K. J. Thomé-Kozmiensky
Michael Beckmann

ERNEUERBARE ENERGIEN

Band 5

Strategien und Forschung
Energierecht und -wirtschaft
Netze und Speicher

TK

Karl J. Thomé-Kozmiensky
Michael Beckmann

Erneuerbare Energien

Band 5

Strategien und Forschung

Energierecht und -wirtschaft

Netze und Speicher

TK

Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme

Erneuerbare Energien, Band 5
– Strategien und Forschung, Energierecht und -wirtschaft, Netze und Speicher –
Karl J. Thomé-Kozmiensky, Michael Beckmann.
– Neuruppin: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky, 2011
ISBN 978-3-935317-64-1

ISBN 978-3-935317-64-1 TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky

Copyright: Professor Dr.-Ing. habil. Dr. h. c. Karl J. Thomé-Kozmiensky
Alle Rechte vorbehalten

Verlag: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky • Neuruppin 2011
Redaktion und Lektorat: Professor Dr.-Ing. habil. Dr. h. c. Karl J. Thomé-Kozmiensky, Elisabeth Thomé-Kozmiensky, M.Sc. und Dr.-Ing. Stephanie Thiel
Erfassung und Layout: Nicole Bäker, Janin Burbott, Petra Dittmann, Sandra Peters, Martina Ringgenberg, Ginette Teske
Druck: Mediengruppe Universal Grafische Betriebe München GmbH, München

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürfen.

Sollte in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien, z.B. DIN, VDI, VDE, VGB Bezug genommen oder aus ihnen zitiert worden sein, so kann der Verlag keine Gewähr für Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen. Es empfiehlt sich, gegebenenfalls für die eigenen Arbeiten die vollständigen Vorschriften oder Richtlinien in der jeweils gültigen Fassung hinzuzuziehen.

Die Europäische Union hat dem Klimaschutz hohe Priorität für ihre Aktivitäten zugewiesen. Das neue Strategiepapier der Kommission der Europäischen Union haben der Energiekommissar Günther Oettinger und die für den Klimaschutz zuständige Kommissarin Connie Hedegaard am 8. März 2011 in Straßburg vorgestellt. Die Empfehlungen im Strategiepapier sind wegweisend für die weltweite Klimaentwicklung. Zu den Eckpunkten der Strategie gehören die Festlegung eines Mindestziels für die Reduktion von Treibhausgasemissionen, die Fortführung des europäischen Emissionshandelssystems, die Steigerung der Energieeffizienz, der Ausbau der erneuerbaren Energien und die Technologieförderung. Es wurde u.a. bestätigt, dass in der Europäischen Union in den kommenden vierzig Jahren der Kohlendioxidausstoß um achtzig bis 95 Prozent, verglichen mit 1990, gesenkt werden muss, wofür sich die Union schon im Jahr 2009 verpflichtet hatte. Dies muss sein, um den Anstieg der Erdtemperatur auf höchstens zwei Grad, verglichen mit der vorindustriellen Zeit, zu begrenzen. Dieses Ziel wurde auch auf der Klimaschutzkonferenz in Cancún, Mexiko bestätigt. Zusätzlich sollen Klimaschutzmaßnahmen in dritten Staaten durchgeführt werden, die sich die Europäische Union anrechnen lassen kann. Als Zwischenziele werden genannt: Reduzierung der Kohlendioxid-Emissionen bis 2020 um zwanzig oder sogar um 25, bis 2030 um vierzig und bis 2040 um sechzig Prozent.

Diese ehrgeizigen Ziele sollen nach den im Strategiepapier formulierten Aussagen mit einem ganzen Bündel von Aktivitäten erreicht werden: Ausbau der Erzeugung mit erneuerbaren Energien und der Energienetze, Ersatz von mit fossilen Kraftstoffen betriebenen Kraftfahrzeugen durch Elektrofahrzeuge, Modernisierung von Industrieanlagen, Abscheidung und Speicherung von Kohlendioxid (CCS) aus Kraftwerken und Industrieanlagen, Passivhäuser und durch weitere Energiesparmaßnahmen. Die notwendigen Investitionen werden auf 270 Milliarden Euro pro Jahr beziffert.

Elektrischer Strom soll sowohl nach den im Strategiepapier formulierten Vorstellungen der Europäischen Union als auch nach denen des deutschen Sachverständigenrats für Umweltfragen bis 2050 fast vollständig aus treibhausgasarmen Quellen erzeugt werden. Der Unterschied zwischen den europäischen und deutschen Vorstellungen liegt darin, dass nach den Plänen der Europäischen Union auch die Kernenergie dazu gehören soll. Den wesentlichen Zielen und Herausforderungen der übernationalen und nationalen Pläne für die erneuerbaren Energien widmen sich die Beiträge dieses Buchs.

Tobias Schmid gibt einen Überblick über Aspekte des Klimaschutzes beim Zusammenspiel regenerativer und konventioneller Stromversorger. Professor Martin Faulstich, Vorsitzender des Sachverständigenrats für Umweltfragen, stellt das Gutachten der Sachverständigen zur hundertprozentigen Stromversorgung aus erneuerbaren Energien vor. Professor Klaus Riedle stellt dem die Energieszenarien für Deutschland nach den Vorstellungen der VDI-Gesellschaft Energie

und Umwelt gegenüber. Die Position der Industrie wird mit dem Beitrag über die Strategie der E.ON Climate & Renewables von Sven Rudloff deutlich.

Konzepten und Strategien widmen sich weitere Beiträge, in denen die Vorstellungen der Bundesregierung, der Wirtschaft und als Besonderheit Entwicklungsszenarien der energetischen Biomassenutzung gegenübergestellt werden.

Professor Michael Beckmann, Leiter der Fachgebiete Verbrennung, Wärme- und Stoffübertragung im Institut für Energietechnik der Technischen Universität Dresden, zeigt Entwicklungen und Perspektiven für die erneuerbaren Energien aus naturwissenschaftlicher und technischer Sicht auf.

Die Biomassegewinnung auf bisher anderen Nutzungen vorbehaltenen Flächen ist umstritten. Daher kommt der Zertifizierung von nachhaltigen Biomassen zur Konfliktvermeidung erhebliche Bedeutung zu, wie Karolina Kapsa ausführt.

Die Frage der Herstellung und Verwertung von Ersatzbrennstoffen aus Haushalts- und Gewerbeabfällen hat sich von einem heftig umstrittenen Thema zu einem akzeptierten Bestandteil der Abfallwirtschaft entwickelt und ist heute mit zahlreichen Anlagen abfallwirtschaftliche Realität. Die Zukunft der Ersatzbrennstoffe zeigt Thomas Grundmann von der Arbeitsgemeinschaft Stoffspezifische Abfallbehandlung auf. Dr. Barbara Zeschmar-Lahl versucht mit ihrem ökologischen Vergleich von MBA- und MVA-Konzepten der kontroversen Diskussion eine sachliche Basis zu geben. Peter Scur von CEMEX Deutschland berichtet über Erfahrungen mit der Anrechnung des biogenen Anteils von Ersatzbrennstoffen bei der Emissionshandelspflicht.

Voraussetzung für die Umstellung der Energieversorgung ist ein grundlegender Umbau der Stromnetze. Dazu werden die Anforderungen an die Netze zur Stromversorgung mit erneuerbaren Energien von Dr. Werner Brinker, Vorstandsvorsitzender der Energie Weser Ems AG dargestellt. Umwelt- und planungsrechtliche Aspekte dazu werden von Rechtsanwalt Dr. Markus Appel behandelt. Einen weiteren Beitrag zum Thema Netze liefert Armin Steinbach vom Bundesministerium für Wirtschaft mit seinen Ausführungen über ein Offshore-Netz in der Nordsee.

Die Umstellung der Energieversorgung wirft eine Reihe von rechtlichen Fragen auf, von denen einige in diesem Buch behandelt werden. Erfahrungen mit der Anlagengenehmigung werden am Beispiel von Biomasseanlagen von Rechtsanwalt Dr. Helmar Hentschke dargestellt. Ein bedeutendes, auch rechtlich relevantes Thema ist die Umweltverträglichkeit von Verfahren und Anlagen, hier dargestellt am Beispiel der Biogasanlagen, referiert von Regierungsdirektor Hans-Peter Ewens vom Bundesministerium für Umwelt. Mit rechtlichen Problemen der dritten Zuteilungsperiode des Emissionshandels setzt sich Rechtsanwalt Dr. Markus Ehrmann auseinander. In diesem Zusammenhang ist wichtig, dass nach den Vorstellungen der Europäischen Union die Zahl der Emissionsrechte schneller als bisher geplant sinken soll. Die Marktentwicklung für Biogas in Europa wird von Jens Gatena von trend:research dargestellt.

Von den wirtschaftlichen Einflüssen werden die Bedeutung des Exports deutscher Umwelttechnik, Fördermaßnahmen und die Initiierung neuer Projekte angesprochen.

Dr. Dirk Bessau weist mit Recht darauf hin, dass ein starker Heimatmarkt Voraussetzung für den erfolgreichen Export ist. Bei den erneuerbaren Energien ist Deutschland gut aufgestellt. Der Vorsprung der deutschen Wirtschaft in der Umwelttechnik soll folglich weltweit genutzt werden. Dazu präsentiert Professor Henzelmann von Roland Berger einen Beitrag zur Umwelttechnik als internationaler Leitmarkt.

Über Förderungsmaßnahmen durch die Kreditanstalt für Wiederaufbau berichtet Markus Schlömann. Die Initiierung von Erneuerbare-Energien-Projekten erscheint für die weitere Entwicklung in diesem Bereich von großer Bedeutung. Beispielhaft wird dieses Thema für Biogasanlagen von Bertram Uecker referiert.

Mai 2011

Professor Dr.-Ing. Dr. h. c. Karl J. Thomé-Kozmiensky

Inhaltsverzeichnis

Strategien und Konzepte

Erneuerbare Energien
– Entwicklungen und Perspektiven –
Michael Beckmann und Christoph Pieper 3

Wege zur hundertprozentigen Stromversorgung
aus erneuerbaren Energien
Martin Faulstich..... 23

Vergleich von Energieszenarien für das Jahr 2050
Klaus Riedle, Jürgen-Friedrich Hake,
Dag Martinsen und Ernst-Günter Hencke 33

Stolpersteine und Akzeptanz bei der Umsetzung der Energiewende
Karl J. Thomé-Kozmiensky..... 51

Zusammenspiel regenerativer und konventioneller Stromerzeugung
zum Erreichen der Ziele für die Energieversorgung und
für den Klimaschutz
Tobias Schmid..... 67

E.ON Climate & Renewables: Entwicklung der Erneuerbaren Energien
vom Boutique-Maßstab zum Industriestandard
Sven Rudloff und Gabriele Ruéb..... 87

Der Einsatz von Biomasse in Großbritannien
Mike Hession, Peter McKendry und Gerrit Ermel 97

Ökologischer Vergleich verschiedener Verfahren der Restabfallbehandlung
– MBA-Konzepte und thermische Verfahren –
Barbara Zeschmar-Lahl 111

Wirtschaft und Recht

Umwelttechnik als internationaler Leitmarkt
Torsten Henzelmann 133

Förderung erneuerbarer Energien durch die KfW Bankengruppe
Markus Schlömann 153

Ein starker Heimatmarkt ist Voraussetzung für erfolgreichen Export
Dirk Bessau 157

Emissionshandel – Rechtliche Probleme der 3. Zuteilungsperiode
Markus Ehrmann 165

Erfahrungen bei der Genehmigung von Biomasseanlagen
Helmar Hentschke 183

Netze und Speicher

Anforderungen an die Netze zur Stromversorgung mit erneuerbaren Energien
Werner Brinker 199

Umwelt- und planungsrechtliche Fragen des Ausbaus von Hochspannungsleitungen
Markus Appel 211

Auf dem Weg ins regenerative Zeitalter – Ein Offshore-Netz in der Nordsee –
Armin Steinbach 231

Zukünftige Strukturen der Energiespeicherung – die Rolle von Erdgas –
Gerald Linke 237

Biomasse und Biogas

Zertifizierungssysteme für nachhaltige Biomasse
Karolina Kapsa 247

Die Energiewirtschaft des Biogases
Jörg Ottersbach und Oliver Donner 261

Marktentwicklung bei Biogas in Europa
Jens Gatena 267

Initiierung von Erneuerbare-Energie-Projekten am Beispiel von Biogasanlagen
Bertram Uecker 277

Umweltverträglichkeit von Biogasanlagen
Hans-Peter Ewens 291

Ersatzbrennstoffe

Zukunft der Ersatzbrennstoff-Herstellung und -Verwertung
Thomas Grundmann 303

Erfahrung mit der Anrechnung des biogenen Anteils von Ersatzbrennstoffen bei der Emissionshandelspflicht
Peter Scur 321

Dank 331

Autorenverzeichnis 335

Inserentenverzeichnis 345

Schlagwortverzeichnis 349

Strategien und Konzepte

Erneuerbare Energien
– Entwicklungen und Perspektiven –

Michael Beckmann und Christoph Pieper

1. Zielstellungen für die künftige Energiewirtschaft 4
2. Strategien 7
3. Entwicklungspotentiale erneuerbarer Energieträger 7
3.1. Windenergie 8
3.2. Photovoltaik und Solarthermie 9
3.2.1. Photovoltaik 9
3.2.2. Solarthermie 12
3.3. Biomasse 12
4. Netze und Speicher 15
4.1. Netze 15
4.2. Speicher 16
5. Zusammenfassung 18
6. Referenzen 19

Der Weg in ein Zeitalter der Energieversorgung auf Basis erneuerbarer Energieträger ist richtig und unumkehrbar. Dieser Weg ist allerdings mit erheblichen Veränderungen der Struktur der Energiebereitstellung und Nutzung verbunden. Dafür sind heute bereits technische Lösungen verfügbar, die in ihrer Effizienz weiter entwickelt werden und im Umfang ausgebaut werden müssen. Darüber hinaus wird der Weg in ein regeneratives Energiezeitalter mit vielen Innovationen verbunden sein. Es wird jedoch auf absehbare Zeit keine Lösung geben, die ohne Beeinträchtigungen der Umwelt eine stabile Energieversorgung sicher stellt. Der Umbau erfordert Zeit und schließt viele Teilaufgaben ein. Diese müssen offen diskutiert werden – auch hinsichtlich der Auswirkungen auf die Umwelt, d.h., Natur und Bevölkerung – und sie müssen konsensfähig gemacht werden, überparteilich und über einen längeren Zeitraum hinaus als es Legislaturperioden oder Wahltermine zulassen.

Deutschland verfügt heute über eine zuverlässige und wettbewerbsfähige Energieversorgung, die in ihrer Entwicklung selbstverständlich ökologische Zielstellungen wie Effizienzsteigerung, Schadstoffminderung und Ressourcenschonung in hohem

Maße in allen Bereichen der Energieumwandlung und Energieanwendung einschließt. Dabei beträgt der Anteil der Erneuerbaren Energien jedoch derzeit nur etwa 9 % am Primärenergiebedarf. Mit dem Ausbau der Erneuerbaren Energien sind große Herausforderungen verbunden: Aufbau einer Infrastruktur für die Errichtung großer Offshore-Windparks, sichere Netze, Speicher, die intelligente Steuerung des Verbraucherverhaltens, Nutzungskonzepte für Biomasse und die Finanzierung, die Genehmigung sowie die Sicherheit von Anlagen und Netzen sind nur einige Stichpunkte. Der Weg muss begleitet und abgesichert werden, d.h., die derzeit dominierenden Technologien auf Basis fossiler Energieträger müssen parallel weiter entwickelt werden, um als Backup-Technologien die Versorgungssicherheit zu gewährleisten; Wirkungsgradsteigerung, Lastwechselflexibilität und Carbon Capture and Storage sind bereits erfolgreich begonnene Richtungen, die im Hinblick auf die Minderung der Treibhausgasemissionen auch bis 2050 eine ganz wesentliche Rolle spielen und darüber hinaus der deutschen Wirtschaft zukunftsorientierte Exportchancen bieten. Ganz wesentlich werden Anforderungen an die Effizienzsteigerungen auf der Anwenderseite bleiben. Anders als bisher heißt das aber nicht nur Optimierung und Weiterentwicklung bestehender Technologien sondern darüber hinaus auch eine stärkere Vernetzung im Hinblick auf Erzeuger- und Verbraucherverhalten.

1. Zielstellungen für die künftige Energiewirtschaft

Bei einem Vergleich von Vorhersagen und den tatsächlich realisierten Ergebnissen des Ausbaus der Erneuerbaren Energien in Deutschland der vergangenen zwanzig Jahre ergeben sich erhebliche Unterschiede (Bild 1).

Blieben anfangs (im Jahr 1995, 2000) die Ist-Zustände unter den prognostizierten Werten, so hat das sicher mit Anfangsschwierigkeiten der Herausbildung einer neuen Branche gegen eine Reihe von etablierten Strukturen zu tun. Zunächst waren es überwiegend Klein- und mittelständische Unternehmen, die mit zahlreichen Einzellösungen insbesondere in den Bereichen Wind-, Solar- und Biomasseenergie in den Wettbewerb eintraten. Inzwischen sind aus den ehemals Kleinunternehmen weltweit agierende Großunternehmen geworden (Beispiel SolarWorld) und es sind zusätzlich traditionelle Großunternehmen wie Siemens – aber auch die Energieversorger, Stadtwerke gleichermaßen wie E.ON, EnBW, RWE, Vattenfall usw. – in den Markt eingetreten. Eine Reihe von Gesetzgebungen – darunter das *EEG* – haben den Ausbau flankiert. Bereits 2005 lagen die erreichten Anteile der Erneuerbaren Energien am Primärenergiebedarf in Deutschland deutlich oberhalb der prognostizierten Werte. Dieser Trend hat sich im Jahr 2010 fortgesetzt. Ohne eine grundsätzliche Veränderung der Struktur der Energieversorgung und der Nutzung auf der Anwenderseite wird der Anteil der Erneuerbaren Energien jedoch in absehbarer Zeit einer Sättigung entgegen laufen. Diese Veränderung bedarf einer abgestimmten und, wie eingangs erwähnt, einer akzeptierten Langzeitstrategie. Bevor auf einige Eckpunkte dieser Strategie näher eingegangen wird, sei kurz noch ein Blick auf die verschiedenen Energieformen in der Anwendung geworfen (Endenergiebedarf (EEB)). Schließlich gilt es, einen bestimmten Bedarf zu decken.

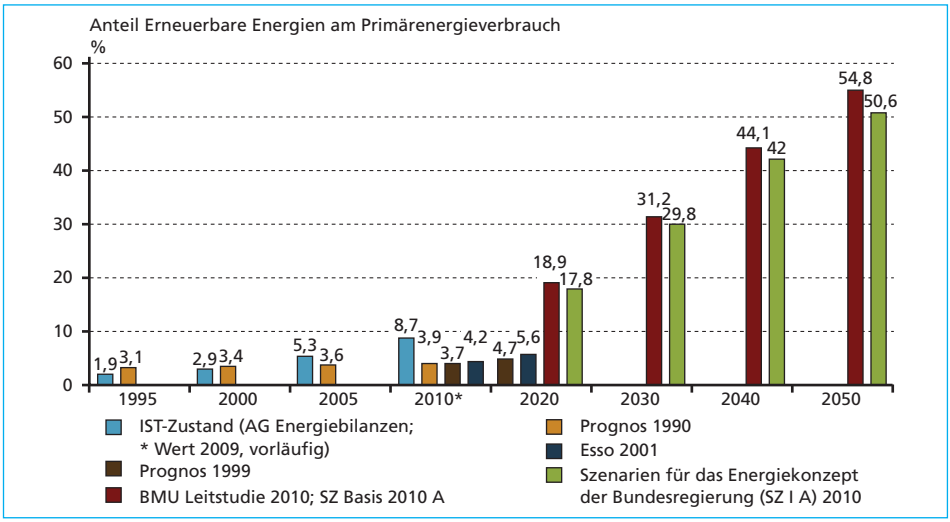


Bild 1: Stand und Prognosen zur Entwicklung Erneuerbarer Energien in Deutschland

Quellen:

Energiebilanzen e.V.: online http://www.ag-energiebilanzen.de/viewpage.php?idpage=139, abgerufen am 03.04.2011

Prognos AG (Hrsg.): Energieprognose bis 2010: die energiewirtschaftliche Entwicklung der Bundesrepublik Deutschland bis zum Jahr 2010. Stuttgart, 1990

Schiffer, W.: Praxiswissen aktuell – Energiemarkt Deutschland. Köln, 2002

Nitsch, J.; Pregger, T.; Scholz ,Y. et al.: *Leitstudie 2010* – Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland bei Berücksichtigung der Entwicklung in Europa und global. Dezember 2010, online: http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/leitstudie2010_bf.pdf, abgerufen am: 03.04.2011, FKZ: 03MAP146

Schlesinger, M.; Lindenberger, D.; Lutz, C. et al.: Energieszenarien für ein Energiekonzept der Bundesregierung Projekt Nr. 12/10 des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie. Berlin, Basel/Köln/Osnabrück, 2010, http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/energieszenarien_2010.pdf, abgerufen am 03.04.2011

Die Tabelle 1 zeigt den Bedarf an Endenergie (etwa 65 % des Primärenergiebedarfes) für die wesentlichen Verbrauchergruppen: Industrie, Verkehr, Haushalte und Gewerbe, Handel, Dienstleistung (GHD) für das Jahr 2006. Zu erkennen sind zunächst folgende stichpunktartig aufgeführte Aspekte:

- Der Anteil elektrischer Energie (Strom) beträgt etwa 21 % des EEB.
- Die Verbrauchergruppen Industrie, Verkehr, Haushalte sind zu annähernd gleichen Anteilen am EEB beteiligt – allerdings mit deutlichen Unterschieden bei den Energiearten.
- Industrieprozesse benötigen für Prozesswärme fossile Energieträger und elektrische Energie und darüber hinaus für Antriebe usw. elektrische Energie.
- Für die Mobilität (Verkehr) wird der größte Anteil an Kraftstoffen beansprucht.
- Haushalte und GHD weisen einen hohen Bedarf an Erdöl und Erdgas überwiegend für die Wärmenutzung auf.

Tabelle 1: Endenergiebedarf der Verbraucher Industrie, Verkehr, Haushalte und Gewerbe, Handel, Dienstleistung (GHD) an verschiedenen Energiearten für das Jahr 2009 in Deutschland

Endenergie-verbrauch 2009 in Deutschland	PJ	%	Kohle	Kraftstoff (Öl)	Gas	Strom	Fern-wärme	EE	sonstige
Industrie	2.264	26,0	3,42	1,31	9,00	8,71	1,47	1,23	0,84
Verkehr	2.541	29,2	0,00	27,09	0,06	0,66	0,00	1,35	0,00
Haushalte	2.497	28,7	0,44	6,46	11,62	5,75	1,81	2,58	0,00
Gewerbe, Handel, Dienstleistung	1.411	16,2	0,14	3,59	4,72	5,55	1,93	0,26	0,00

Quelle: Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie: Zahlen und Fakten Energiedaten – Nationale und Internationale Entwicklung. Online: http://www.bmwi.de/BMWi/Navigation/Energie/Statistik-und-Prognosen/Energiedaten/gesamtausgabe.html; abgerufen am: 03.04.2011

Bei der Betrachtung des Anteils Erneuerbarer Energien am Primärenergiebedarf sind nicht nur elektrischer Strom sondern auch die Energiearten Prozesswärme, Raumwärme, Kraftstoff bzw. Mobilität in den jeweiligen Verbrauchergruppen zu betrachten.

Betrachtet man die einzelnen Verbrauchgruppen getrennt, so sind spezifisch Einsparungspotenziale sichtbar. Zunächst müssen diese durch Effizienzmaßnahmen – wie z.B. durch verbesserte Produktionsabläufe (z.B. [7, 8]) und durch Substitution von Energieträgern (z.B. [9]) realisiert werden. Zu beachten ist bei der Substitution von Energieträgern bei Herstellungsprozessen allerdings u.a. das jeweilige Prozesstemperaturniveau und die Produktqualität.

Ein sehr hohes Einsparungspotenzial erkennt man im Bereich Haushalt und GHD in der Nutzung von Erdöl und Erdgas hauptsächlich zur Wärmeerzeugung. Hier stellt sich die Frage, ob dieses Einsparungspotenzial allein durch Verbesserung der Gebäudesubstanz (Dämmung, sogenannte Niedrig- oder Nullenergiehäuser) oder nicht vielmehr auch durch geändertes Verbraucherverhalten und strukturelle Veränderungen der Energiebereitstellung (Fernwärme, dezentrale Wärmeerzeugung durch Solarthermie, Wärmepumpen, Nutzung von elektrischer Energie zur Warmwasserheizung bei Überkapazitäten, Speicher usw.) erreicht werden kann. Bevor über viele Umwandlungsstufen aus Biomasse Kraftstoffe für die Mobilität genutzt wird, sollte man über deren Nutzung zur viel einfacheren Wärmeerzeugung und damit der viel effizienteren Substitution von fossilen Energieträgern nachdenken. Das dann selbstverständlich wieder Maßnahmen zur Reduzierung von Schadstoffen wie Feinstaub oder Stickoxiden nötig werden, ist eine Aufgabenstellung, die lösbar ist. Dieses Beispiel zeigt, dass der Weg in das Zeitalter Erneuerbarer Energieträger nicht einfach über den Austausch von fossilen Kraftwerken durch Wind- und Solarkraftwerke führt, sondern dass die Verbraucherseite in die Strategieentwicklung mit einbezogen werden muss und dass neben elektrischer Energie ein ganz erheblicher Bedarf an Raum- und Prozesswärme sowie Energie für die Mobilität benötigt werden.

2. Strategien

Welche Strategie oder welche Maßnahmen führen in das Zeitalter der Erneuerbaren Energie? Darüber gibt es in vielen Punkten zunächst grundsätzlich eine große Übereinstimmung in der Politik und der Fachwelt, unklar sind die jeweiligen Anteile und die Zeiträume, in denen die Umsetzung erfolgen kann.

Wie würde man in einem Unternehmen bei der Umstellung auf ein neues Produkt oder in einem Forschungsvorhaben vorgehen? Es gäbe einen Plan mit detaillierten Arbeitsaufgaben, der sich an der Zielstellung des Projektes orientiert. Zugehörig muss ein Zeitplan mit Meilensteinen vorliegen. Im Laufe des Projektes werden die Zielstellungen mit dem Arbeits- und Zeitplan kontrolliert – man spricht dabei auch vom Monitoring.

Derzeit besteht die Aufgabe, einen Plan mit detaillierten Aufgabenstellungen zu erarbeiten und konsensfähig für die nächsten Dekaden zu vereinbaren. Dieser muss gewährleisten, dass auch aktuelle Änderungen aufgrund neuer Erkenntnisse einfließen können.

Eckpunkte in diesem Plan sind sicher – und das sind die vorher genannten Punkte über die zunächst allgemein (weitgehend) Konsens besteht:

- Effizienzsteigerung in allen Bereichen der Energieanwendung (Industrie, Haushalte, Verkehr, GHD),
- Ausbau der Netzstruktur (Elektrische Netze, Gas- und Fernwärmenetze),
- Entwicklung und Ausbau von Speichern (Wasser, Druckluft, Gas, Wärme, elektrische Energie),
- Ausbau Windenergie (Offshore, Repowering),
- Flexibilisierung des Kraftwerksparkes (Gaskraftwerke, Kohlekraftwerke in Verbindung mit CCS),
- Nutzung von Biomasse aus ökologischem Anbau,
- Kreislauf- und Ressourcenwirtschaft.

Über die Folgen des Umbaus muss offen debattiert werden, denn ohne die Akzeptanz scheitern die Projekte für Netztrassen ebenso wie für neue Kohlekraftwerke, die als Backup auch künftig für einen langen Zeitraum noch benötigt werden. Schließlich muss auch die Bereitschaft (Akzeptanz) gegeben sein, die Kosten für diesen Umbau zu tragen.

3. Entwicklungspotentiale erneuerbarer Energieträger

Welche Potenziale bestehen bei den einzelnen Erneuerbaren Energieträgern im Einzelnen? Dazu gibt es eine Vielzahl von Untersuchungen, die hier im Folgenden kurz zusammengefasst dargestellt werden. Dabei liegt der Fokus auf den Entwicklungen und Möglichkeiten in Deutschland. Standortbedingt werden deshalb die Konzepte der Geothermie und der Gezeitenkraftwerke nicht näher betrachtet. Die geografischen Bedingungen sind für diese Energieerzeugungsformen in Deutschland sehr rar (vgl. [10]).

3.1. Windenergie

Nicht nur in der dena-II-Studie [10], sondern auch in anderen Veröffentlichungen [11] spielt die Windenergie die Hauptrolle in der regenerativen Energieerzeugung. Bereits heute erzeugt die Windenergie mit über 40 % den größten Teil des regenerativen Stroms. Wie das Bild 2 erkennen lässt, stagniert jedoch der Zubau von Anlagen in den letzten fünf Jahren. Die Gründe dafür liegen zum einen in Finanzierungsproblemen für Großprojekte als Folge der Finanzkrise, aber auch in der abnehmenden Akzeptanz der Bevölkerung für Windenergieanlagen im Binnenland. Des Weiteren sind gesetzliche Regulierungen zunehmend ein Hemmschuh.

Die Anlagentechnik für Windenergieanlagen (WEA) wird immer leistungsstärker und nimmt gleichzeitig sehr große Dimensionen an. So bietet die derzeit leistungsstärkste WEA, die E-126 der Firma Enercon, mit einer Nabenhöhe von 135 m und einem Rotordurchmesser von 127 m 7,5 MW.

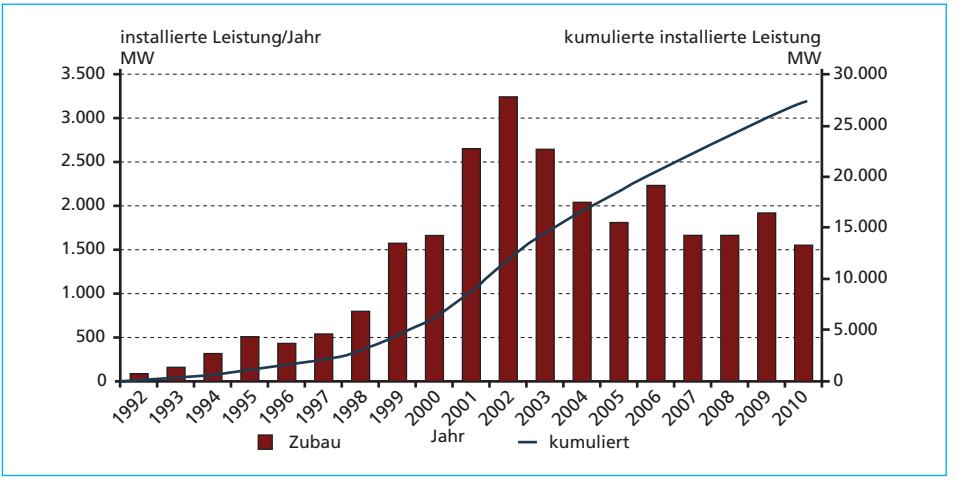


Bild 2: Entwicklung der Windenergieleistung in Deutschland

Quelle: Bundesverband WindEnergie e.V.: Die Entwicklung der Windenergie in Deutschland 2010. http://www.wind-energie.de/de/statistiken/, abgerufen am 03.04.2011

Bild 3 zeigt die jährlich installierte Leistung nach Rotordurchmesser. Daraus wird ersichtlich, dass zukünftig vor allem das Repowering, also der Ersatz alter Anlagen, zum Ausbau der Windenergie auf dem Festland beitragen wird. Der Erfolg des Ausbaus ist jedoch von der Akzeptanz der lokal betroffenen Bevölkerung abhängig [13].

Weiterer Forschungsbedarf im Hinblick auf den Ausbau der Windenergie liegt insbesondere auf folgenden Schwerpunkten [15]:

- bessere Vorhersage der Windbedingungen,
- Optimierung der Anlagen (Material, Serienproduktion von Großkomponenten, Wartung),
- Verbesserung der Anlagensteuerung (Regelbarkeit).

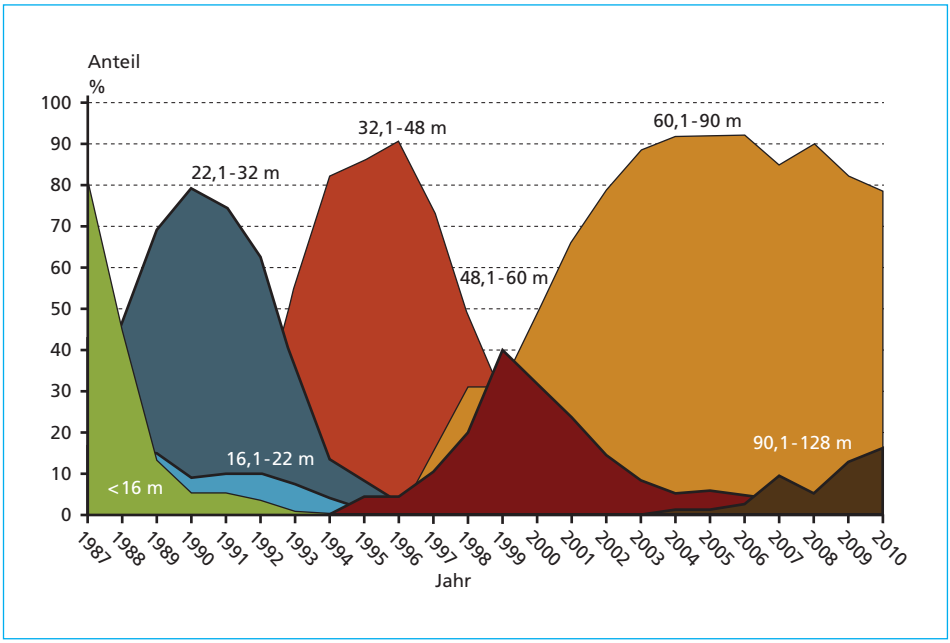


Bild 3: Anteil verschiedener Windenergieanlagen nach Rotorgröße

Quelle: Molly, J. P.: Status der Windenergienutzung in Deutschland – Stand 31.12.2010. http://www.dewi.de/dewi/fileadmin/pdf/publications/Statistics%20Pressemitteilungen/31.12.10/Foliensatz_2010.pdf, abgerufen am: 03.04.2011, DEWI GmbH, 2011

Im Offshore-Bereich geht der Ausbau derzeit nur langsam voran. Im Jahr 2009 wurde der erste deutsche Offshore-Windpark Alpha Ventus fertig gestellt. Die 12 WEA haben eine Leistung von 5 MW. Betrachtet man das Ziel der Bundesregierung bis 2030 eine Leistung von 25 GW zu installieren, so stehen noch erhebliche Investitionen an. Neben Kapital bedarf es außerdem verlässlicher gesetzlicher Grundlagen für den Netzanschluss, den Netzausbau selbst und Speicherkapazitäten.

3.2. Photovoltaik und Solarthermie

3.2.1. Photovoltaik

Grundlegend wird in einer Photovoltaikzelle Sonnenstrahlung direkt in elektrische Energie umgewandelt. Durch auftreffende Photonen entstehen in der Zelle positive und negative Ladungen, wodurch zwischen den Polen eine Spannung erzeugt wird. Verkettet man mehrere Zellen, erhält man Photovoltaikmodule.

Es wird im Wesentlichen zwischen zwei Arten von Solarzellen unterschieden. Allgemein bekannt sind kristalline Siliziumzellen, die den größten Teil der weltweit eingesetzten Solarzellen darstellen. Eine weitere Unterteilung findet noch in mono- und polykristalline Zellen statt. Der Wirkungsgrad beträgt zwischen 13 und 17 % für kommerzielle Zellen.

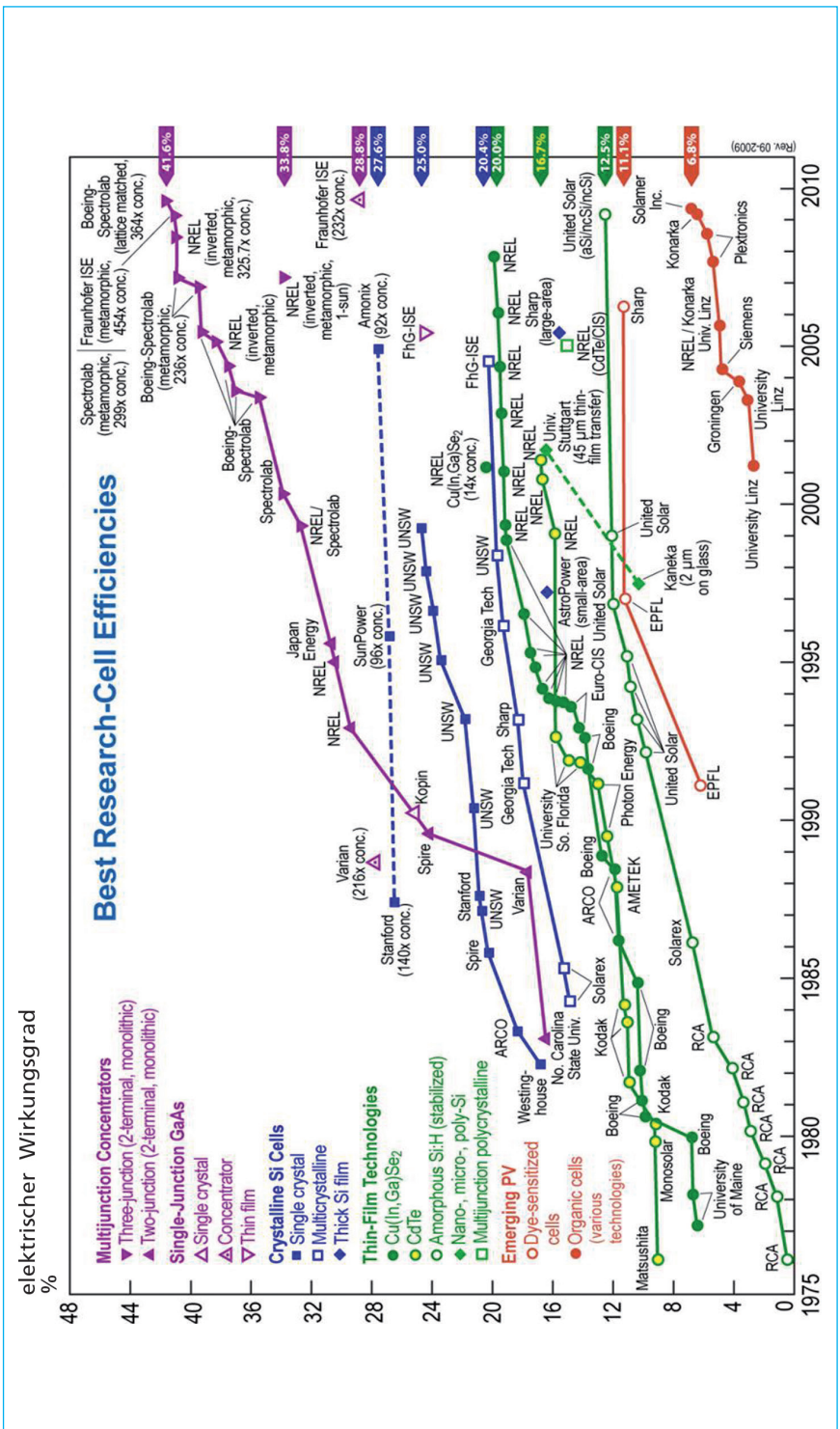


Bild 4: Überblick über die Entwicklung des elektrischen Wirkungsgrades verschiedener Solarzellen

Quelle: Price, S.; Margolis, R.: 2008 Solar Technologies Market Report. U.S. Department of Energy (Hrsg.), 2010, http://www1.eere.energy.gov/solar/pdfs/46025.pdf, abgerufen am 30.04.2010

Schlagwortverzeichnis

A

Akzeptanz 51
Atomkraftwerke
  Laufzeitverlängerung 27, 30

B

Bevölkerungsentwicklung 135
  Deutschland 37
Bevölkerungswachstum 136
Biogas
  Beschaffenheit und Einsatz 280
  Emissionen in Boden und Wasser 297
  Energiepotential 288
  Genehmigungsvorbereitung 284
  in KWK-Anlagen 261
  Luftschadstoffe 297
  Marktentwicklung in Europa 267
  Netzanschluss 284
  Nutzungsmöglichkeiten 261
  Rohstoffbasis 283
  spezielle Anlagentypen 299
  Standort und Grundstück 283
  -anlagen 267
    Genehmigsbedürftigkeit 295
    relevante Emissionen 296
    Sicherheitsaspekte 298
    Struktur des Anlagenbestandes 293
    technisches Konzept 284
    Umweltverträglichkeit 291
  -einspeisung
    ins Erdgasnetz 268
  -märkte
    Wettbewerbsintensität 268
  -standort
    Entwicklungsprozess 282
Biogener Anteil von Ersatzbrennstoffen
  Anrechnung bei Emissionshandels-
    pflicht 321
Biomasse 12, 51, 91, 98
  Anlagentypen 99
  Co-Verbrennung in Großkraftwerken 14
  Energiequellen 98
  Förderung 29
  in Großbritannien 97
  Zertifizierungssysteme 253
  -anlagen
    Standortanalyse 183
  -herstellung 248
    Anbaufläche 248
    in Deutschland 251
    Massenbilanzierung 251
    Rückverfolgbarkeit 251
  -verbrennungsanlagen 100
Biomethan
  Entwicklung, Investition und Betrieb 282
  -einspeisung
    in Deutschland 263
  -projekte
    Investorenhintergrund und
      -intention 285
Brasilien 140
Brückentechnologie 28
Bruttoinlandsprodukt
  Prognose für Deutschland 37
Bulgarien 142
Bundesfachplan Stromübertragungs-
  netz 2030 30

C

Carbon Leakage 172
China 141
Clean Development Mechanism (CDM) 166
  Nutzung 180
Cleantech 138
Cluster(-Management) 149
CO_2-Emissionen
  bei der Zementherstellung 321
  Grenzwerte 30
  in Deutschland 200
CO_2-Emissionsfaktor 324
CO_2-Konzentration
  in der Atmosphäre 134
Compressed Air Energy Storage – CAES 17

D

Demografie 135
Differenzierungsstrategie 144
Direktinvestitionen 145
Diversifizierer 144
Downgrade 148
Dritte Zuteilungsperiode
  Benchmark 174
  kostenfreie Zuteilung 172
  rechtliche Probleme 165
  Sonderprobleme 175
  Versteigerung 171
  Zuteilungsregeln 169
Druckluftspeicher 17
Dünnschicht-Zellen 11

E

econet china 149

Einspeisevergütung 269

Elektroenergiespeicher 238

Emissionsfaktor 325
- Ermittlung unter Berücksichtigung des biogenen Anteils 326
- in Abhängigkeit vom Heizwert 327

Emissionshandel 321
- dritte Zuteilungsperiode 165

Energie
- -effizienz 28
- -konzept 292
- -politik
  - Handlungsempfehlungen 28
- -produktivität 38
- -speicherung
  - zukünftige Strukturen 237
- -steuergesetz
  - Änderung 313
- -szenarien
  - für das Jahr 2050 33
- -wende 51

Energie- und Klimapolitik
- weitere Europäisierung 31

Energiewirtschaft
- Transformation 206
- Zielstellungen 4

EnLAG 232

Erdgas
- als Stromspeicher 240
- als Energiespeicher 237
- Nutzung des Netzes 240
- Wasserstoffspeicherung 241

Erneuerbare Energien
- Ausbau 77
- Entwicklung 87
- Exportchancen 157
- Legitimation 277
- Prognosen 68
- Spannungsfeld 286
- Stand und Prognosen für Deutschland 5

Erneuerbare-Energien-Gesetz 29
- politischer Wille 278

Erneuerbare-Energien-Richtlinie von 2009 31

Erneuerbare-Energie-Projekte
- Biogasanlagen 277

Ersatzbrennstoff (EBS)
- Begriffsbestimmungen 304
- heizwertreiche Fraktionen 304
- Sekundärbrennstoffe 305
- -Aufbereitung 305
  - heizwertreiche Fraktionen 306
  - Sekundärbrennstoffe 307
- -Herstellung und -verwertung 303
  - Perspektiven 315

Europa 141

Exporte 146

Exportinitiative Energieeffizienz 149

F

Fachkräftemangel 150

First Mover 144

Förderbedingungen
- für Biogasanlagen 269

Förderung erneuerbarer Energien
- durch die KfW Bankengruppe 153

Front Runner-Prinzip 174

G

Genehmigung
- von Biomasseanlagen 183

Genehmigungs
- -bedürftigkeit 184
- -fähigkeit 184
- -management 194

German Water Partnership 148

Geschäftsmodelle, strategische 144

Gesetzesänderungen
- Energiesteuergesetz 313
- Kreislaufwirtschaftsgesetz 310
- Stromsteuergesetz 313
- Treibhausgas-Emissionshandelsgesetz 313

GIRL 185

Greenfield-Entwicklung 145

GreenTech 138
- kleinteilige Struktur 143
- -Leitmärkte 147

Grundlastkraftwerk 70

H

H5-Topologie 11

Hochspannungsleitungen
- Genehmigungsregime 216
- umwelt- und planungsrechtliche Fragen 211

Hybride Produkte 148

I

IEA
  Hauptszenario 137
Indien 140
Innovation 150
Innovationsleistung 150
Internationale Energieagentur (IEA) 136
Internationalisierungsstrategie 148
ISCC 253

J

Joint Implementation (JI) 166
  Nutzen 180
Joint Venture 145, 146

K

Kernenergie
  Ausstieg 51
Kernkraftwerke
  Laufzeitverlängerung 28, 30
Klimaschutzpolitik 28
Klima- und Energiepolitik
  weitere Europäisierung 31
Klimawandel 133
Kohlekraftwerke
  Neubau 28
Kohlenstoff, biogener 321, 323
Kostenführerstrategie 144
Kraftwerke
  auf fossiler Basis 51
Kraftwerkseinsatzplanung 70
Kraftwerkspark
  konventionelle Anforderungen 67
  zukünftige Anforderungen 70
Kreislaufwirtschaftsgesetz 310
KWK-Anlage
  flexibler Einsatz 83

L

Lastüberdeckung 71, 73
Leitmärkte 138
Loadmanagement 242

M

Markt
  -eintritt 145
  -entwickler 144
  -entwicklung
    bei Biogas in Europa 267
Megacities 135
Mittellastkraftwerk 70
Mitteltemperatur, globale 134

N

Nachhaltigkeitsprüfung
  kritische Aspekte 258
NaWaRo-Bonus
  Abschaffung 29
Netzausbau 28, 212
  aktuelle Entwicklungen 226
  Änderungen des Genehmigungs-
    regimes 226
  Finanzierungsinitiativen 228
  Planfeststellungsverfahren 217
  Raumordnungsverfahren 216
Netze 15, 51
  Anforderungen 199
  Einspeisung erneuerbarer Energien 199
Netzplanung im Nordseeraum 31
Netzumbau 28
Nischenanbieter 144
Nischenstrategie 144
Nordsee-Netz 231
Novellierung 310

O

Offshore-Windenergie 90
  Ausschreibungsmodelle 29
Offshore-Winderzeugung 231
Ökobilanzierung
  Methode 113
  verschiedene Restabfallbehandlungs-
    verfahren 111
Onshore-Wind 89
Osteuropa 143

P

Pentalaterales Energieforum 231
Photovoltaikanlagen 9, 29
  Ausbau 79
  Bestand 77
Photovoltaik-Industrie 142
  -Module
    Preisentwicklung 11
  -Roadmap 147
Planfeststellungsverfahren
  formelle Anforderungen 219
  materielle Anforderungen 220
  obligatorische und fakultative Durchführung 217
Projektbeispiele, in Großbritannien
  Andigestion, Holsworthy Vergärungsanlage 105
  Biogen Twinwoods Vergärungsanlage 106
  Dundee, Grangemouth, Leith and Rosyth – Forth Energy Ltd (geplante Biomasse Projekte) 107
  Longannet Biomass, Fife, Scotland – Scottish Power (geplantes Biomasse Projekt) 107
  Markinch, Fife, Scotland – RWE npower renewables (geplantes Biomasse Projekt) 108
  O-Gen UK Ltd, Stoke-on-Trent, Holzvergasung, 3 MW-Kraftwerk 108
  Steven's Croft Holzkraftwerk E.ON UK Renewable Ltd (Biomasse) 106
Pumpspeicherkraftwerke 17

R

REDcert 253
Residuallast 70
  negative 72
Ressourcenknappheit 133, 136
RHI (Renewable Heat Incentive) 104
ROC (Renewables Obligation Certificate) 103
Rohstoffpreise 137
Rohstoff- und Materialeffizienz 138
Russland 140

S

Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) 23
Sekundärbrennstoff-Herstellung
  Perspektiven 318
Siliziumzellen, kristalline 9
smart grids 16
Solar
  -energie 91
  -thermie 12
  -wirtschaft 147
  -zellen 9
    Entwicklung des elektrischen Wirkungsgrades 10
Speicher 51
  chemische 16
  thermische 16, 82
  -arten für elektrische Energie
    Entladungszeiten und Speicherkapazitäten 16
  -technologien 16
Spitzenlastkraftwerk 70
Status quo 305
Strom
  -erzeugung
    Zusammenspiel regenerativer und konventioneller 67
  -gestehungskosten
    einer regenerativen Vollversorgung in Deutschland (2050) 26
  -kundenkonten 29
  -netzausbau 212
  -speicher 73
  -steuergesetz
    Änderung 313
  -übertragungsnetz 30
  -versorgung
    hundertprozentig aus erneuerbaren Energien 23
    Transformation 23
Studienergebnisse
  bifa, 2004 – Bayern 115
  BIWA/BZL 2003 – Sachsen 114
  BIWA/BZL/Prof. Born 2009 – Sachsen 124
  IKr – Institut für Kreislaufwirtschaft 2006 – Bremen 120
  MUNLV/IFEU 2007 – Nordrhein-Westfalen 121
  Öko-Institut 2005 – Deutschland 118
Szenario-Technik 34

T

Tandem-Solarzellen 11
Technologie
  -exporteur 144
  -führer 144
Thermische Konversion
  Biomassekraftstoffe 101

THG-Emissionen 249
Treibhausgas-Emissionshandelsgesetz
  Änderungen 313
Türkei 142

U

Überkapazitäten 309
Übernahmen 146
Übertragungsnetz 15
Umwelt-Rechtsbehelfsgesetz (UmwRG) 224
Umwelttechnik 138
  als internationaler Leitmarkt 133
Umwelttechnologien NRW 149
Umweltverträglichkeit
  von Biogasanlagen 291
Urbanisierung 135

V

Vergärungsanlagen 99

W

Wärmespeicher 82
Wasserstoffspeicherung 17
Westeuropa 143
Wettbewerbsintensität 146
Wettbewerbsstrategie 144
Windenergie 8, 29, 51
  deutscher Markt 157
  Exportchancen der deutschen
    Windbranche 160
  in Europa 159
  installierte Leistung 159
  internationaler Windmarkt 158
Windenergieleistung
  Entwicklung in Deutschland 8
Windfall Profits 168
Windkraft
  Anlagenbestand 77
  Ausbau 78, 79
Windwasserstoff 237
Wirtschaftlichkeit 285

Z

Zementindustrie
  CO_2-Emissionen 321
  Entwicklung des Ersatzbrennstoffeinsatzes
    324
Zementwerk Rüdersdorf 322
  spezifischer Brennstoffenergieeinsatz 322
Zertifikate erneuerbarer Energien
  ROCs 103
Zertifizierungssysteme
  Anwendungserfahrung 256
  für Biomasse 247
  im Ausland 259
  kritische Aspekte 258
Zwei-Grad-Ziel 199