dadurch sind die Windkraftstandorte im Weinviertel und Nordburgenland mit Standorten knapp hinter der Nordseeküste vergleichbar.

Ende 2013 waren weltweit mehr als 300.000 MW Windkraftleistung ans Stromnetz angeschlossen. Mit einem Ausbau von knapp 45.000 MW wächst die weltweite Gesamtkapazität jährlich um rund 20%. In Europa sind in etwa 40 % der weltweiten Windkraftleistung installiert. Neben Europa sind vor allem China und die USA die Hauptwindmärkte. Auch Südamerika und Indien



ABBILDUNG 225: E 126, Rheinland Pfalz, Deutschland

BILD: Juwi, www.aquaret.com

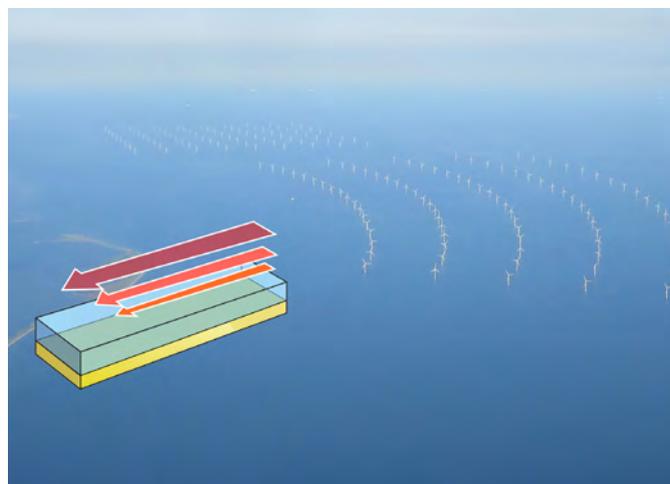


ABBILDUNG 226: Offshore-Windpark Nysted, Dänemark

BILD: Koppelius, www.aquaret.com

4. KAPITEL: ENERGIEZUKUNFT ERNEUERBARE ENERGIE

Windkraft

sind stark im Kommen. Allein in Europa wird durch Windstrom jährlich die Emission von rund 150 Millionen Tonnen CO₂ vermieden. Das ist fast doppelt so viel wie der gesamte CO₂-Ausstoß Österreichs. Die komplette installierte Leistung an Windkraft in Europa lag 2012 bei knapp 106.000 MW. Damit wurden Investitionen von etwa 15 Milliarden Euro ausgelöst. Die Windenergie erzeugt mit 230 Milliarden kWh 7% des europäischen Stromverbrauches.

Die Erneuerbaren führen den Kraftwerksausbau in Europa an und stellen die fossilen Energien in den Schatten. 2012 war bereits das fünfte Jahr in Folge, in dem mehr erneuerbare Energiekapazität als alle anderen Formen ausgebaut wurde. In Österreich lieferten Ende 2013 rund 870 Windräder mit einer Leistung von knapp 1.700 MW sauberen Strom in das Netz. Das ist Strom

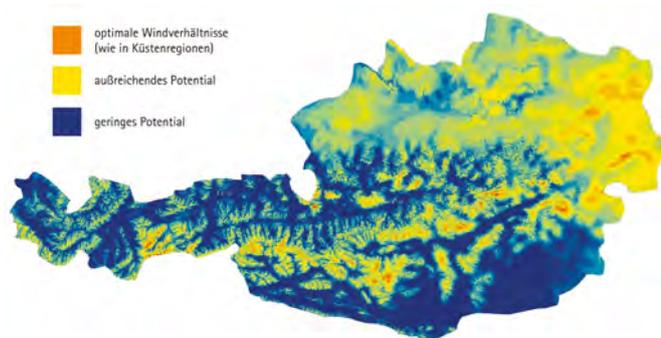


ABBILDUNG 227: Typische Windsituation in Österreich, Windkarten zur Prüfung von Standorten - BILD: IG-Windkraft

für rund 30 % aller österreichischen Haushalte. Bis 2020 wird die Windkraftleistung in Österreich auf 3.500 MW angewachsen sein und so viel Strom erzeugen, wie rund 60% aller österreichischen Haushalte verbrauchen.

Mehr als 4.000 Menschen in Österreich haben einen Arbeitsplatz, der direkt mit der Windindustrie verbunden ist. Über 120 österreichische Unternehmen sind Lieferanten für Hersteller von Windkraftanlagen am internationalen Markt und sorgen mit einem Exportvolumen von mehr als 500 Millionen Euro für eine äußerst positive Handelsbilanz. Ob an einem bestimmten Standpunkt eine Windkraftanlage errichtet wird, hängt von vielerlei Faktoren ab. Zuerst muss geprüft werden, ob sich ein Standort überhaupt für den wirtschaftlichen Betrieb eignet. Dazu werden rund ein Jahr lang Windmessungen durchgeführt. Fällt das Ergebnis positiv aus, müssen aber noch viele Kriterien erfüllt werden, bis dieser tatsächlich bewilligt wird.

In einem ersten Schritt muss die Gemeinde, auf deren Gebiet ein Windpark errichtet werden soll, den Aufstellungsort umwidmen. Ohne Zustimmung der Gemeinde kann daher kein Windrad errichtet werden. In weiterer Folge muss das Projekt in umfangreichen Genehmigungsverfahren beim Land und bei der zuständigen Bezirkshauptmannschaft genehmigt werden. Es werden unter anderem Gutachten von Naturschutzsachverständigen, Ornithologen, Schallgutachtern und Luftfahrtsachverständigen eingeholt. Nur nach einer positiven Prüfung aller Sachverhalte wird die Windkraftanlage genehmigt.

! In Österreich lieferten im Jahr 2013 rund 870 Windkraftanlagen Strom für 1.000.000 Haushalte. Das entspricht einer Menge an erneuerbarer Energie, die ausreicht, um ein Elektrofahrzeug 20 Milliarden Kilometer oder eine Million Elektrofahrzeuge 20.000 Kilometer weit fahren zu lassen. Jährlich werden so 2,4 Millionen Tonnen CO₂ eingespart. Ein einziges dieser modernen 3-MW-Windkraftwerke vermeidet den CO₂-Ausstoß von mehr als 2.000 Pkw.



ABBILDUNG 228: Walney Offshore Windfarm mit 367 MW, UK
BILD: Siemens Pressebilder



ABBILDUNG 229: Errichtung von Windkraftanlagen mit 6 MW Leistung und 135m Höhe - BILD: Courtesy of Dong Energy

Nachdem der Wind in höheren Luftschichten gleichmäßiger weht, sind die Windräder in den vergangenen 20 Jahren immer größer geworden. Die größten Windkraftanlagen an Land werden heute mit Nabenhöhen von bis zu 140 Metern und 60 Meter langen Flügeln gebaut. Mit einer Höhe wie der Stephansdom können solche Windkraftanlagen bis zu 7,5 MW leisten.

Ein einziges modernes Windrad hat heute im Schnitt eine Leistung von 3 MW und kann den Strombedarf von mehr als 1.500 Haushalten decken. Eine Verdoppelung der Windgeschwindigkeit verachtfacht die Leistung. Jeder Meter, den ein Windrad höher gebaut ist, steigert den Windstromertrag um 1%.



ABBILDUNG 230: Windpark im Morgennebel - BILD: Markus Haslinger

Weiter mit: „1.3.2 Technologische Sprünge, Effizienz und Preisentwicklung erneuerbarer Energien“ K: 4, S: 84

4.2 Techniken zur Nutzung von Windkraft

Die heute am weitesten verbreiteten Windkraftanlagen sind dreiflügelig. Weht der Wind in den Rotor einer Windkraftanlage, so umströmt die Luft die Rotorblätter. Die Bewegungsenergie des Windes versetzt den Rotor der Windkraftanlage in eine Drehbewegung. Die Rotation wird dann durch einen Generator in Strom umgewandelt und ins Netz eingespeist. Der Wirkungsgrad einer modernen Windkraftanlage liegt bei über 50%. Mehr als 59% können dem Wind aus physikalischen Gründen nicht entzogen werden. Es gibt zwei Arten von Windrädern, jene mit und ohne Getriebe. Das Getriebe wandelt die langsame in eine schnelle Drehbewegung um. Diese wird durch kleinere, schnelllaufende Generatoren in Strom umgewandelt. Bei den getriebelosen Anlagen wird die Drehbewegung direkt in einem großen, langsam laufenden Generator in Strom umgewandelt.

Die Rotorblätter sind heute bis zu 60 Meter lang. An Flügeln mit 100 Meter Länge wird bereits gearbeitet. Aktuelle Modelle werden aus glasfaserverstärktem Kunststoff und zugunsten des niedrigeren Gewichtes in Halbschalen-Sandwichbauweise mit eingebauten Versteifungsholmen gefertigt: Sie sind also innen hohl. In Zukunft werden verstärkt auch leichte Kohlenstofffasern zum Einsatz kommen. Die Form der Rotorblätter beeinflusst die sie umströmende Luft; aufgrund ihrer Wölbung muss diese auf einer Seite der Rotorblätter einen längeren Weg zurücklegen als auf der anderen. An dieser Seite muss die Luft schneller strömen, um den längeren Weg in der gleichen Zeit zurücklegen zu können. Dadurch entsteht auf der längeren Seite ein Unterdruck, der eine Sogwirkung auf die Rotorblätter ausübt und den Rotor dadurch in eine Drehbewegung versetzt. Bei einem Flugzeug wirkt diese Kraft auf die Tragflächen und zieht sie nach oben, bei Segelschiffen zieht sie das Schiff vorwärts.

Ein Windrad ist mit einem Windmesser ausgestattet, der sowohl Windgeschwindigkeit (Anemometer) als auch Windrichtung (Windrichtungsgeber) messen kann. Aufgrund der gemessenen Daten kann die Anlage je Gondel und den gesamten Rotor dem

Wind nachführen. Die einzelnen Rotorblätter sind meist ebenfalls beweglich und werden einzeln optimal in den Wind ausgerichtet. Bei einer typischen Windgeschwindigkeit ab circa 2 m/s (Windstärke 2-3) geht die Steuerung der Anlage in Betrieb. Darunter ist der Wind zu schwach, um das Windrad antreiben zu können.

Bei zu großen Windgeschwindigkeiten schalten sich Anlagen ab, um Schäden durch mechanische Überbelastung zu vermeiden. Dabei wird der Rotor gänzlich aus dem Wind gedreht. Typische Abschaltgeschwindigkeiten liegen bei 20 bis 25 m/s (Windstärke 7-8). Mittlererweile gibt es auch Steuerungssysteme für die Sturmregelung, mithilfe derer die Windkraftanlage durch schrittweises Aus-dem-Wind-drehen der Rotorblätter selbst im Sturm im Teillastbetrieb gehalten werden kann. Solche Anlagen müssen erst bei Windgeschwindigkeiten von 30 bis 35 m/s (Windstärke >12) abgeschaltet werden.

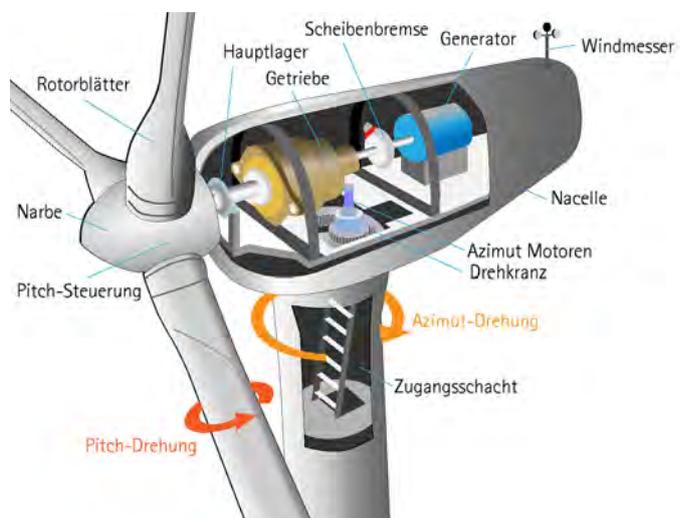


ABBILDUNG 231: Schema einer Pitch-gesteuerten Windkraftanlage
QUELLE: IG-Windkraft





ABBILDUNG 232: H-Rotor, 20 kW, 20 m BILD: Eget Arbete



ABBILDUNG 233: Darrieus-Rotor, 55kW bei 25 m - BILD: Wacker

In kleinen und mittleren Leistungsbereich werden auch vertikal laufende Windmühlen eingesetzt. Eine besondere Form vertikaler Rotoren wird nach ihrem Erfinder Georges Darrieus benannt, der dieses Prinzip 1931 in den USA zum Patent angemeldet hat. Diese Windkraftanlagen zählen zu den Schnellläufern. In der klassischen Form sind die Rotorblätter am oberen und unteren Ende der Welle befestigt und ragen bogenförmig nach außen. Die Zentrifugalkraft verursacht in ihnen nur Zugspannungen und keine Biegemomente. Selbst bei kleinen Windrädern haben sich die dreiflügeligen horizontalen Windräder jedoch in der Praxis zumeist als besser erwiesen.

! Eine moderne Windkraftanlage mit 3 MW Leistung erzeugt pro Jahr Strom für den Verbrauch von mehr als 2.000 Haushalten. Ein einziges Windrad ist also in der Lage, eine kleine Gemeinde zu versorgen. Ein modernes Windrad erzeugt pro Stunde genug Energie, um 65 Jahre täglich eine Stunde fernsehen, mehr als 15.000 Liter Wasser zu kochen oder zwei Jahre rund um die Uhr Playstation spielen zu können.

4.2.1 Experimentelle Windkraftnutzung

Neue Konzepte von Windrädern versuchen auf unterschiedliche Weise, die Windenergie zu nutzen. Keines ist aber derzeit annähernd über das Prototyp-Stadium hinaus, und es ist keine Technologie in Sicht, die die derzeitigen dreiflügeligen horizontalen Windräder ablösen könnte. Eine der Ideen ist die Nutzung von Windenergie ohne den Bau eines Turmes. Der größte Vorteil ergibt sich durch die Windnutzung in großen Höhen. Da der Wind von der Reibung auf der Erde beeinflusst wird, nehmen Windgeschwindigkeit und -kontinuität mit der Höhe zu. Das Konzept aus den USA basiert auf einem mit Helium gefüllten Turbinenballon, der an einem Leitungskabel hängt und dadurch im Boden verankert ist. In einer Höhe von 500 Meter über dem Grund soll die Turbine arbeiten, bei 30 Metern Länge und 13 Metern Durchmesser sollen 100 kW Leistung erbracht werden können.

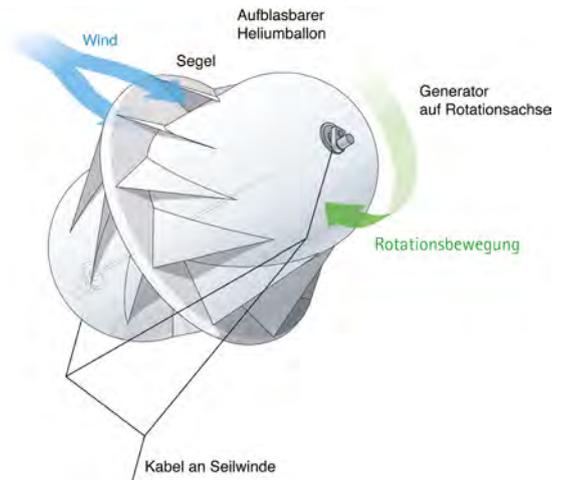


ABBILDUNG 235: Magenn-Airbourne-Turbine Prototyp 10 kW an einer Seilwinde - BILD: Magenn Power Inc.



ABBILDUNG 234: Schema einer turmlosen Windkraftanlage
QUELLE: Magenn Power Inc.

4.2.2 Windkraft und Mobilität



ABBILDUNG 236: Segelboote - BILD: US-NAVY



ABBILDUNG 237: Seegelflugzeug - BILD: Paul Hailday

! Segelboote und Seegelflugzeug. Beide nutzen dasselbe physikalische Prinzip wie Windkraftanlagen: erneuerbare Mobilität durch Windkraft

Segelschiffe waren seit dem Altertum bis zum 19. Jahrhundert die wichtigsten Verkehrsmittel für den Transport von Gütern und Personen über längere Distanzen. Ab dem 19. Jahrhundert wurden sie von Dampf- und Motorschiffen abgelöst. Bis in das 19. Jahrhundert hinein waren auch die meisten Kriegsschiffe Segelschiffe. Später wurde – wie bei den Windmühlen auch – bei der Schifffahrt eine Zeit lang auf die Windenergie vergessen. Die Energie lieferten Verbrennungsmotoren. Heute werden angesichts der langsam zur Neige gehenden fossilen Brennstoffvorräte und des immer stärker voranschreitenden Klimawandels vermehrt Versuche unternommen, die Windenergie wieder zu nutzen. Einige Containerschiffe verwenden bereits heute die Kraft des Windes mittels eines großen Lenkdrachens anstelle traditioneller Segel. Die Drachen verfügen über ein Start- und Landesystem und werden mithilfe eines Computers vollautomatisch gesteuert. Die Lenkdrachen operieren in 100 bis 300 Metern Höhe. Auf einzelnen Fahrten können damit bis zu 30% Treibstoff eingespart werden.

Eine weitere Idee ist die Nutzung des Windes mit Hilfe eines Flettnerrotors. Bereits 1920 wurde diese Technologie von Anton Flettner erfunden. Im Prinzip wird dabei ein sich drehender Zylinder an Deck eines Schiffes angebracht. Die vorbeiströmende Luft erzeugt wie an einem Segel einen Unterdruck und unterstützt das Schiff in seiner Fahrt. Dadurch kann der Treibstoffverbrauch eines Schiffes um 30 bis 50% reduziert werden. Bereits 2008 ließ der Windkrafthersteller Enercon einen 130 Meter langen Frachter mit vier Flettnerrotoren bauen. Beim E-Ship 1 sind diese Zylinder jeweils 25 Meter hoch. Seit 2010 transportiert dieser Frachter Windradteile in alle Welt. Ende 2013 hatte dieses Schiff bereits 170.000 Seemeilen zurückgelegt. Mit einer

Einsparung von 25% konnten in diesem Zeitraum 1.700 Tonnen Treibstoff und damit genauso viel CO₂ eingespart werden, wie mehr als 2.000 Autos in einem Jahr ausstoßen.



ABBILDUNG 238: Theseus mit Drachensegel - BILD: Reederei Wessels

PRÄSENTATION 82: Vielfältig nutzbare Windkraft (6 Folien)

5 DIE DIREKTE NUTZUNG DER SONNENEINSTRALUNG

5.1 Potenzial von Solarthermie und solarer Stromerzeugung

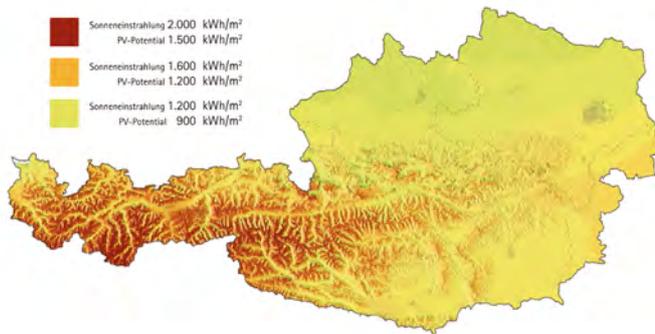


ABBILDUNG 239: Durchschnittliche jährliche Sonneneinstrahlung und Photovoltaik (PV)-Potential in Österreich

QUELLE: Joint Research Centre, Europäische Kommission

Das natürliche Angebot an Energie durch direkte Sonneneinstrahlung übertrifft den Weltenergiebedarf um das 2.800-Fache; das technisch nutzbare Potenzial ist immer noch 6-mal größer als der gesamte Energiebedarf der Menschheit. Die Intensität der Einstrahlung ist nicht an jedem Ort der Erde gleich, sie ändert sich je nach geographischer Lage. Das Angebot der direkten Sonnenenergie variiert mit dem Sonnenstand und den Wetterverhältnissen. Im Lauf des Tages sowie im Verlauf der Jahreszeiten kommt es zu einem unterschiedlichem Angebot an Strahlungsenergie, das über das Jahr gut planbar ist. Weniger gut, aber immer noch in kurzen Intervallen planbar, ist der Einfluss der Wetterverhältnisse auf den Ertrag.

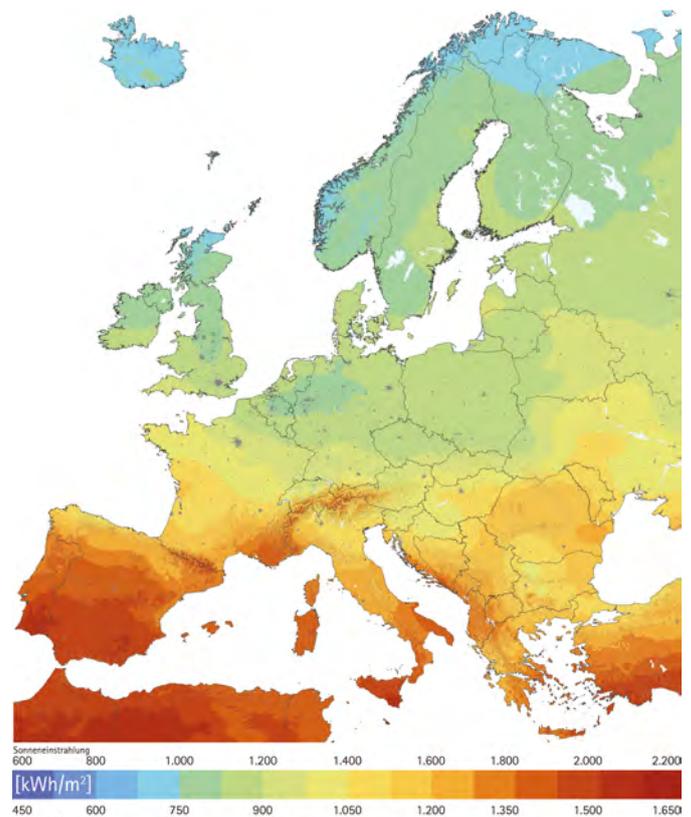


ABBILDUNG 240: Durchschnittliche jährliche Sonneneinstrahlung und PV-Potential in Europa - QUELLE: Joint Research Centre, Europäische Kommission

.ppt

83



7/226

PRÄSENTATION 83: Sonneneinstrahlung, Potenzial und Einsatzbereich Solarthermie (44 Folien)

Weiter mit: „1 Die Sonne, Quelle allen Lebens“ K: 7, S: 226

5.1.1 Solarthermie: Wertschöpfung und Beschäftigungskette durch solare Wärme

Prinzipiell wird zwischen aktiver und passiver Nutzung der direkten Solarenergie unterschieden. Passiv lässt sich die Energie der Sonnenstrahlung über die Bauweise und Ausrichtung von Häusern nutzen. Wird die Energie mit Hilfe eines Sonnenkollektors gesammelt, spricht man von aktiver Nutzung. Durch die aktive Nutzung der Sonneneinstrahlung können Wärme und Strom bereitgestellt werden.

Die Nutzung der thermischen Solarenergie hat in Österreich lange Tradition; sie nahm mit der Nutzung der Sonneneinstrahlung zur Bereitstellung von Warmwasser ihren Anfang. Infolge sinkender Marktpreise für Solaranlagen steigt der Einsatz der Solarkraft zur Bereitstellung von Raumwärme. Die Solarthermie hatte im Jahr 2012 mit 7,3 PJ einen Anteil von 1,7% am Gesamteinsatz der erneuerbaren Energie. Experten gehen davon aus, dass mittelfristig knapp 30 PJ an Energie aus Solarthermie bereitgestellt werden können.

Im Jahre 2012 wurden in Österreich 206.389 m² Kollektoren installiert. Durch die Solarthermie werden in Österreich fast eine halbe Million Tonnen an CO₂-Emissionen pro Jahr vermieden. Eine Solaranlage für Warmwasser und Heizungsunterstützung vermeidet pro Jahr den Ausstoß von rund 2 Tonnen CO₂. In Österreich sind rund 270.000 Solaranlagen für Warmwasser und Raumheizung installiert. 90% der Gesamtfläche sind auf Einfamilienhäusern errichtet, 7% auf Mehrfamilienhäusern, Freizeiteinrichtungen und Hotels. Rund 2% des Ertrages der Kollektorfläche werden in in Nah- und Fernwärmenetze sowie in industrielle Prozesse eingespeist.

Die Kollektorproduktion hat sich seit 2002 von 328.400 m² auf 1,1 Millionen m² im Jahr 2012 mehr als verdreifacht. Im Jahr 2012 wurden 918.000 m² Sonnenkollektoren exportiert; das sind 81% der heimischen Produktion. 45% der Kollektoren gehen nach Deutschland, 15% nach Italien, 6% nach Spanien und Portugal,

4. KAPITEL: ENERGIEZUKUNFT ERNEUERBARE ENERGIE

Die direkte Nutzung der Sonneneinstrahlung

4% nach Frankreich. Der Rest wird im restlichen Europa und der ganzen Welt abgesetzt, von Mexiko und Brasilien bis China. Mit Solaranlagen wurden 2012 etwa 345 Millionen Euro umgesetzt, ein Drittel davon im Installationsgewerbe. Die Solarbranche sichert inklusive der Wartung und Erneuerung bestehender Solaranlagen 3.400 Arbeitsplätze in Österreich. Derzeit werden kaum 2% des gesamten Niedertemperaturbedarfs bis 100 °C in Österreich mit Solarenergie gedeckt. Bis 2020 soll dieser Anteil auf 10% steigen.

! Durch solarthermische Anlagen werden jährlich rund 160 Millionen Euro an Energiekosten und mehr als 400.000 Tonnen CO₂-Emissionen gespart. Alle Kollektoren in Österreich produzieren über ihre Lebensdauer soviel Energie, wie sich in Form von Benzin in einer vollgetankten Autokolonne befindet, die neunmal um den Äquator reicht. Die heimische Kollektorproduktion hat sich in den vergangenen zehn Jahren verdreifacht, die Solarbranche sichert derzeit etwa 3.400 Arbeitsplätze in Österreich.

5.1.2 Photovoltaik: Wertschöpfung und Beschäftigungskette durch solare Stromerzeugung

! Die heimische Photovoltaikbranche beschäftigt etwa 4.500 Menschen. Im Jahr 2010 betrug die heimische Wertschöpfung circa 120 Millionen Euro. 2012 wurden in Österreich durch den Einsatz der Photovoltaik etwa 131.000 Tonnen CO₂ eingespart, 403.000 Tonnen durch die Solarthermie. Etwa 75% des weltweiten PV-Ausbaus erfolgen in Europa.

Gegen Ende des Jahres 2009 waren weltweit etwa 24 GW an installierter Photovoltaik-Leistung zu verzeichnen; ein Jahr später waren es schon 40,7 GW. Ende 2011 waren 71,1 GW installiert und mit Jahresende 2012 bereits etwa 100 GW. Diese Anlagen produzieren Strom, der den Jahresbedarf von über 30 Millionen europäischen Haushalte deckt (110 TWh).

Im Jahr 2012 wurden weltweit Photovoltaikanlagen mit etwa 31,1 GW Leistung errichtet. Photovoltaik ist nach Wasser- und Windkraft weltweit die dritt wichtigste erneuerbare Energiequelle für die Stromerzeugung. In Österreich belegt die Photovoltaik nach Wasserkraft, Biomasse und Windkraft den vierten Platz im Grünstrom-Ranking. Die Top-PV-Märkte waren 2012 Deutschland, gefolgt von China und Italien. Bereits das zweite Jahr in Folge belegt die Photovoltaik Platz eins im europäischen Kraftwerksausbau. Photovoltaik liefert in Österreich mit 1,2 PJ etwa 0,2 % der erneuerbaren Energie und fast 1% des erneuerbaren Stroms. Eine Steigerung auf mehr als das 10-Fache ist möglich. Der PV-Markt wächst beachtlich: 2012 hat sich bereits zum vierten Jahr in Folge die installierte PV-Leistung verdoppelt. 187 MW bis Ende 2011 konnten auf fast 400 MW im Jahr 2012 gesteigert werden. Insgesamt kann in Österreich durch die Photovoltaik der Strombedarf von etwa 260.000 Haushalten gedeckt werden. Bei einer Beibehaltung dieser Marktentwick-

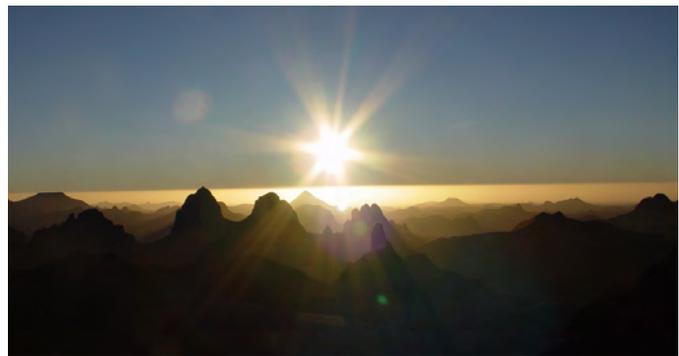


ABBILDUNG 241: Sonnenaufgang in Algerien - BILD: Angeoun

lung könnten bis 2020 etwa 8 % des in Österreich produzierten Stroms aus PV-Anlagen stammen.

Neben der Photovoltaik kann auch durch thermische Solar-kraftwerke Strom bereitgestellt werden. Der Betrieb dieser Sonnenkraftwerke (CSP; Concentrated Solar Power) zur Stromerzeugung ist nur in Gebieten mit hoher Sonneneinstrahlung ab 2.000 kWh pro Quadratmeter und Jahr wirtschaftlich. Spanien ist das europäische Zentrum der solaren Stromgewinnung durch CSP-Kraftwerke, aber auch andere Regionen in Europa oder in Afrika eignen sich als Standorte.

Weiter mit: „5.3.2 Concentrated Solar Power (CSP): Technologien der solaren Stromerzeugung“ K: 4, S: 141

5.2 Solarthermie: Techniken zur Bereitstellung von solarer Wärme

! Der erste Kollektor, der Wasser mithilfe der Sonne erwärmte, wurde 1891 in den USA patentiert. Heute können mit einer kleinen Kollektorfläche von 4 bis 6 m² und einem kleinen Speicher von etwa 300 Litern rund 70 % des jährlichen Warmwasserbedarfs einer vierköpfigen Familie gedeckt werden. Für die Heizungseinbindung wird ein größerer Speicher mit etwa 1.500 Liter Größe benötigt. Je nach Dämmung des Gebäudes ist eine Kollektorfläche von 15 bis 20 m² erforderlich. Solaranlagen können mit allen bestehenden Heizsystemen kombiniert werden. Damit können durch Nutzung der Sonnenstrahlung bis zu 50% der gesamten Warmwasser- und Heizkosten gespart werden.

4. KAPITEL: ENERGIEZUKUNFT ERNEUERBARE ENERGIE

Die direkte Nutzung der Sonneneinstrahlung

Unter Sonnenkollektoren versteht man Vorrichtungen, die zur Sammlung der im Sonnenlicht enthaltenen Energie dienen. Das Herzstück eines Sonnenkollektors ist der Absorber: Von ihm wird die Energie aufgenommen und an ein Trägermedium, das den Kollektor durchfließt, abgegeben. Um die Absorptionsfähigkeit zu erhöhen, sind Absorber in dunkler Farbe gehalten und meist auch mit Titanoxid beschichtet, wodurch sie ihre typische blau schimmernde Farbe erhalten. Mithilfe der Beschichtung werden Absorptionswerte bis zu 95 % erreicht, außerdem wird damit die Abstrahlung (Emission) der gesammelten Wärme minimiert. Dadurch steigt der Wirkungsgrad des Kollektors.

Die Abdeckung eines Absorbers hat mehrere Funktionen: Sie erzeugt einen Glashauffekt, der die Absorptionsfähigkeit der Anlage steigert, dient aber auch zum Schutz vor Umwelteinflüssen. Es gibt unterschiedliche Bauarten von Absorbern, aber auch unterschiedliche hydraulische Systeme von Solaranlagen.

5.2.1 Hydraulische Schaltung thermischer Solaranlagen

Es gibt im Wesentlichen zwei unterschiedliche Betriebsarten von thermischen Sonnenkollektoren. Sie unterscheiden sich in ihrer Hydraulik. Die einfachste Form der hydraulischen Verschaltung wird thermosiphone Solaranlage genannt. Sie verfügt nur über einen Kreislauf: Das Brauchwasser fließt direkt durch den Absorber und wird dort von der Sonne erwärmt. Mittels der natürlichen Konvektion steigt das erwärmte Wasser in den Rohrleitungen zu einem höhergelegenen Speicher. Von dort kann die Wärme in Form von Brauchwasser genutzt werden. Diese Anlagen kommen meist in wärmeren Regionen zum Einsatz. Da Brauchwasser nicht mit Frostschutz angereichert werden kann, ist der Einsatz der Systeme für klimatisch rauere Regionen ungeeignet.

In Israel sind solche Systeme beispielsweise sehr beliebt. Schwere Öl-Versorgungskrisen nach dem israelischen Unabhängigkeitskrieg in den frühen 1950er-Jahren führten dort zu einem verstärkten Ausbau der Solarthermie mit der Folge, dass im Jahr



ABBILDUNG 243: Einfache solare Warmwassersysteme in Israel weit verbreitet
BILD: Feministjulie

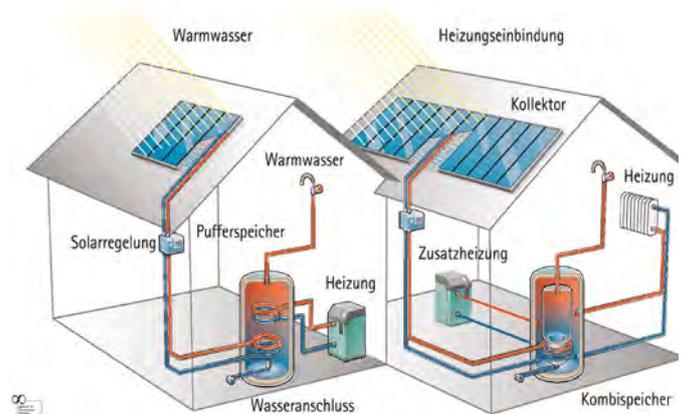


ABBILDUNG 242: Schema einer thermischen Solaranlage
QUELLE: Agentur für Erneuerbare Energie: www.unendlich-viel-energie.de

1983 etwa 60% der Haushalte ihren Warmwasserbedarf über solare Systeme deckten.

Weiter verbreitet ist das System mit zwei Kreisläufen, dem Solar- sowie dem Brauchwasserkreislauf. Das Medium des Solarkreislaufes steht unter Druck und wird von einer Pumpe umgewälzt. Als Folge des Drucks der Flüssigkeit steigt ihr Siedepunkt; somit können höhere Temperaturen bewältigt werden. Solarkreisläufe erreichen im Sommerbetrieb Temperaturen bis zu 120°C. Die Anreicherung des Mediums mit einem Frostschutzmittel soll Frostschäden vermeiden. Das Medium des Solarkreislaufes transportiert die absorbierte Wärme zu einem Wasserspeicher, in dem es die Wärme über einen Wärmetauscher an das Brauchwasser abgibt. Über den Brauchwasserkreislauf kann das erwärmte Wasser entnommen werden. Bei einer Heizungseinbindung befindet sich im Warmwasserspeicher noch ein Wärmetauscher, der dem Speicher Wärmeenergie für den Heizkreislauf entnimmt.



ABBILDUNG 244: Modernes Kollektorfeld
BILD: Austria Solar

5.2.2 Die gängigsten Kollektortypen

Flachkollektoren bestehen aus einem Kasten mit durchsichtiger Abdeckung, einem meist metallischen Absorberblech sowie in Röhren zirkulierender Flüssigkeit, welche die aufgenommene Wärme abtransportiert. Flachkollektoren können Wirkungsgrade bis zu 85 % erreichen. Bei sinkender Außentemperatur nimmt der Wirkungsgrad stark ab; beim Betrieb im Winter liegt er bei etwa 45%.

Bei Vakuum-Röhrenkollektoren liegen die Absorber in mehreren nebeneinander befestigten Glasröhren, in denen ein Vakuum besteht. Aufgrund des Vakuums können die Wärmeverluste gegen die Umwelt nahezu ausgeschaltet werden. In den Röhren wird die Wärme von Alkohol aufgenommen, der durch die Erwärmung verdampft. Anschließend steigt der Dampf in der Röhre auf und gibt seine Wärme an ein vorbeiströmendes Medium ab. Der Dampf kondensiert und rinnt durch die Schwerkraft wieder auf den Boden der Röhre zurück. Diese Anlagen können wie Flachkollektoren Wirkungsgrade bis zu 85% erzielen. Vor allem

bei niederen Umgebungstemperaturen im Winter zeigt sich die Stärke dieser Bauart. Der Wirkungsgrad liegt im Winterbetrieb bei etwa 60 %. Diese Kollektorenart ist in der Anschaffung wesentlich teurer als Flachkollektoren.

Angelehnt an das Prinzip des Flachkollektors lassen sich auch Warmluftanlagen konstruieren. Bei diesen wird die kalte Außenluft in Luftkollektoren erwärmt und direkt über das Lüftungssystem zur Bereitstellung von Raumwärme genutzt. Die im Kollektor erwärmte Luft kann mithilfe eines Ventilators direkt in das Gebäude eingeblasen werden. Dies ist eine einfache und unkomplizierte Variante zum Heizen und Lüften mit der Sonne für die unterschiedlichsten Gebäude. Auch eine Kombination von Luftkollektoren mit Luftheizanlagen ist möglich. In Landwirtschaft und Industrie werden Luftkollektoren schon seit mehreren Jahren erfolgreich zur Trocknung von Heu, Getreide, Kräutern, Obst oder anderer Biomasse eingesetzt. Auch hier wird der Heiz- und Lüftungseffekt der Anlage ausgenutzt.

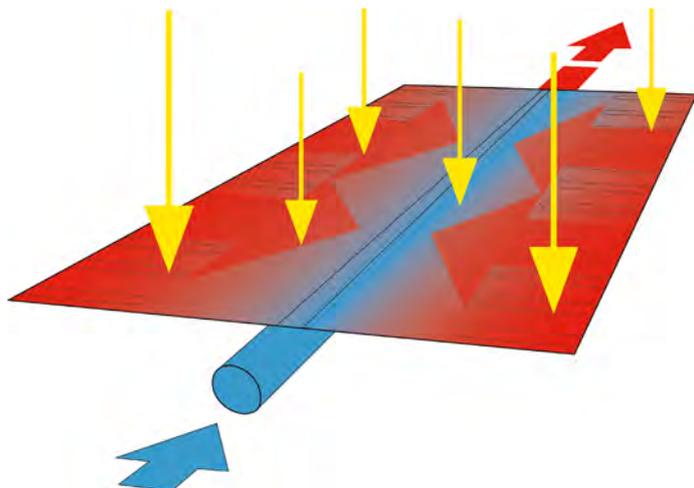


ABBILDUNG 245: Aufbau eines Flachkollektors, (rechts) Fassadenflachkollektor - BILD: GreenOnetec

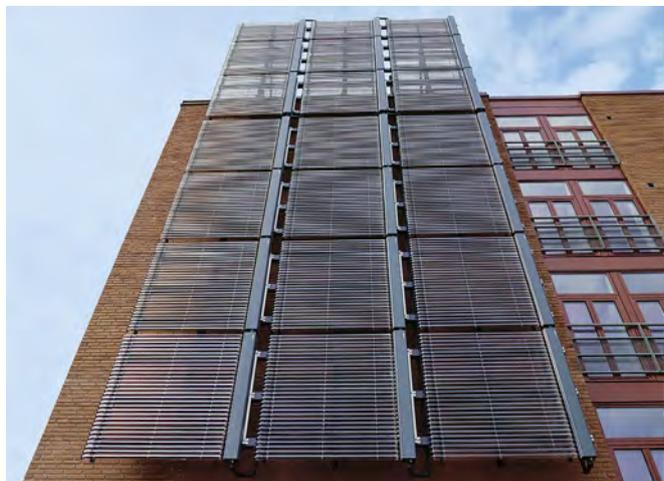
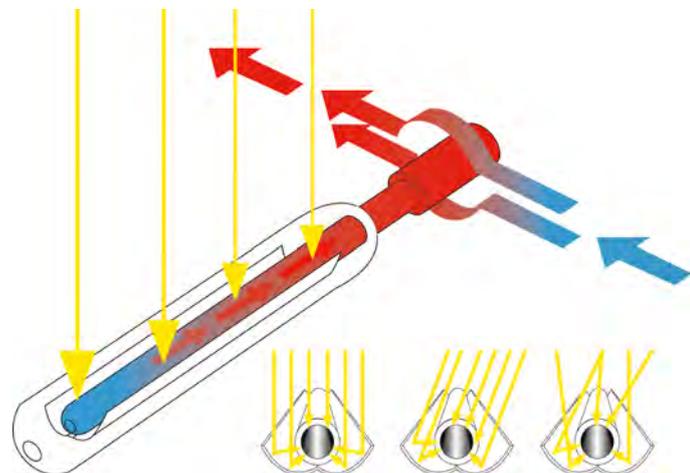


ABBILDUNG 246: Aufbau eines Vakuum-Röhrenkollektors, (rechts) Fassadeninstallation - BILD: BSW

4. KAPITEL: ENERGIEZUKUNFT ERNEUERBARE ENERGIE

Die direkte Nutzung der Sonneneinstrahlung

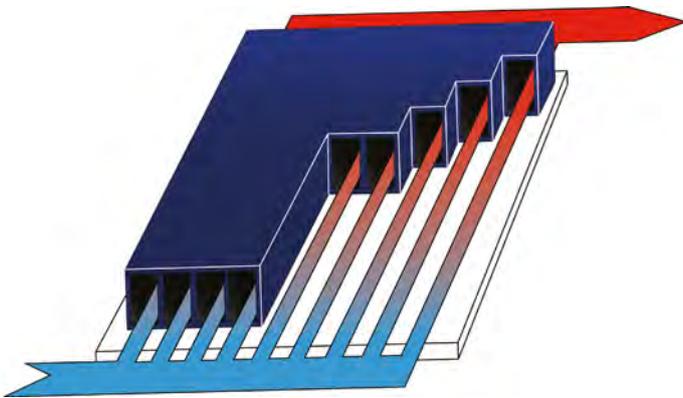


ABBILDUNG 247: Schema eines Luftkollektors, (rechts) Gebäude mit Luftkollektor, in der Fassade integriert, USA - BILD: SolarWall

5.2.3 Solare Kühlung: Ein altes Prinzip steht vor dem Durchbruch

Mitte des 19. Jahrhunderts kombinierte der französische Ingenieur Augustin Mouchot das Kollektor-Prinzip mit den von alters her bekannten Brennsiegeln. Auf diese Weise schuf er die ersten konzentrierenden Kollektoren, die mit ihren hohen Temperaturen Wasser in Dampf verwandeln und damit Dampfmaschinen antreiben konnten. 1866 konnte Mouchot die erste funktionsfähige Solar-Dampfmaschine in Betrieb nehmen. Später konstruierte er für die Pariser Weltausstellung von 1878 eine weitere Maschine, die den solar erzeugten Dampf in eine Eismaschine leitete: So entstand der erste Eisblock, der jemals mit Sonnenstrahlen erzeugt wurde.

Die geschlossenen Verfahren (Kaltwasserverfahren) nutzen das Kühlschranks-Prinzip, wobei die Kompressorpumpe durch die Solaranlage ersetzt wird. Dabei wird ein Gemisch aus Wasser und Kühlmittel (z.B. Ammoniak, Lithiumbromid) von Solarwärme

erhitzt. Das Kühlmittel dampft aus, wird im benachbarten Behälter kondensiert und unter Vakuum auf einen Wärmetauscher versprüht, wo es wieder verdampft. Die Wärme zum Verdampfen entzieht dem Wasser, welches durch den Wärmetauscher fließt, Energie. Das Wasser kühlt sich dabei um etwa 6 °C ab und kann zur Raumkühlung verwendet werden. Danach wird das verdampfte Kühlmittel wieder verflüssigt und mit Wasser gemischt – der Kreislauf beginnt von neuem.

Die offenen Verfahren (Kaltluftverfahren) arbeiten mit Luft anstatt Flüssigkeiten. Warme Außenluft wird angesaugt und über ein sogenanntes Sorptionsrad, das mit Solarwärme erhitzt wird, getrocknet. Die getrocknete Luft wird anschließend mit Wasser besprüht, kühlt sich ab und wird im Gebäude verteilt. Dort sorgt sie für angenehm kühle Raumtemperaturen auch an heißen Sommertagen.

! Die ersten Versuche zur solaren Kühlung gab es bereits im 19. Jahrhundert; heute steht die Technik der solaren Kühlung kurz vor dem Durchbruch. Der weltweite Bedarf nach Kühlung steigt seit Jahren stärker als der Bedarf nach Heizung. Weltweit waren Ende 2011 rund 1.000 solare Kühlanlagen in Betrieb. Die meisten Anlagen stehen in Deutschland und Spanien. Gekühlt werden vor allem Bürogebäude, Laboreinrichtungen, Hotels und Industrieanlagen – vereinzelt auch Krankenhäuser, Sportcenter oder Weinkeller. Die Kosten solarer Kältemaschinen liegen bei niedrigen Leistungen um die 1.000 Euro pro kW Kälteleistung, ab 200 kW bei 500 Euro pro kW. Für die Zukunft werden im kleinen Leistungsbereich Kosten unter 1.000 Euro pro kW angepeilt.

5.2.4 Passive Nutzung von Solarenergie und Wärmerückgewinnung: Das Konzept Passivhaus

Durch die passive Nutzung der Sonneneinstrahlung kann der Heizwärmebedarf noch weiter gesenkt werden. Dies geschieht zum Beispiel durch die Nutzung des Glashauseseffektes im modernen Wohnbau. Große Glasflächen oder Wintergärten, die nach Süden ausgerichtet sind, ermöglichen es dem einstrahlenden Sonnenlicht, fast ungehindert den Innenraum zu erreichen, während das Abfließen der Wärme durch spezielle Fenster verringert wird. Wie beim Prinzip des Kachelofens dient die Bausubstanz

als Speichermasse. Tagsüber wird diese von der Sonneneinstrahlung aufgewärmt, in der Nacht wird die Wärme dann kontinuierlich an den Innenraum abgegeben.

Wesentlich für einen funktionierenden Betrieb in den Sommermonaten ist die Beschattung der südseitigen Glasflächen. Dies kann etwa über Rolläden direkt vor dem Fenster geschehen oder über einen Dachüberstand, der so dimensioniert wird, dass eine

4. KAPITEL: ENERGIEZUKUNFT ERNEUERBARE ENERGIE

Die direkte Nutzung der Sonneneinstrahlung

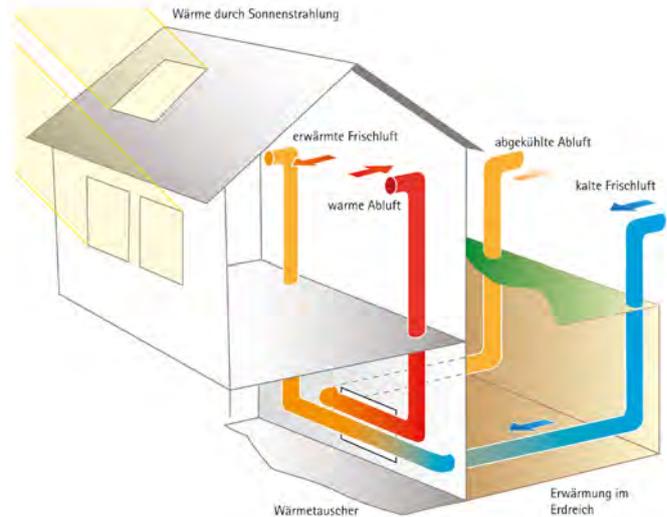
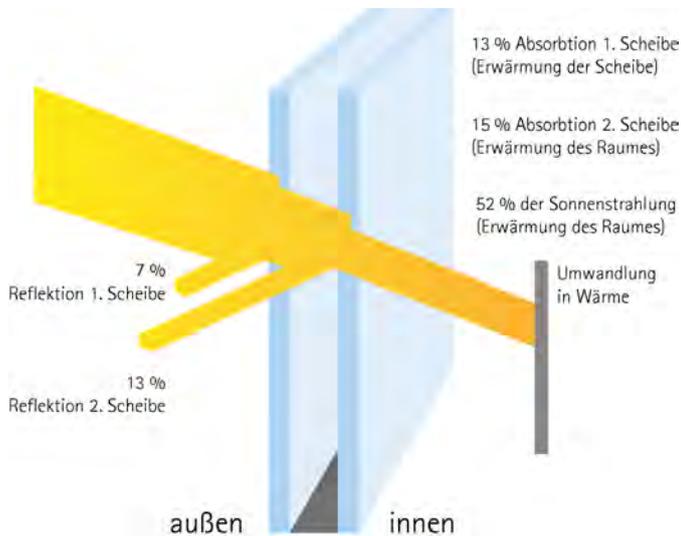


ABBILDUNG 248: Ausnutzung des Glashauseseffekts in der modernen Gebäudetechnik - QUELLE: Passivhausinstitut

Beschattung nur bei hochstehender Sonne (in den Sommermonaten) erfolgt. Aus hygienischen Gründen müssen Gebäude mit Frischluft versorgt werden.

In der Wärmerückgewinnung aus der Abluft liegt eine weitere Möglichkeit, den Heizwärmebedarf zu verringern. Sowohl die Belüftung als auch die Entlüftung eines Gebäudes erfolgen dabei kontrolliert. Ein Teil der Wärmeenergie der abgesaugten Abluft geht über einen Luftwärmetauscher auf die angesaugte Frischluft über. Die Verringerung der benötigten Heizenergie

übertrifft den Energiebedarf der Lüftungsanlagen bei weitem. Die Gebäudehülle muss für die Funktion der kontrollierten Lüftung möglichst luftdicht ausgeführt sein. Neben der passiven Nutzung der Sonnenenergie und der kontrollierten Lüftung zeichnet sich ein Passivhaus auch durch seinen hohen Dämmstandard aus. Der Anspruch an Materialien und Verarbeitung schlägt sich zwar in den Kosten für ein solches Gebäude nieder; über die gesamte Lebensdauer eines Passivhauses können aber große Mengen an Heizenergie eingespart werden.

! Entscheidend für die Realisierung des Gebäudestandards ist die Dämmfähigkeit des Baumaterials oder der Dämmstoffe. Der Wärmedurchgangskoeffizient – auch U-Wert genannt – beschreibt genau diese Fähigkeit der Materialien. Der U-Wert gibt die Energiemenge pro Zeiteinheit – also die Leistung – an, die durch eine Fläche von 1 m^2 fließt, wenn sich die Temperaturen an den beiden Seiten um 1 Kelvin unterscheiden. Der U-Wert wird in Watt pro Quadratmeter und Kelvin $[\text{W}/\text{m}^2\text{K}]$ angegeben. Je höher der Wärmedurchgangskoeffizient ist, desto schlechter; je geringer dieser Wert ausfällt, umso besser sind die Wärmedämmeigenschaften eines Materials.



ABBILDUNG 249: Aktive Energiebauweise bei Industriegebäuden, Fronius-Standard in Wels - BILD: PAUAT/Luttenberger



ABBILDUNG 250: CO_2 -neutrales Holzhybridhaus: LifeCycleTower in Dornbirn, mit über 10.000 m^2 eines der größten Holzhäuser in Europa - BILD: Hermann Kaufmann

5.3 Techniken zur Bereitstellung von solarem Strom

5.3.1 Photovoltaik

GESCHICHTE: Der photoelektrische Effekt wurde bereits im Jahre 1839 vom französischen Physiker Alexandre Edmond Becquerel entdeckt. Die Entwicklung ging schleppend voran; erst der Einsatz in der Raumfahrt brachte den notwendigen Entwicklungssprung in Richtung des täglichen Einsatzes. 1958 flog der zweite Satellit der USA mit einer chemischen Batterie und Photovoltaikzellen zum Betrieb eines Senders an Bord ins All. Entgegen den Erwartungen der Militärs konnten die Signale des Senders noch bis Mai 1964 empfangen werden. Aufgrund der langen Messdauer konnte anhand der Flugbahn des kleinen Satelliten festgestellt werden, dass die Erde nicht exakt kugelförmig ist. Der Erfolg dieses Satelliten legte den Grundstein für die erste sinnvolle Verwendung der bis dahin noch nahezu unbekannt und vor allem sehr teuren Solarzellen.

Für viele Jahre wurden in der Folge Solarzellen vorwiegend für Raumfahrtzwecke weiterentwickelt, da sie sich als ideale Stromversorgung für Satelliten und Raumsonden (bis Marsentfernung von der Sonne, rund 230 Mio. km) erwiesen. Die dadurch gegenüber dem Batteriebetrieb verlängerte Nutzungsdauer der Raumflugkörper überwog den immer noch hohen Preis der Solarzellen bei weitem. Darüber hinaus sind Solarzellen billiger und risikoärmer als Radioisotopen-Generatoren, die ähnlich lange Einsatzzeiten erlauben. Die meisten Raumflugkörper wurden und werden daher zur Energieversorgung mit Solarzellen ausgestattet. Die Raumsonde Juno, die im August 2011 gestartet ist, soll erstmals sogar in einer Umlaufbahn um den Planeten Jupiter ihre Energie aus besonders effizienten und strahlungsresistenten Solarzellen beziehen. Fast alle der rund 1.000 Satelliten, die weltweit im Einsatz sind, erhalten ihre Stromversorgung anhand von Photovoltaik.

PRÄSENTATION 84: Funktion der Photovoltaik (42 Folien)



ABBILDUNG 251: Raumstation ISS, 120 kW aus 4.500m² Solarzellenfläche
BILD: NASA

TECHNOLOGIE: Das Prinzip der Photovoltaik ist einfach erklärt: Solarzellen wandeln die Sonnenstrahlen direkt in elektrischen Strom um. Nach Installation der Solarzellen fließt der aus Sonnenkraft gewonnene Strom bei minimalem Betreuungsaufwand umweltfreundlich für mindestens die nächsten 25 Jahre vom Dach, wodurch man zum eigenen Stromversorger werden kann. Solarzellen bestehen vorwiegend aus dem Halbleitermetall Silizium, dem zweithäufigsten Element auf unserer Erde. Halbleiter sind Stoffe, die unter Zufuhr von Licht elektrisch leitfähig werden. Jede Zelle besteht aus einer positiv und negativ geladenen Schicht des Halbleitermaterials. Trifft das Sonnenlicht auf die Zelle, entsteht zwischen den Schichten eine elektrische Gleichspannung. Die aufgebaute Spannung wird über Metallkontakte an der Oberfläche der Solarzelle abgeführt. Es fließt elektrischer Gleichstrom – wie bei einer Batterie.

Die Sonne liefert uns jährlich mehr als das 10.000-fache der weltweit verbrauchten Energiemenge. Die Intensität, mit der wir die Sonnenenergie für die Stromproduktion nutzen können, ist je nach Region sehr unterschiedlich. In unseren Breiten erzeugt eine Photovoltaik-Anlage auf einer Fläche von 10 m² ungefähr 1.000 kWh Strom pro Jahr. Eine Fläche von 65 m² ist ausreichend, um in etwa den jährlichen Strom- und Mobilitätsbedarf eines österreichischen Haushaltes zu decken.

LEISTUNG: Die Leistung von Solarmodulen wird in Watt peak (Wp) oder Kilowatt peak (kWp) angegeben. Der Index „p“ definiert einen Spitzenwert unter standardisierten Testbedingungen im Prüflabor: Einstrahlung 1.000 Watt/m², Zelltemperatur 25 °C und Luftmasse (AM) 1,5. Die Laborbedingungen sind am Dach nur an bestimmten Tagen pro Jahr anzutreffen, sodass die angegebene Spitzenleistung der Solarmodule in der Praxis nur selten erreicht wird. Wer wissen möchte, wie hoch die tatsächliche Ertragskraft seiner Photovoltaik-Anlage ist, muss den spezifischen

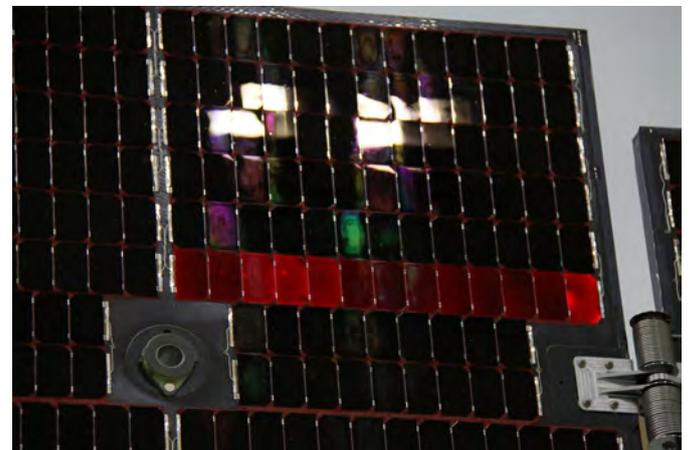


ABBILDUNG 252: Solarpanel der Raumsonde Juno, die sich auf dem Weg zum Planeten Jupiter befindet - BILD: NASA

4. KAPITEL: ENERGIEZUKUNFT ERNEUERBARE ENERGIE

Die direkte Nutzung der Sonneneinstrahlung

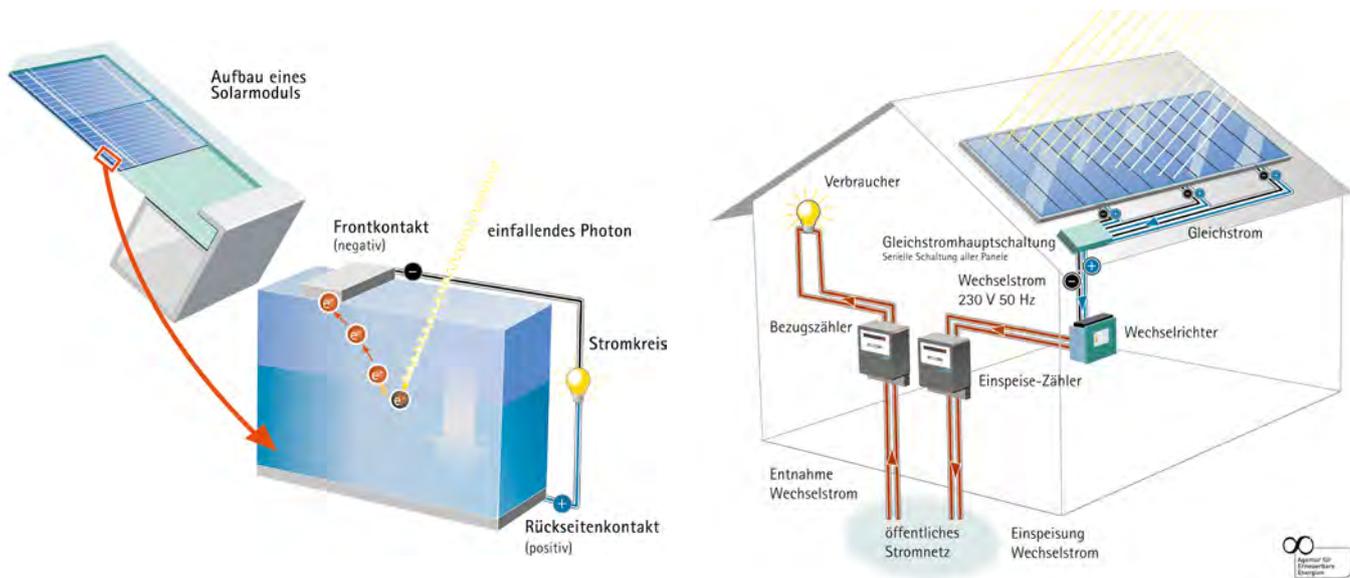


ABBILDUNG 253: Schema einer privaten PV-Anlage - QUELLE: Agentur für Erneuerbare Energie: www.unendlich-viel-energie.de

Stromertrag mithilfe eines Simulationsprogrammes ermitteln. Dieser wird in kWh/kWp angegeben und gibt Auskunft über die Strommenge, die 1 kWp unter realen klimatologischen Bedingungen vor Ort erzeugt.

AUFBAU: Eine Photovoltaik-Anlage besteht aus Solarmodulen, Wechselrichtern sowie Zähl- und Sicherheitseinrichtungen zur elektrischen Absicherung vor Blitzen und Überspannung. Die Solarmodule werden auf einer stabilen Unterkonstruktion befestigt und elektrisch miteinander verbunden. Der von den Solarzellen in den Solarmodulen produzierte Gleichstrom wird über die Verkabelung gesammelt, in Batterien gespeichert und zum Wechselrichter geleitet. Dieser wandelt den Gleichstrom in netzkonformen Wechselstrom um. Der Wechselrichter ist das Herz und Hirn der Photovoltaik-Anlage, indem er bei ständig schwankenden Einstrahlungsverhältnissen den optimalen Arbeitspunkt sucht. Ein Wechselrichter mit schlechtem Wirkungsgrad macht die Leistung der besten Solarmodule zunichte.

NUTZUNG DES SONNENSSTROMS: Grundsätzlich unterscheidet man zwischen netzgekoppelten Anlagen und Inselanlagen. Netzgekoppelte Anlagen sind mit dem örtlichen Stromnetz verbunden, während Inselanlagen völlig autark betrieben werden. Inselanlagen kommen in netzfernen Objekten wie z. B. Berghütten, Parkscheinautomaten, Weidezaungeräten oder bei mobilen Bewässerungssystemen zur Anwendung. Ihre Planung und Ausführung ist ungleich schwieriger als bei netzgekoppelten Anlagen.

Ein Batterie-System gleicht die Schwankungen zwischen Stromangebot und Stromnachfrage aus. Netzgekoppelte Systeme unterscheiden sich in Anlagen zur Voll- und Überschusseinspeisung. Bei der Volleinspeisung wird der gesamte produzierte Sonnenstrom in das öffentliche Netz eingespeist. Wird der Sonnenstrom hingegen zuerst direkt im eigenen Betrieb genutzt, spricht man von einer Überschusseinspeisung. Nur der nicht selbst benötigte Strom – der Überschuss – wird in diesem Fall in das Netz abgegeben.

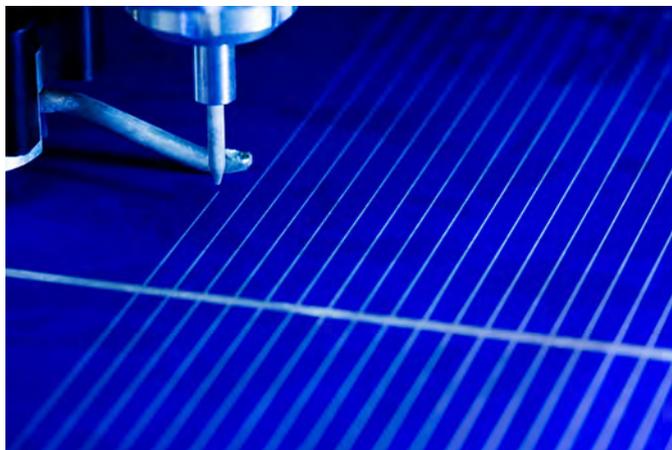


ABBILDUNG 254: Texturätzung für die hochaufgelöste Abscheidung metallischer Leitfinger - BILD: IKTS Fraunhofer Gesellschaft

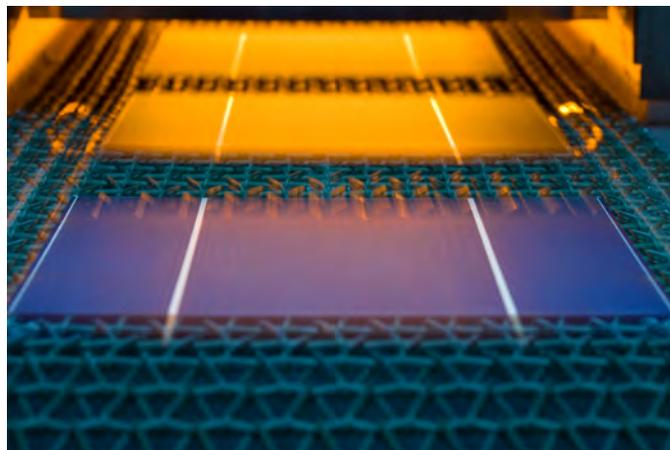


ABBILDUNG 255: Ultra-Fine-Line-Drucktechnologie mit anschließendem Druckpastainbrand als metallischer Leitfinger - BILD: IKTS Fraunhofer Gesellschaft

4. KAPITEL: ENERGIEZUKUNFT ERNEUERBARE ENERGIE

Die direkte Nutzung der Sonneneinstrahlung



ABBILDUNG 256: 2013 größter PV-Park der Welt mit 290 MW Leistung auf 970 Hektar in Arizona, USA - BILD: Solarwatt, NRG Energy

In Photovoltaik-Anlagen werden Module einzeln in Serie geschaltet. Ein Modul leistet üblicherweise etwa 200 Watt. Strom aus Photovoltaik kommt dezentral aus kleinen Anlagen mit einer Leistung bis 20 kW. Zentrale Stromerzeugung durch Photovoltaik erfolgt z. B. in Anlagen wie dem Solarpark Waldpolenz bei Leipzig/Deutschland, der auf einem alten Militärflughafen errichtet worden ist. Hier werden 700.000 Module auf einer Fläche von 220 Hektar vereint. Dieses Solarkraftwerk leistet 52 MW und versorgt 20.000 deutsche Haushalte mit Strom.

Modultyp	Dachfläche für 1 kWp	Modulwirkungsgrad
Monokristalline Module	5-8 m ²	16-20 %
Polykristalline Module	6-9 m ²	12-16 %
Amorphe Siliziummodule	12-24 m ²	6-8 %
CIS-Module	9-11 m ²	8-10 %
CedT-Module	9-13 m ²	7-9 %

ABBILDUNG 258: Eigenschaften von Solarmodulen - QUELLE: LK Steiermark

Der weltweit größte Photovoltaik-Park ist Agua Caliente in Arizona, USA. Seit ihrer Fertigstellung im Mai 2014 verfügt die Anlage über eine Leistung von 290 MW. 5.200.000 Module können den Strombedarf von 100.000 US-amerikanischen Haushalten decken. Das führt zu einer jährlichen CO₂-Reduktion

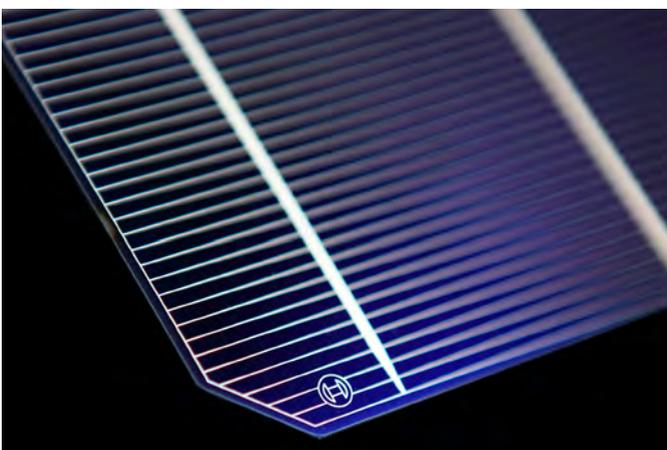


ABBILDUNG 259: Monokristalline Solarzelle - BILD: BOSCH Pressebilder



ABBILDUNG 257: PV-Anlage BMW in München. Solarstrings bestehen aus Solarmodulen die sich aus einzelnen Solarzellen zusammensetzen - BILD: Solarwatt

von 220.000 Tonnen (entspricht jährlicher CO₂-Belastung durch 40.000 Fahrzeuge).

PRÄSENTATION 85: Die größten Solarparks (8 Folien)

SOLARZELLEN UND SOLARMODULE: Die im Inneren eines Solarmoduls bläulich bis schwarz schimmernden Solarzellen sind die eigentlichen Stromproduktionsmaschinen. Die hauchdünnen Zellen sind extrem bruch- und feuchtigkeitsempfindlich und müssen im Solarmodul bestmöglich über Jahrzehnte vor Wind und Wetter geschützt werden. Die Leistungsfähigkeit eines Solarmoduls wird von der Anzahl der Zellen sowie deren Zelltyp bestimmt, wobei mehrere elektrisch verschaltete Module einen Modulstring bilden. Die einzelnen Strings werden mit dem Wechselrichter verbunden. Die Anzahl der Solarmodule im String sowie die Menge an Strings ergeben sich aus dem Anlagenkonzept und den Vorgaben des Modul- und Wechselrichterherstellers.

MODULARTEN AM MARKT: Es gibt verschiedene Modul-Technologien, die sich hinsichtlich Verwendungszweck und Wirkungsgrad voneinander unterscheiden. Die größte Bedeutung kommt den kristallinen Modulen zu. Darüber hinaus wird an einer Vielzahl organischer Zellen und Farbstoffzellen geforscht, die in den nächsten Jahren auf den Markt kommen sollen und



ABBILDUNG 260: Struktur von polykristallinem Silizium - BILD: Armin Kübelbeck

4. KAPITEL: ENERGIEZUKUNFT ERNEUERBARE ENERGIE

Die direkte Nutzung der Sonneneinstrahlung

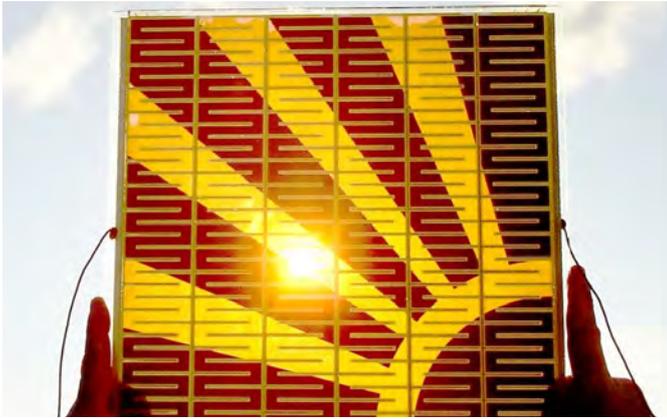


ABBILDUNG 261: PV-Farbstoffzelle - BILD: ISE Fraunhofer

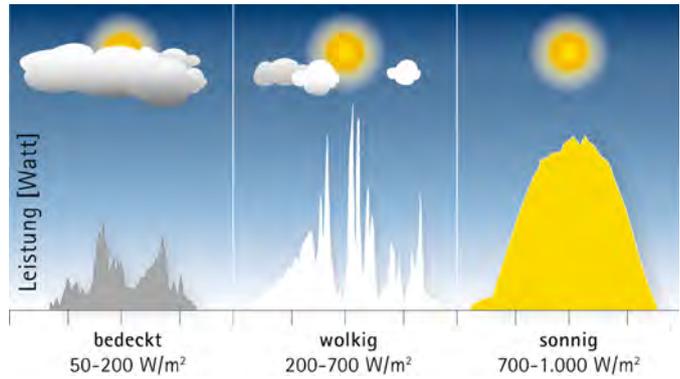


ABBILDUNG 262: Stromproduktion in Abhängigkeit von der Sonneneinstrahlung - QUELLE: LK Steiermark

hohe Kostensenkungspotenziale versprechen. Monokristalline Module besitzen den höchsten Wirkungsgrad und damit den geringsten Flächenbedarf pro kWp installierter Leistung. Die Zellen bestehen aus einem einzigen Siliziumkristall mit regelmäßiger Gitterstruktur. Erkennungsmerkmal ist die einheitliche, meist dunkelblaue bis schwarze Farbgebung. Polykristalline Module stellen den am häufigsten verwendeten Modultyp dar. Die Zellen bestehen aus mehreren Kristallen und haben einen um rund 2 % geringeren Wirkungsgrad als monokristalline Zellen. Dieser Nachteil wird jedoch durch die günstigeren Herstellungskosten kompensiert. Die ungleichmäßige Siliziumstruktur lässt die Zellen meist bläulich bis eisblumenähnlich in der Sonne schimmern. Bei der Dünnschichttechnik wird der Halbleiter als hauchdünne Schicht auf Glas, Kunststoff oder Metallfolien aufgebracht. Je nach verwendetem Halbleitermaterial gibt es drei verschiedene Technologien: amorphes Silizium, Kupfer-Indium-Diselenid (CIS) und Cadmiumtellurid (CdTe). Der Wirkungsgrad ist deutlich geringer als bei der kristallinen Technik, wodurch bei gleicher Leistung wesentlich mehr Dachfläche benötigt wird.

WAHL DER TECHNOLOGIE: Bei mehr als 90 % der verbauten Module handelt es sich um kristalline Module. Mono- und polykristalline Module unterscheiden sich nur geringfügig in ihrer Leistung. Die Wahl ist oftmals reine Geschmackssache. Monokristalline Module finden sich bevorzugt auf Dachflächen, auf denen eine maximale Leistung bei geringem Platzangebot

montiert werden muss oder das optische Erscheinungsbild im Vordergrund steht. Mit den dunkelschwarzen Modulen lassen sich ästhetisch anspruchsvollere Projekte verwirklichen. Dünnschichtmodule brauchen mehr Platz, nutzen aber diffuses Licht besser aus und sind weniger empfindlich gegen Verschattungen. Dank dieser Eigenschaften wird die Technik bei Standorten mit hoher Verschattung sowie geringer Sonneneinstrahlung verwendet, wie z. B. Fassadenflächen oder flachen Nord-Dächern.

ERTRAG: Solarzellen erzeugen Strom aus dem einfallenden Sonnenlicht. Dieses schwankt aber nach Jahreszeit und Wetter. Die produzierte Strommenge ergibt sich aus der Intensität und Dauer der eintreffenden Sonneneinstrahlung. Solarzellen wandeln direktes und diffuses Sonnenlicht in Strom um. Daher verrichtet die Photovoltaik-Anlage ihre Arbeit nicht nur bei klarem Himmel, sondern auch bei Regen, Nebel und starker Bewölkung. Das Schwachlichtverhalten eines Solarmoduls gibt Auskunft darüber, wie viel Strom es bei Dämmerung, Bewölkung oder Nebel produziert. Für Österreich kommt dem Schwachlichtverhalten besondere Bedeutung zu, da 60 % der jährlichen Sonneneinstrahlung aus diffusem Licht bestehen. Der Stromertrag an einem wolkenlosen Sommertag ist aber 20-mal höher als an einem bedeckten Wintertag. Innerhalb eines Jahres werden 75 % des gesamten Stromertrags in den Monaten März bis September produziert. In den sonnenarmen Monaten von November bis Februar werden hingegen nur 10 % des Jahresstromertrags erzeugt.

5.3.2 Concentrated Solar Power (CSP): Technologien der solaren Stromerzeugung

In den letzten Jahrzehnten hat sich neben der Photovoltaik auch die Technik zur Stromerzeugung aus solarer Wärme entwickelt. Die gängigen Techniken sollen hier beschrieben werden.

Für diese Kraftwerkstypen eignen sich nur Standorte mit einer Einstrahlung ab 2.000 kWh pro Quadratmeter und Jahr, wie beispielsweise in Spanien. Will man höhere Temperaturen erreichen, um wie bei einem konventionellen Kraftwerk mit Dampfturbinen Strom zu erzeugen, so muss die Sonnenenergie konzentriert werden. Dies geschieht durch Spiegel oder Linsen, durch welche die Sonnenstrahlen auf einen Absorber oder Receiver gelenkt wer-

den. Die dabei erzeugten Temperaturen können weit über 1.000 °C betragen. Solarkraftwerke, die Sonnenstrahlen konzentrieren, werden Concentrated-Solar-Power (CSP)-Kraftwerke genannt. Bei Rinnenkraftwerken wird die Sonnenstrahlung durch gebogene Spiegel in einem Absorberrohr konzentriert, das sich im Brennpunkt des Spiegels befindet. Die am meisten verbreitete Form ist die der Parabolrinnen. Die Rinnen sind entlang der Nord-Süd-Achse ausgerichtet und können von Osten nach Westen dem Sonnenstand nachgeführt werden. Das Trägermedium ist meist ein spezielles Thermoöl oder ein Salzgemisch. Es strömt durch die Absorberröhren und wird auf etwa 400 °C erhitzt. Mit-

4. KAPITEL: ENERGIEZUKUNFT ERNEUERBARE ENERGIE

Die direkte Nutzung der Sonneneinstrahlung

hilfe der gewonnenen Wärme wird Wasserdampf erzeugt, durch den wiederum eine Turbine zur Stromerzeugung angetrieben wird. Der für weitere Stromerzeugung zu kalte Wasserdampf muss nach der Turbine weiter abgekühlt werden, damit das Wasser durch Pumpen erneut der Dampferzeugung zugeführt werden kann. Der Wasserverbrauch dieser Technologie ist sehr hoch.

Damit solche Kraftwerke auch in der Nacht Energie liefern können, wird ein mit etwa 30.000 Litern Salz gefüllter Speicher aufgeheizt, dessen Kapazität für fast acht Stunden Volllastbetrieb ausreicht. Heute erreichen derartige Anlagen Spitzenwirkungsgrade von 28 % bei einem hohen Angebot an Sonneneinstrahlung. Der Jahresdurchschnitt beträgt 15%. Das Kraftwerk Andasol in Granada/Spanien liefert eine Leistung von 150 MW und kann 200.000 Haushalte mit Strom versorgen. In Spanien sind derzeit 800 MW in Form von Parabolrinnenkraftwerken installiert.

In Turmkraftwerken lenken der Sonne nachgeführte Flachspiegel das Sonnenlicht auf die Spitze eines Turms, an dem ein zentraler Receiver angebracht ist. Dort erhitzt sich das Trägermedium –

Salzschmelzen oder auch Luft – auf über 1.000 °C. Aus der Wärme wird Wasserdampf erzeugt, der eine Turbine zur Stromerzeugung antreibt. Das Hightech-Sonnenkraftwerk Gemasolar in Sevilla, Spanien, war das erste kommerzielle Turmkraftwerk der Welt. Die Anlage hat eine Fläche von 185 Hektar und besitzt

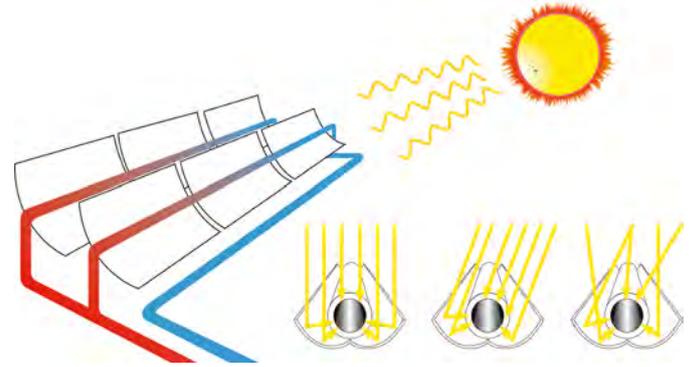


ABBILDUNG 263: Parabolrinnenkraftwerk - BILD: BSW

! Die Technik für Rinnenkraftwerke stammt aus dem Jahr 1912. Deutsche Wissenschaftler bauten in Ägypten ein Parabolrinnenkraftwerk mit fünf Kollektorreihen zu je 65 Metern, welches Dampf für eine 45-kW-Dampfmaschine lieferte. Aufgrund des Beginns des Ersten Weltkrieges und des Einbruchs des Ölzeitalters kam es jedoch zu keiner Weiterentwicklung. Erst 1980 wurde diese Technologie wiederbelebt.



ABBILDUNG 264: Parabolrinnenkraftwerk
BILD: BSW



ABBILDUNG 265: Kraftwerksblock Valle, Spanien: 51 ha Kollektorfläche mit 50 MW Leistung erzeugen Strom für 80.000 Haushalte. - BILD: Torresol Energy



ABBILDUNG 266: Turmkraftwerk Gemasolar in Sevilla, Spanien, mit 2.650 Heliostaten auf 195 Hektar - BILD: Torresol Energy



ABBILDUNG 267: Turmkraftwerk Gemasolar in Sevilla, Spanien, mit 19,9 MW Leistung, Turmhöhe 14m - BILD: Torresol Energy

4. KAPITEL: ENERGIEZUKUNFT ERNEUERBARE ENERGIE

Die direkte Nutzung der Sonneneinstrahlung

2.650 Spiegel mit einer Fläche von jeweils 120 m². Die Sonnenstrahlen werden auf einen Absorber fokussiert, der in einen 140 m hohen Turm eingebaut ist. Als Wärmeträger wird Salz bei einer Temperatur von über 500 °C verwendet, welches auch als Wärmespeicher dient. Sogar bei verdecktem Himmel oder nachts

kann mit dieser Technik Strom bereitgestellt werden. Gemasolar kann bei einer Leistung von 19,9MW etwa 110 GWh pro Jahr erzeugen, was den Strombedarf von etwa 27.500 Haushalten deckt.

PRÄSENTATION 86: Funktion von verschiedenen CSP-Techniken (29 Folien)

5.3.3 Dish Stirling: Parabolspiegel-Anlagen

Bei Dish-Stirling-Anlagen befindet sich im Brennpunkt des Parabolspiegels ein Stirlingmotor. Dort herrschen Temperaturen von über 1.000 °C. Der Stirlingmotor treibt einen Generator zur Stromerzeugung an. Wegen der angreifenden Windkräfte ist der Durchmesser des Konzentrators begrenzt. Meist sind es viele Spiegel, die in Form eines Parabolspiegels angeordnet sind.

Dieses Prinzip kommt auch bei Solarkochgeräten zum Einsatz. Eine einzelne Anlage leistet je nach Größe 5 bis 50 kW – bei 10 Metern Durchmesser beträgt die Leistung etwa 10 kW. An günstigen Standorten können mehrere solche Anlagen zu einer ganzen Farm verschaltet werden. Stirlingmotoren kommen auch als KWK-Anlagen bei privaten Biomasseheizungen zum Einsatz.

VIDEO 8: Animation der Funktion eines Stirlingmotors (2 min)

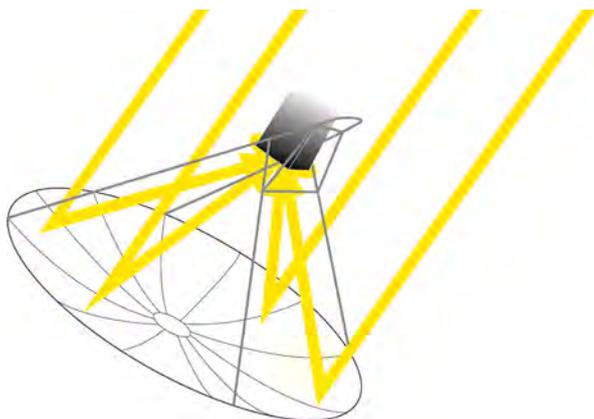


ABBILDUNG 268: Schema Dish-Stirling-Anlage

BILD: Sandia National Laboratories



ABBILDUNG 269: Dish-Stirling-Anlage mit 25 kW

BILD: Sandia National Laboratories



ABBILDUNG 270: Parabolspiegel-Solarkocher mit 1,4 m Durchmesser und einer Leistung von 750 Watt – BILD: EG-Solar



ABBILDUNG 271: Solarschmelzofen in Odeillo/Südfrankreich mit 1 MW thermischer Leistung – BILD: Four solaire odeillo

ARBEITSAUFTRAG 7: Der Stirling-Motor

Weiter mit: „2.8.1 Strom aus Holz“ K: 4, S: 119

6 GEOTHERMIE: UMGEBUNGS- UND ERDWÄRME

6.1 Potenzial der Geothermie

Die Nutzung der Erdwärme hat eine lange Tradition. Bereits die alten Chinesen nutzten Thermalquellen zum Baden und Heizen. Das erste geothermische Fernheizwerk entstand im 14. Jahrhundert in Frankreich; in Italien wurde 1904 der erste geothermale Strom erzeugt. Im Durchschnitt nimmt die Temperatur der Erde mit zunehmender Tiefe alle 100 Meter um 3 °C zu, in manchen Gebieten um bis zu 20 °C. In begünstigten Regionen, zum Beispiel in Island, werden heute schon 90 % des Wärmebedarfs und

20 % des Strombedarfs durch die Nutzung von Erdwärme bereitgestellt. In Österreich wurden im Jahr 2012 etwa 1,6% (etwa 7 PJ) der erneuerbaren Energie durch Erdwärme bereitgestellt: 1 PJ durch Tiefengeothermie und 6 PJ durch den Einsatz von Wärmepumpen. 25 bis 27 PJ liegen mittelfristig im Bereich des Möglichen; ein Steigerungspotenzial von 420 bis 450%. Erdwärme steht kontinuierlich zur Verfügung, ist bedarfsgerecht regelbar und daher grundlastfähig. Sie kann in unterschiedlichen Tiefen genutzt werden. Für die Stromerzeugung sind Temperaturen von 100 bis 150 °C sowie eine entsprechende Wassermenge nötig.

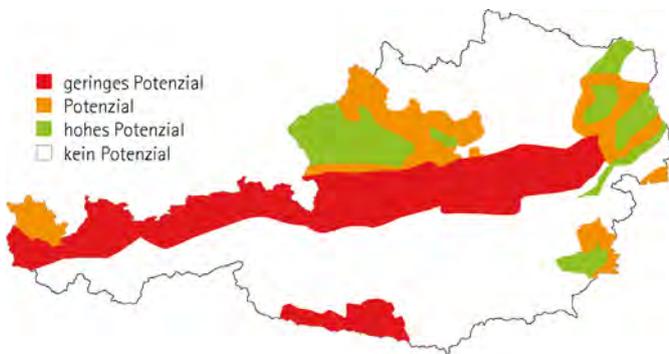


ABBILDUNG 273: Geografisches Potenzial der Tiefengeothermie in Österreich
QUELLE: Energy Regio, European Climate Foundation

Zur Bereitstellung von Raumwärme in Form einer zentralen Nah- und Fernwärmeversorgung sind Temperaturen von mindestens 40 °C erforderlich. Die Wirtschaftlichkeit der Nutzung sinkt mit fortschreitender Tiefe der Wärmequellen. Für die Bereitstellung dezentraler Raumwärme können schon geringe Temperaturunterschiede ausgenutzt werden. Dies geschieht mithilfe von Erdschleibern und Wärmepumpen. Die Wärmepumpenbranche erzielte 2010 einen Umsatz von etwas mehr als 200 Millionen Euro und sicherte etwa 1.100 Arbeitsplätze. Dabei konnten etwa 375.000 Tonnen CO₂ eingespart werden. Der Einsatz der Tiefengeothermie produzierte eine Wertschöpfung von 13 Millionen Euro und sicherte 2010 etwa 80 Arbeitsplätze. Es wurden dadurch etwa 70.000 Tonnen CO₂ vermieden.

Weiter mit: „1.1 Zur Entstehung unseres Sonnensystems“ K: 7, S: 226

6.2 Techniken zur Nutzung von Umgebungswärme: Wärmepumpen

Wärmepumpen können ihrer Umgebung Wärme entziehen. Für ihren Betrieb wird Fremdenergie benötigt. Entscheidend für die Effizienz einer Wärmepumpe ist ihre Jahresarbeitszahl: das Verhältnis zwischen der eingesetzten Fremdenergie und der gewonnenen Nutzenergie. Typischerweise hat eine elektrisch betriebene Wärmepumpe eine Jahresarbeitszahl von 3: Mit 1 kWh Strom

können 3 kWh Wärme erzeugt werden. Der Primärenergieeinsatz zur Erzeugung von Strom fehlt aber noch in dieser Energiebilanz. Um mit dem Einsatz von Wärmepumpen einen Beitrag zum Klimaschutz leisten zu können, muss der genutzte Strom mit erneuerbarer Energie, also CO₂-neutral, erzeugt worden sein. Auf hohe Arbeitszahlen sollte ebenfalls geachtet werden.



ABBILDUNG 272: Schema der Wärmepumpe - QUELLE: Agentur für Erneuerbare Energie: www.unendlich-viel-energie.de

Je höher die Temperatur der Umgebung ist, desto mehr Wärme kann durch ihren Einsatz Energie entzogen werden. Am häufigsten wird die Energie der Umgebungsluft genutzt. Diese Variante ist am kostengünstigsten, hat aber den Nachteil, dass gerade während der tiefsten Temperaturen die meiste Wärmeenergie benötigt wird. Durch die Nutzung von Erdwärme kann das Wärmeangebot im Winter vergrößert werden. Man unterscheidet zwei unterschiedliche Systeme. Ab ein bis zwei Metern Tiefe sinken die Temperaturen auch im Winter nicht unter 5 °C. In dieser Tiefe können Kollektoren flächig verlegt werden (Flächenkollektoren). Je größer die Fläche des Kollektors, desto höher ist seine Leistung. In größeren Tiefen sind die Temperaturen das ganze Jahr über konstant, dabei nimmt die Temperatur des Erdreiches mit steigender Tiefe zu. In 100 Metern Tiefe herrschen etwa 13 °C. Um diese Wärmeenergie durch

! Zur Bewertung der energetischen Effizienz einer Wärmepumpe wird die sogenannte Jahresarbeitszahl (JAZ) angegeben. Sie gibt das Verhältnis der über das Jahr abgegebenen Wärme zur aufgenommenen elektrischen Energie an. Dabei wird nur das System Wärmepumpe betrachtet; der Energiebedarf von Nebenantrieben wie Pumpen oder Ventilatoren ist nicht in der JAZ enthalten. Eine hohe Jahresarbeitszahl ist nicht immer mit einem energetisch gut funktionierenden Gesamtsystem gleichzusetzen. Die JAZ ist nicht mit der unter standardisierten Laborbedingungen ermittelten Leistungszahl zu verwechseln, sondern wird durch eine Vielzahl an Faktoren beeinflusst. Geräte, hydraulische Installation und Steuerungselemente müssen optimal zusammenarbeiten. Außerdem schwanken die Arbeitsbedingungen einer Wärmepumpe im Jahresverlauf; auch in kürzeren Intervallen können größere Änderungen der Lufttemperatur auftreten.

eine Wärmepumpe nutzbar zu machen, muss eine Erdwärmesonde in eine entsprechend tiefe Bohrung eingebracht werden. Mit dieser Sonde wird die Wärme aus der Tiefe entnommen; hier spricht man von einer Tiefensonde.

Energie steckt in jedem Medium mit einer Temperatur über $-273,15\text{ °C}$, dem absoluten Nullpunkt: Wärmeenergie in Form von Temperatur sowie kinetische Energie in Form von Bewegung der Atome. Je mehr Energie ein Medium enthält, desto höher ist seine Temperatur und desto heftiger ist auch die Bewegung seiner Atome. Will man ein Medium zum Verdampfen bringen, muss man ihm zuerst Energie zuführen, bis sein Siedepunkt erreicht wird. Damit alle Flüssigkeit verdampfen kann, ist Energie notwendig, welche die Bindungsenergie der Atome lockert. Die Temperatur bleibt dabei konstant, bis der energieintensive Prozess des Verdampfens abgeschlossen ist. Erst wenn nur noch Dampf vorliegt, führt die Energiezufuhr wieder zum Temperaturanstieg. Die große Menge Energie, die für den Phasenübergang nötig ist, wird Verdampfungsenergie genannt. Um einen Liter Wasser vollständig verdampfen zu lassen, werden $0,6\text{ kWh}$ benötigt – etwa fünfmal so viel Energie, wie nötig ist, um einen Liter Wasser von 0 auf 100 °C zu erwärmen.

Entzieht man einem Medium in gasförmigem Zustand Energie, kühlt es ab, bis es die Kondensationstemperatur erreicht. Entnimmt man weiter Energie, wird Energie frei, sobald sich die Bindung der Atome festigt. Die freiwerdende Energie nennt man Kondensationsenergie. Die Wärmepumpe macht sich den Effekt zunutze, dass der Siedepunkt nicht nur von der Temperatur, sondern auch vom Druck eines Mediums bestimmt wird. Durch einen Verdichter wird das gasförmige Arbeitsmedium komprimiert: Der Siedepunkt verschiebt sich nach oben und das Medium wird gezwungen, sich zu verflüssigen. Die frei werdende Kondensationsenergie wird zu Heizzwecken nutzbar gemacht. Das nun flüssige Medium wird durch Röhren an einen Ort geführt, dem Wärmeenergie entzogen werden soll. Dies geschieht, indem der Druck des Mediums gezielt durch eine Drossel verringert wird. Der Siedepunkt sinkt unter die Temperatur des Mediums, woraufhin dieses verdampft. Die Energie, die das Medium für diesen Phasenübergang benötigt, entzieht es seiner Umgebung.

Die CO_2 -Bilanz von Wärmepumpen hängt von der Zusammen-

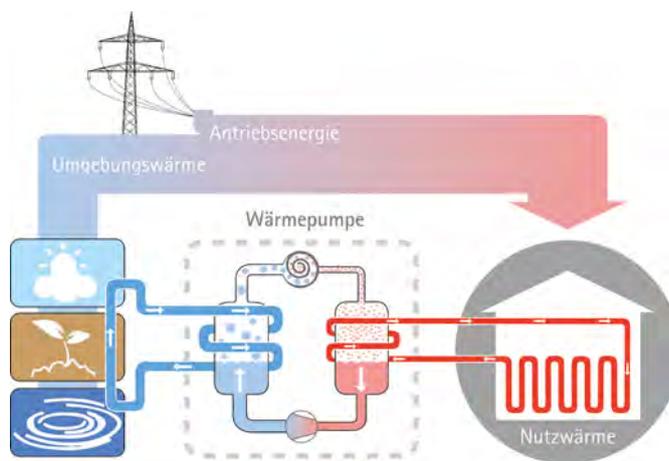


ABBILDUNG 274: Funktion der Wärmepumpe

QUELLE: BWP Bundesverband Wärmepumpen Deutschland

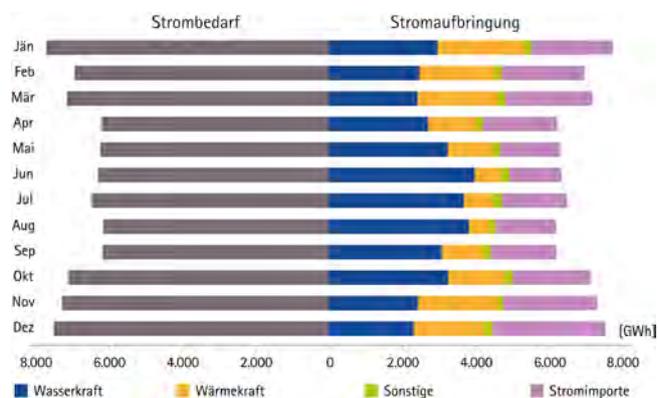


ABBILDUNG 275: Jahresbilanz von Strombedarf und Stromaufbringung

QUELLE: Erneuerbare Energie in Zahlen

setzung des Strommixes ab, der für ihren Betrieb bezogen wird. Wärmepumpen kommen vor allem während der Heizperiode verstärkt zum Einsatz. Hinzu kommt, dass auch der Strombedarf in den Wintermonaten seinen Höhepunkt erreicht. Aufgrund der winterlich bedingten Erzeugungseinbrüche in der Wasserkraft steigen in dieser Jahreszeit die heimischen Stromimporte und es kommt zum verstärkten Einsatz von Wärmekraftwerken. Hier handelt es sich in besonderem Maße um fossil betriebene Kraftwerke.

EXKURS 9: Tiefe Geothermie

PRÄSENTATION 87: Die Nutzungsmöglichkeiten von Umgebungsenergie (8 Folien)



4. KAPITEL: ENERGIEZUKUNFT ERNEUERBARE ENERGIE

Geothermie: Umgebungs- und Erdwärme



ABBILDUNG 276: Speicher eines Eisspeicherheizsystems am Ende der Heizperiode - BILD: ISOCAL HeizKühlsysteme

Die Eisspeicherheizung ist eine Kombination aus thermischer Solaranlage und Wärmepumpe. Bei diesem Konzept wird ein Betonspeicher mit einem Wärmetauscher im Erdreich vergraben und mit Wasser gefüllt. Im Laufe des Winters wird dem Speicher durch eine Wärmepumpe so lange Energie entzogen, bis

! Nicht nur beim Phasenübergang vom gasförmigen zum flüssigen Aggregatzustand wird neben der Wärmeabgabe des Mediums zusätzliche Energie frei. Auch beim Übergang von flüssigem zu festem Zustand wird Energie freigesetzt: die Kristallisationsenergie. Gefriert ein Liter Wasser bei 0 °C, werden 0,8 kWh frei – das ist die Energie, die benötigt wird, um einen Liter Wasser von 0 auf 80 °C zu erhitzen.

das gesamte Wasser zu Eis gefroren ist; die Kristallisationsenergie dient als Energiespeicher. Über die Solaranlage kann der Warmwasserbedarf gedeckt werden. Besteht an sonnigen Wintertagen trotzdem ein Überangebot, kann dieses in den Speicher geleitet werden und einen Teil des Eises schmelzen. Über den Verlauf des Sommers besteht ein Überangebot an Sonnenenergie: Dieses wird dazu verwendet, den Speicher wieder zu regenerieren. Das Eis im Speicher kann dabei im Sommer auch zur Kühlung eingesetzt werden.

6.3 Techniken zur Bereitstellung von Wärme und Strom: Tiefe Geothermie

! Island ist die größte Vulkaninsel der Erde, sie liegt auf der Grenze zwischen der nordamerikanischen und eurasischen Platte. Heute werden dort mehr als 60% der benötigten Primärenergie durch Erdwärme bereitgestellt. Damit führt Island die Erdwärme-Weltrangliste an.

Ein hydrothermales System nutzt heißes Wasser, das über eine bis zu 4.000 Meter tiefe Bohrung aus Thermalwasservorkommen im Untergrund gefördert wird. Über eine zweite Bohrung gelangt das abgekühlte Wasser wieder in die Tiefe. Erdwärme kann auch ohne das Vorhandensein von Grundwasser genutzt werden. Beim so genannten Hot-Dry-Rock-Verfahren wird Wasser über eine Injektionsbohrung in tiefe, mindestens 200 °C heiße, trockene Gesteinsschichten gepresst. Das Wasser erhitzt sich und wird an einer anderen Stelle wieder entnommen.

Erdwärmesonden nutzen bestehende Bohrungen, die z.B. auf der Suche nach Erdgas entstanden sind. In einem geschlossenen Kreislauf wird Wasser bis zu 4.000 Meter tief in das Bohrloch geleitet und dabei erwärmt. Das geförderte heiße Wasser gibt seine Wärmeenergie in einem Wärmetauscher an ein Fernwärmenetz oder einen zweiten Kreislauf ab, in dem Dampf erzeugt wird. Durch den Dampf wird eine Turbine zur Strom-

erzeugung angetrieben. Die Restwärme, die der Dampf nach der Stromerzeugung besitzt, kann als Fernwärme genutzt werden.



ABBILDUNG 277: Hydrothermalkraftwerk Nesjavellir, Island, mit 420 MW BILD: Gretar Ivarsson

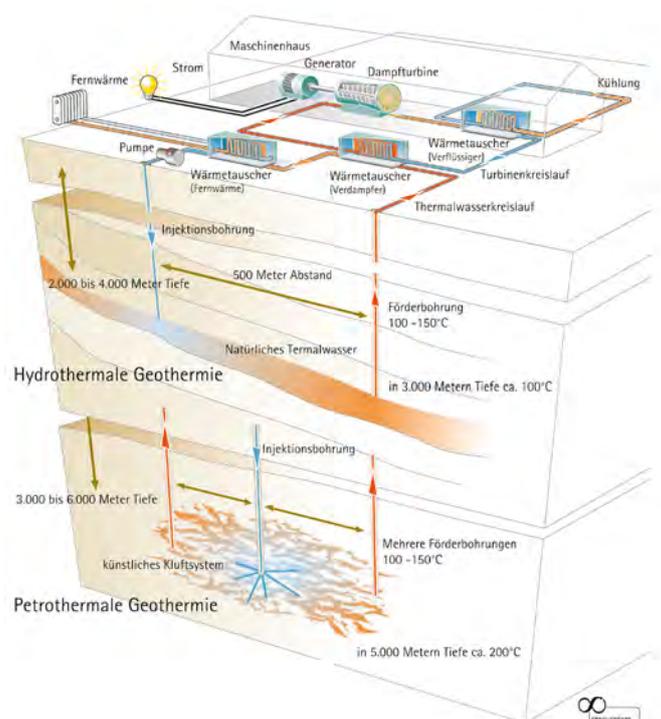


ABBILDUNG 278: Schema der Tiefengeothermie - QUELLE: Agentur für Erneuerbare Energie: www.unendlich-viel-energie.de

7 MISCHFORMEN UND ALTERNATIVE ANSÄTZE

7.1 Aufwind- und Fallwindkraftwerke

Ein Aufwindkraftwerk ist eine Kombination aus Solarthermie und Windkraftnutzung. Die Sonne scheint auf ein Kollektordach aus Glas oder Kunststoff und erhitzt dabei die darunterliegende Luft und den Boden. Die erwärmte Luft strömt zu einem Kamin in der Mitte des Kollektors. Durch die Konvektion entsteht im Kamin ein Aufwind, der mit Hilfe einer Windkraftturbine in Strom umgewandelt werden kann. Diese Technik ist für den Einsatz in Wüsten gut geeignet, da nur mit Luft gearbeitet und kein Wasser benötigt wird. Durch die Erwärmung des Erdbodens funktioniert die Anlage auch bei diffuser Strahlung oder nachts.

Zu Beginn der 1980er-Jahre wurde in Manzanares, Spanien, ein Prototyp eines Aufwindkraftwerkes gebaut. Mit einer Turmhöhe von 194 Metern und einem Kollektorradius von 122 Metern sowie 40.000 m² Kollektorfläche konnte eine Leistung von 50 kW erreicht werden. Diese Anlage war sieben Jahre in Betrieb. 1989 wurde sie durch einen Sturm beschädigt und deshalb demonitiert. Die für die Wirtschaftlichkeit eines Aufwindkraftwerkes nötige Mindestgröße liegt im 100-MW-Bereich, wodurch die Dimensionen des Bauwerks sehr groß ausfallen müssen. Das selbe gilt für das Konzept des Fallwindkraftwerkes. Konzepte liegen bereits vor, es scheiterte bis jetzt lediglich am Mangel an Investoren, die bereit waren, ein solches Konzept zu realisieren.

Fallwindkraftwerke benötigen keinen Kollektor zur Umwandlung der Sonnenenergie. Bei diesem Prinzip wird lediglich ein hoher Kamin verwendet, in dessen oberen Teil Wasser eingesprüht wird. Das verdunstende Wasser entzieht der Luft Wärme. Somit kühlt sich die Luft um etwa 12 °C gegenüber der Außenluft ab und fällt innerhalb des Kamins mit Geschwindigkeiten bis 20 m/s nach unten. Am Fuß des Turmes sind wie beim Aufwindkraftwerk Turbinen angeordnet, die den Fallwind in Strom umwandeln können. Ein solches Kraftwerk funktioniert auch nachts, vorausgesetzt, die Temperatur der Luft bleibt hoch genug, um sich gegenüber der Außenluft um 12 °C abkühlen zu können.

PRÄSENTATION 88: Techniken alternativer Ansätze (10 Folien)



ABBILDUNG 281: Aufwindkraftwerk Prototyp Manzanares und Konzept
BILD: Schlaich und Bergemann

! Das erste offiziell geplante kommerzielle Aufwindkraftwerk sollte 2005 in Australien realisiert werden. Der Kamin sollte 1.000 Meter hoch sein und einen Durchmesser von 130 Metern haben. Als Durchmesser der Kollektorfläche waren 7 km geplant. 200 MW sollte das Kraftwerk leisten können. Die Finanzierung des Projektes konnte bis heute nicht sichergestellt werden.



ABBILDUNG 279: Prototyp Manzanares, 122 m hoch mit 50 kW
BILD: Schlaich und Bergemann

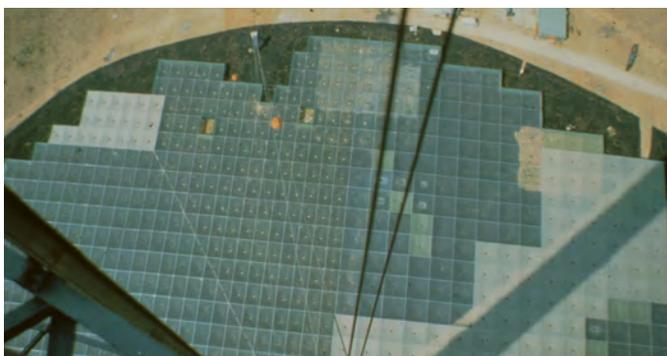


ABBILDUNG 280: Kollektoroberflächen für Versuche
BILD: Schlaich und Bergemann



ABBILDUNG 282: Aufwindkraftwerk Prototyp Manzanares und Konzept
BILD: Schlaich und Bergemann

4. KAPITEL: ENERGIEZUKUNFT ERNEUERBARE ENERGIE

Mischformen und alternative Ansätze



ABBILDUNG 283: Scale Up; die höchsten Bauwerke der Welt - BILD: Schlaich und Bergermann

Um ein Fallwindkraftwerk wirtschaftlich betreiben zu können, müssen ähnliche bauliche Dimensionen realisiert werden wie bei Aufwindkraftwerken. Hinzu kommt der enorme Wasserbedarf einer solchen Anlage. Es gibt ähnliche Konzepte für die Nutzung

von Meerwasser; solche Anlagen könnten auch zur Entsalzung des Meerwassers verwendet werden. Der Gefahr von Umweltschäden durch eine Versalzung der umliegenden Böden wird in diesen Konzepten noch nicht Rechnung getragen.

7.2 Power to Gas: Wasserstoff aus Erneuerbaren

Je größer der Anteil an erneuerbarer Energie im Strom- und Gasnetz wird, desto stärker wirkt sich die Volatilität (keine genaue Planbarkeit durch Abhängigkeit von Wetter sowie tages- und jahreszeitlich bedingten Schwankungen) der meisten erneuerbaren Energiequellen auf die Versorgungssicherheit aus. Ein Begriff, der daher in der letzten Zeit an Bedeutung gewonnen hat, ist die Residuallast. Sie beschreibt die Nachfrage nach Strom, die in einem System nicht durch fluktuierende erneuerbare Energien gedeckt werden kann. Um die Stromnachfrage zu jeder Zeit befriedigen zu können, fällt die Residuallast sehr unterschiedlich aus. Sie kann bei Sonnenschein und Starkwind auch negativ ausfallen; dann wird mehr erneuerbarer Strom bereitgestellt, als zu diesem Moment verbraucht werden kann.

zu 100 % in das Erdgasnetz eingespeist werden kann. Von dort gelangt das Gas aus erneuerbaren Energiequellen (EE-Gas) direkt zu den Verbrauchern. Ein weiterer Vorteil der synthetischen Methanisierung besteht in der Möglichkeit, CO_2 aus Prozessen wie etwa Verbrennungen in thermischen Kraftwerken abzuscheiden. Mit dieser Methode sollen Kurz- und Langzeitspeicher realisiert werden. Kurzzeitspeicher, wie stationäre Gastanks oder die Tanks von gasbetriebenen Fahrzeugen, sollen Tag- und Nacht-Schwankungen der Photovoltaik ausgleichen. Als Langzeitspeicher könnten ehemalige Gasfelder oder Bergwerkstollen dienen. Mit Langzeitspeichern könnten Ertragsschwankungen über den Verlauf der Jahreszeiten überbrückt werden.

Wenn nicht auf fossile Kraftwerke zurückgegriffen werden soll, kann die Residuallast durch Biomasse und eine Reihe von technischen Ausgleichsmaßnahmen getragen werden. Heute werden dafür Speichersysteme wie Pumpspeicherkraftwerke eingesetzt, in Zukunft wird neben Batterien von Elektrofahrzeugen und Druckluftspeichern vor allem unser Erdgasnetz zum Einsatz kommen. Dabei wird überschüssiger Strom verwendet, um mittels Elektrolyse Wasserstoff zu erzeugen. Dieser kann bis zum Erreichen der zulässigen Obergrenze direkt in das Gasnetz eingeleitet oder in Wasserstofftanks gespeichert werden. In einem weiteren Schritt lässt sich aus dem gewonnenen Wasserstoff unter der Beigabe von CO_2 synthetisches Methan erzeugen, das



ABBILDUNG 284: Innovative Verfahren zur Methanisierung von Wasserstoff
BILD: Viessmann

7.3 Alternative Konzepte für erneuerbare Mobilität

7.3.1 Solarmobilität

Die World Solar Challenge (WSC) ist die Formel 1 der erneuerbaren Energie. Material, Teamarbeit und Einzelleistungen entscheiden über einen Sieg bei dem Autorennen in Australien. Die Gesamtstreckenlänge beträgt 3021 Kilometer. Die Challenge findet auf öffentlichen, nicht abgesperrten Straßen statt. Es gilt die Straßenverkehrsordnung mit Geschwindigkeitsbeschränkungen von 130 km/h im Norden und 110 km/h im Süden Australiens. Der aktuelle Rekord für diese Strecke wurde bei der WSC 2005 vom Nuon Solar Team der Universität Delft aufgestellt. Das Team benötigte für die Strecke 29 Stunden und 11 Minuten, bei einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 102,75 km/h.



ABBILDUNG 285: Der Gewinner der „2009 Global Green Challenge“, Tokai Challenger - BILD: Hideki Kimura

Im Rahmen der World Solar Challenge treten alle zwei Jahre Solarmobile aus aller Welt zu einem Rennen über 3.000 km quer durch Australien an. Gefahren wird nur bei Tageslicht. Das Reglement limitiert die Größe der Akkumulatoren. Wichtig für den Erfolg ist das Wirtschaften mit der Kapazität der Batterie und dem direkten Angebot an Sonneneinstrahlung durch die Wahl der Geschwindigkeit. Jedes Kilogramm zählt. Damit leichtere Fahrer keinen Vorteil haben, müssen sie die Differenz auf 80 kg in Form von Bleigewichten mit ins Cockpit nehmen.

Solarmobile sind für den öffentlichen Verkehr nicht geeignet, die World Solar Challenge ist wie alle anderen Solarrennen ein Sport. Neben den sportlichen Leistungen des Teams wird die Kapazität von Batterien ebenso wie die Effizienz von Photovoltaikzellen zum Schlüssel des Erfolges. Die technologischen Entwicklungen, die rund um den Wettkampf vorangetrieben werden, können in den Alltag der Energiezukunft Einzug finden.

7.3.2 Elektromobilität

Elektromobilität ist nicht zwangsläufig mit Umwelt- und Klimaschutz gleichzusetzen. Nur wenn der Strom, mit dem ein Fahrzeug betrieben wird, tatsächlich aus erneuerbaren Energiequellen gewonnen wurde, kann von erneuerbarer Mobilität sowie Umwelt-

Um 1900 wurde von Ferdinand Porsche ein Elektrofahrzeug entwickelt, dessen 44-zelliger Bleiakкумуляtor mit 80 Volt Spannung eine Betriebsdauer von etwa 3 Stunden ermöglichte. Der Lohner-Porsche wog 4 Tonnen und konnte eine maximale Geschwindigkeit von 60 km/h erreichen. Die Fahrzeuge hielten sich einige Jahre auf dem Markt, verloren jedoch das Rennen gegen die Benzinautomobile. Erst bei der amerikanischen Mondmission kam die Porsche-Bauart beim „Lunarmobil“ wieder zum Einsatz.

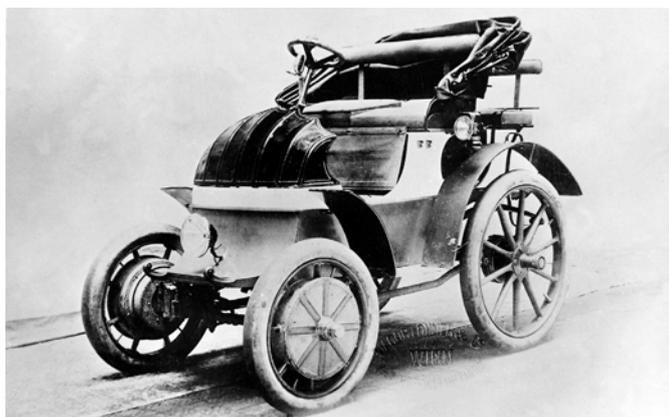


ABBILDUNG 286: Lohner-Porsche aus dem Jahr 1900 - BILD: David Scott



ABBILDUNG 287: Mondfahrzeug der Apollo-15-Mission - BILD: NASA

4. KAPITEL: ENERGIEZUKUNFT ERNEUERBARE ENERGIE

Mischformen und alternative Ansätze



ABBILDUNG 288: Luxus-Elektromobilität in Serie – Tesla Model S mit 310 PS
BILD: Tesla Motors Inc.

und Klimaschutz die Rede sein. Die Vorteile der Elektromobilität liegen im emissionsfreien und beinahe lärmfreien Betrieb der Fahrzeuge. Elektrofahrzeuge eignen sich besonders für den Betrieb in Ballungsräumen, weil die dort zurückgelegten Strecken meist kurz sind. Der größte Nachteil von Elektrofahrzeugen ist die Problematik der Speicherung elektrischer Energie und damit ihre Reichweite. Eine weitere Hürde ist das noch nicht umfassend ausgebaute Netz von öffentlichen Stromtankstellen. Lange Ladezeiten der Akkumulatoren erfordern bei längeren Reisen eine sorgfältige Weg- und Zeitplanung. Prinzipiell können die meisten Elektroautos an jeder Steckdose aufgeladen werden; höhere Leistungsübertragung wie zum Beispiel durch Kraftstrom verkürzen die Ladezeiten. Dennoch sind heute Elektroautos vieler namhafter Hersteller auf dem Markt, die sich als durchaus alltagstauglich erweisen. Auch Luxus-E-Autos wie das Model S von Tesla werden angeboten. Zwei Motoren mit insgesamt 310 PS Leistung beschleunigen dieses Fahrzeug in nur 4,5 Sekunden von Null auf 100 km/h. Die Höchstgeschwindigkeit beträgt



ABBILDUNG 289: Mercedes f 125 Konzeptfahrzeug mit 313 PS
BILD: Daimler

210 km/h. Bei einer Geschwindigkeit von 90 km/h beläuft sich die Reichweite auf 480 km. Ein 2012 von Tesla vorgestellter „Supercharger“ mit 90 kW kann die Batterie eines Model S in 30 Minuten voll aufladen. Derzeit wird versucht, über Hybrid-Antriebe (Kombination aus Elektro- und Verbrennungsmotor) den Treibstoffverbrauch zu senken. Dabei kommen im Wesentlichen zwei Techniken zum Einsatz: Eine Variante ist eine kleine Batterie, über die das Fahrzeug zum Beispiel im Stadtbereich elektrisch betrieben werden kann. Wird durch den Fahrer mehr Leistung angefordert, schaltet sich der Verbrennungsmotor dazu und beide Antriebe arbeiten zusammen. Beim Bremsen arbeitet der Elektromotor im Generatorbetrieb. Dadurch kann Energie zurückgewonnen und in der Batterie gespeichert werden. Eine andere Variante ist die des sogenannten Plug-In-Hybriden: Hier wird eine Batterie durch einen kleinen Verbrennungsmotor im optimalen Drehzahlbereich ständig geladen. Zum Antrieb des Fahrzeuges wird ein Elektromotor eingesetzt, der die benötigte Energie aus dieser Batterie bezieht.

.ppt

PRÄSENTATION 89: Konzepte für erneuerbare Mobilität (9 Folien)

7.3.3 Brennstoffzelle und elektrische Antriebe

Die Brennstoffzelle ist kein Energiespeicher, sondern ein Energiewandler. Es handelt sich um eine galvanische Zelle, durch die chemische Reaktionsenergie eines zugeführten Brennstoffes in Strom umgewandelt werden kann. Die erste einfache Brennstoffzelle wurde Mitte des 19. Jahrhunderts gebaut. Ihren heutigen Entwicklungsgrad verdankt diese Technik ihrem Einsatz in der Raumfahrt. Brennstoffzellen können unter anderem mit Methanol oder Wasserstoff betrieben werden. Wasserstoff lässt sich aus erneuerbarem Strom erzeugen, Ethanol kann durch verschiedene Verfahren aus Biomasse gewonnen werden.

Viele Brennstoffzellen funktionieren reversibel; das heißt, sie können sowohl zur Erzeugung von Strom aus Brennstoffen als auch zur Herstellung von Brennstoffen mittels des Einsatzes von Strom herangezogen werden. Brennstoffzellen eignen sich gut zur Verwendung in Energiespeichersystemen. Mit einer Brennstoffzelle können Wirkungsgrade von bis zu 60% erreicht wer-

den. Heute rückt das Serienfahrzeug mit Brennstoffzellenantrieb immer näher. Eine Brennstoffzelle erzeugt dabei aus Wasserstoff Strom für den Elektromotor eines Fahrzeuges. Noch stehen das fehlende Angebot von Fahrzeugen am Markt und die geringe Dichte des Tankstellennetzes der Nutzung dieser Technologie im Weg. Auch die Frage nach der industriellen Wasserstoffherzeugung ist noch offen. Im Fall des Modelles f 125 von Mercedes sind es vier in Radnähe verbaute Motoren, die gemeinsam eine Spitzenleistung von 313 PS bereitstellen können. 1.000 Kilometer Reichweite soll mit einem Treibstoffbedarf von etwa 0,8 Kilogramm Wasserstoff – das entspricht einem Dieseläquivalent von etwa 3 Litern – möglich sein. Dabei handelt es sich allerdings bislang nur um ein Konzept. Die Markteinführung für die B-Klasse mit Brennstoffzelle wurde für 2014 angekündigt. Stattdessen wurde die B-Klasse aber als Elektrofahrzeug in das Programm des Automobilherstellers aufgenommen. Die Reichweite beträgt bis zu 200 km, die Spitzengeschwindigkeit liegt bei 160 km/h. Toyota plant 2015 die Markteinführung für Modelle mit Brennstoffzellenantrieb.

.ppt

PRÄSENTATION 90: Funktion der Brennstoffzelle (12 Folien)

7.4 Biogene Energieträger der 3. Generation



ABBILDUNG 290: Pediastrum-Duplex-Algen - BILD: Biota Taiwanica



ABBILDUNG 291: CO₂-Speicherung Pilotanlage - BILD: RWE

Der Einsatz von Mikroalgen zur Energiegewinnung steckt noch in den Kinderschuhen. Aus den Algen kann Öl als Rohstoff für Treibstoffe gewonnen werden; die Rückstände der Ölgewinnung können verfeuert werden. Die Nutzung von Mikroalgen wird von den zum Emissionshandel verpflichteten Kraftwerksbetreibern, wie EVN, vorangetrieben und soll dort in erster Linie zur Bindung von CO₂ aus der fossilen Verbrennung verwendet werden. Derzeit mangelt es noch an einer ausgereiften Verfahrenstechnik für den großflächigen Einsatz der Algenproduktion.

Im niederösterreichischen Bruck an der Leitha betreibt die Firma Ecoduna ein Forschungs- und Entwicklungszentrum zur Algenzucht. In der Algenzucht werden mittels Regulierung von Licht, Wärme und Wasser optimale Wachstumsbedingungen erzeugt. Bei einigen Algenarten können 77% ihrer Biomasse in Öl umgewandelt werden.

Ein Pilotprojekt, bei dem sogenannte Photobiokollektoren für Wärme und Strom aus Algen sorgen, wurde als Wohnhaus in Hamburg realisiert. Das Gebäude verfügt über in die Fassade integrierte Kollektoren, die auch zur Beschattung und als Schallschutz dienen. In den Kollektoren befinden sich die Algen und produzieren durch ihr Wachstum Biomasse, die in einer Biogasanlage vergoren wird. Mit dem gewonnenen Biogas wird eine Brennstoffzelle betrieben, die Strom und Wärme erzeugt. Bei der Verstromung des Biogases entsteht CO₂, das durch die Algen in der Bioreaktor-Fassade wieder in neuer Biomasse gebunden wird. Unter optimalen Bedingungen teilen sich die Mikroalgen zweimal am Tag – so entstehen neue Organismen zur Energieerzeugung.

Laut deutschem Umweltbundesamt liefern einige Mikroalgenarten im Vergleich zu Landpflanzen eine hohe Produktausbeute. Auf einem Hektar kann ein Ernteertrag von bis zu 200 Tonnen Algen pro Jahr erwirtschaftet werden. Im Vergleich dazu können aus einem Hektar Land nur 3 bis 4 Tonnen Raps gewonnen werden. Auch der Wasserbedarf konventioneller Energiepflanzen ist um ein Vielfaches höher. Mikroalgen können auf einem Hektar bis zu 380 Tonnen CO₂ binden, Raps nur etwa 7 Tonnen CO₂. Werden Mikroalgen vergoren, bilden sie Biogas, das zur Stromerzeugung eingesetzt werden kann. Einige Algenarten produzieren unter bestimmten Bedingungen sogar Wasserstoff. Algen stehen auch als Möglichkeit zur Kohlenstoffbindung in industriellen Prozessen (vor allem fossile Stromgewinnung) zur Debatte.



ABBILDUNG 292: Das BIQ Algenhaus in Hamburg - BILD: ecoduna

! 1 Gramm getrocknete Biomasse aus Algen liefert 23 Kilojoule (kJ) Energie, so viel wie ein Stück Vollmilchschokolade. Das BIQ Algenhaus in Hamburg produziert pro Jahr fast 25.000.000 kJ. Umgerechnet in Schokolade sind das 10.000 Tafeln!

8 QUELLENANGABEN UND LITERATURVERZEICHNIS

AEE Agentur für Erneuerbare Energie (2011): *Durchblick erneuerbare Energie.*

<http://www.unendlich-viel-energie.de/de/detailansicht/article/535/der-volle-durchblick-in-sachen-erneuerbare-energien.html>

AEE Agentur für Erneuerbare Energie (2011): *Durchblick Energiepflanzen.*

<http://www.unendlich-viel-energie.de/de/detailansicht/article/530/der-volle-durchblick-in-sachen-energiepflanzen.html>

AEE Agentur für Erneuerbare Energie (2011): *Durchblick Kosten und Nutzen.*

<http://www.unendlich-viel-energie.de/de/wirtschaft/detailansicht/article/190/der-volle-durchblick-in-sachen-erneuerbare-energien-kosten-und-nutzen.html>

Biermayr, P., Fechner, H., Leonhartsberger, K. et al. (2013) *Erneuerbare Energie in Österreich – Marktentwicklung 2012.*

http://www.pvgrid.eu/uploads/media/4-Leonhartsberger-Erneuerbarer_Strom_als_Wirtschaftsfaktor.pdf

BmIfuw; Bmwfw (2011): *Ressourcennutzung in Österreich. Bericht 2011.*

http://www.bmwfj.gv.at/EnergieUndBergbau/PublikationenBergbau/Documents/Ressourcennutzung_Bericht%202011.pdf

Bmvit (2012): *Nachhaltig wirtschaften.*

http://www.energieklima.at/fileadmin/user_upload/pdf/Zahlen_Daten/2011-Marktstatistik-2010_5.pdf

Bmwfw (2008): *Energie Strategie Österreich.*

http://www.bmwfj.gv.at/Ministerium/Staatspreise/Documents/energiestrategie_oesterreich.pdf

Bmwfw (2010): *Erneuerbare Energien – Daten und Fakten.*

http://www.bmwfj.gv.at/EnergieUndBergbau/Energieversorgung/Documents/Erneuerbare%20Energien_Daten%20und%20Fakten.pdf

Bmwfw (2012): *Energiestatus Österreich 2012.*

<http://www.bmwfj.gv.at/EnergieUndBergbau/Energieversorgung/Documents/Energiestatus%202012.pdf>

Bmelv (2011): *Der volle Durchblick in Sachen Bioenergie.*

http://www.bmelv.de/SharedDocs/Downloads/Broschueren/Bioenergie-vollerDurchblick.pdf?__blob=publicationFile

E.ON Hanse AG (2009): *Algen. Multitalente, auch im Dienste des Klimaschutzes.*

[http://www.eon-hanse.com/pages/eha_de/Engagement/Umweltaktivitaeten/Mikroalgenprojekt_Hamburg/Algenbroschuere_final_2200_240609_\(2\).pdf](http://www.eon-hanse.com/pages/eha_de/Engagement/Umweltaktivitaeten/Mikroalgenprojekt_Hamburg/Algenbroschuere_final_2200_240609_(2).pdf)

European Climate Foundation (2010): *Roadmap 2050.*

<http://www.roadmap2050.eu/downloads>

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V.: *Handbuch Bioenergie Kleinanlagen.*

http://www.tfz.bayern.de/sonstiges/17745/handbuch_komplett.pdf

Fraunhofer ISE (2012): *Studie Stromentstehungskosten Erneuerbare Energie.*

<http://www.ise.fraunhofer.de/de/veroeffentlichungen/veroeffentlichungen-pdf-dateien/studien-und-konzeptpapiere/studie-stromgestehungskosten-erneuerbare-energien.pdf>

Fraunhofer ISE (2012): *Aktuelle Fakten zur Photovoltaik in Deutschland.*

<http://www.ise.fraunhofer.de/de/veroeffentlichungen/veroeffentlichungen-pdf-dateien/studien-und-konzeptpapiere/aktuelle-fakten-zur-photovoltaik-in-deutschland.pdf>

FVEE (2002): *Dish-Stirling-Systeme. Eine Technologie zur dezentralen solaren Stromerzeugung.*

http://www.fvee.de/fileadmin/publikationen/Themenhefte/th2002/th2002_02_03.pdf

4. KAPITEL: ENERGIEZUKUNFT ERNEUERBARE ENERGIE

Quellenangaben und Literaturverzeichnis

Hundt, B. (2010): *Boden und Landschaft. Schriftenreihe zur Bodenkunde, Landeskultur und Landesökologie.* Band 55. Justus-Liebig-Universität: Gießen.

IEA (2012): *Tracking Clean Energy Progress.*
<http://www.iea.org/etp/>

IG Windkraft (2007): *Das realisierbare Windkraftpotenzial in Österreich bis 2020.*
<http://www.igwindkraft.at/redsystem/mmedia/2007.08.30/1188464900.pdf>

IG Windkraft (2011): *Studie Wirtschaftsfaktor Windenergie. Arbeitsplätze – Wertschöpfung in Österreich.*
<http://www.igwindkraft.at/redsystem/mmedia/2011.04.27/1303893992.pdf>

Jürgen Paeger Consulting, *Nachhaltigkeit Managementsysteme.*
<http://www.oekosystem-erde.de/>

Kopetz, H. (2012): *Die globale Situation der Biomasse als Energieträger.*
http://www.eurosolar.de/de/images/stories/pdf/SZA_3_2012/Kopetz_SZA_3_final_2012_web-6.pdf

Kumar, A.; Schei, T. (2011): *5 Hydropower.*
http://srren.ipcc-wg3.de/report/IPCC_SRREN_Ch05.pdf

Lebensministerium (2009): *Erneuerbare Energie in Zahlen.*
http://www.lebensministerium.at/umwelt/energie-erneuerbar/Erneuerbare_Zahlen.html

Lebensministerium (2009): *Erneuerbare Energie 2020. Potenziale und Verwendung in Österreich.*
http://www.energiestrategie.at/images/stories/pdf/02_bmlfuv_09_erneuerbare2020.pdf

Lebensministerium (2011): *Biokraftstoffe im Verkehrssektor 2011. Zusammenfassung der Daten der Republik Österreich gemäß Art. 4, Abs. 1 der Richtlinie 2003/30/EG für das Berichtsjahr 2010.*
http://extranet.fcio.at/uploads/austria_2011_de_132494_DE.pdf

Loibnegger, T.; *Photovoltaik in der Landwirtschaft.* LK Steiermark.

Murck, B. (2005): *Environmental Science, A Self Teaching Guide.* New York Wiley Verlag.

Österreichischer Biomasse-Verband (2011): *Bioenergie 2020.*
<http://www.biomasseverband.at/en/publikationen/broschueren/>

Österreichischer Biomasse-Verband (2012): *Energie aus der Region.*
<http://www.biomasseverband.at/en/publikationen/broschueren/>

Österreichischer Biomasse-Verband (2012): *Biotreibstoffe auf dem Prüfstand.*
<http://www.biomasseverband.at/en/publikationen/broschueren/>

Österreichischer Biomasse-Verband (2012): *Biotreibstoffe im Fokus.*
<http://www.biomasseverband.at/publikationen/falter/>

Österreichischer Biomasse-Verband (2012): *Energieholzproduktion im Kurzumtrieb.*
<http://www.biomasseverband.at/publikationen/falter/>

Österreichischer Biomasse-Verband (2013): *Basisdaten 2013 Bioenergie.*
<http://www.biomasseverband.at/en/publikationen/broschueren/>

PIK (2011): *A New Growth Path for Europe. Generating Prosperity and Jobs in the Low-Carbon Economy.*
http://www.pik-potsdam.de/members/cjaeger/a_new_growth_path_for_europe_synthesis_report.pdf

4. KAPITEL: ENERGIEZUKUNFT ERNEUERBARE ENERGIE

Quellenangaben und Literaturverzeichnis

Pöyry (2008): VEÖ Wasserkraftpotenzialstudie Österreich.

http://www.energiestrategie.at/images/stories/pdf/36_veo_08_wasserkraftpotenzial.pdf

Rubin (2008): Schlanke Giganten. Vision Aufwindkraftwerk: Die technischen Voraussetzungen sind geschaffen, Bochumer Bauingenieure sind an der Entwicklung eines Prototyps beteiligt.

<http://www.ruhr-uni-bochum.de/rubin/rubin-fruehjahr-08/pdf/facette7.pdf>

Schlaich Bergermann Solar GmbH (2011): Solar Updraft Tower.

http://www.architecture.mit.edu/sites/all/files/attachments/lecture/SolarUpdraftTower_Project.pdf

Schleicher, S.; Kratena, K. (2001): Österreichs Klimapolitik: Die Chance des Scheiterns.

http://www.accc.gv.at/publ/UmwFor_SchleicherKratena.pdf

Springer Materials (2012). The Landolt-Börnstein Database: Biomass energy – An overview.

http://www.springermaterials.com/docs/info/10858992_13.html

Stern report (2006): Stern Review: Der wirtschaftliche Aspekt des Klimawandels. Ausführliche Zusammenfassung Deutsch.

http://www.dnr.de/publikationen/eur/archiv/Stern_Review_148906b_LONG_Executive_Summary_GERMAN.pdf

Umweltbundesamt (1993): Biogasnutzung aus der Landwirtschaft.

<http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/R088.pdf>

Umweltbundesamt (1994): Umweltgerechte Waldnutzung. Problemfelder – Maßnahmen.

<http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/M049.pdf>

Umweltbundesamt (2004): Biokraftstoffe im Verkehrssektor in Österreich 2004.

<http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/BE251.pdf>

Umweltbundesamt (2009): Energiewirtschaftliche Inputdaten und Szenarien als Grundlagen zur Erfüllung der Berichtspflichten des Monitoring Mechanismus.

<http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/REP0237.pdf>

Umweltbundesamt (2010): Wasser, Trinkwasser und Gewässerschutz. Schutz der Meere.

<http://www.umweltbundesamt.de/wasser-und-gewaesserschutz/index.htm>

Umweltbundesamt (2010): Wald und Waldnutzung.

http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/umweltkontrolle/2010/ukb2010_07_wald.pdf

Umweltbundesamt (2012): Klimaschutzbericht 2012.

<http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/REP0391.pdf>

Wind, G. (2006): Energiewende – 100 % aus erneuerbaren Energiequellen sind möglich.

<http://www.pansol.at/download/061103-energiewende.pdf>