K. J. Thomé-Kozmiensky
Michael Beckmann

ERNEUERBARE ENERGIEN

Band 3

Strategien und Forschung
Energierecht und -wirtschaft

TK

Karl J. Thomé-Kozmiensky
Michael Beckmann

Erneuerbare Energien

Band 3

Strategien und Forschung

Energierecht und -wirtschaft

TK

Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme

Erneuerbare Energien, Band 3
– Strategien und Forschung,
Energierecht und -wirtschaft –
Karl J. Thomé-Kozmiensky, Michael Beckmann
– Neuruppin: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky, 2010
ISBN 978-3-935317-54-2

ISBN 978-3-935317-54-2 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 2010
Redaktion und Lektorat: Professor Dr.-Ing. habil. Dr. h. c. Karl J. Thomé-Kozmiensky und Dr.-Ing. Stephanie Thiel
Erfassung und Layout: Nicole Bäker, Petra Dittmann, Martina Ringgenberg, Andreas Schulz, 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.

Wir wollen, wir brauchen eine langfristige, sichere, wettbewerbsfähige und ökologisch vertretbare Energieversorgung. Das prinzipielle Ziel ist unumstritten, der Weg dahin nicht. Die Politik formuliert das Ziel, wobei sie sich auf – oft gegensätzliche – Gutachten stützt. Für die Realisierung sind andere Akteure zuständig. Das gilt für die technische Umsetzung, für die Wirtschaftlichkeit und für die Sicherheit; insbesondere letztere ist eine Frage der Technik, nicht der Politik.

In welchem Maße können die neuen Energieträger zur sicheren Energieversorgung in Deutschland beitragen? Die Schätzungen liegen weit auseinander. Der Sachverständigenrat für Umweltfragen stellt die These auf, dass hundert Prozent Strom aus erneuerbaren Energien bis 2050 möglich seien. Der Bundesverband Erneuerbare Energien hält einen Anteil von fünfzig Prozent Ökostrom am gesamten Bruttostromverbrauch bis zum Jahr 2020 für möglich. Die Bundesregierung gibt das Dreißig-Prozent-Ziel vor. Professor Vahrenholt hält es in einem Spiegel-Interview für möglich, dass bei größten Anstrengungen bis 2020 rund 25 bis 30 Prozent des benötigten Stroms aus erneuerbaren Energien erzeugt werden könnten. Von den meisten prognostizierten Zielen sind wir noch weit entfernt – trotz eindrucksvoller Erfolge. Nach Berechnungen des Statistischen Bundesamts liegt der Anteil der erneuerbaren Energien an der Bruttostromerzeugung bei 16 Prozent.

Der Energiebedarf wird nach Meinungen von Experten steigen, trotz effizienteren Energieeinsatzes. Insbesondere die Grundstoffindustrie ist auf sichere und kostengünstige Energieversorgung angewiesen und die Energiewirtschaft sieht die Gefahren einer Stromlücke und steigender Energiepreise.

Auch wenn die ehrgeizigen Ziele nur annähernd erreicht werden sollten, wird dies nicht problemlos gehen. Als Beispiele seien die Themen sichere Netze, Speicher, technische Performance, Finanzierung und Anlagengenehmigung genannt.

Zahlreiche Unternehmen, die ihre Aktivitäten nur oder zu erheblichem Anteil im Bereich der energetischen Abfallverwertung haben, beschränken sich nicht mehr auf ihre ursprünglichen Aufgabenfelder. Nicht selten betreiben sie neben ihren traditionellen Aktivitäten wie Abfallverbrennung, Ersatzbrennstoffherstellung und -verwertung sowie neuerdings Vergärung und Biogasverwertung auch Wind-, Biomasse- und Solaranlagen. Energiekonzerne und kommunale Unternehmen haben diesen Trend schon lange erkannt und die Nutzung erneuerbarer Energien einschließlich der Abfälle in ihre Strategie einbezogen.

Das vorliegende Buch widmet sich der Herausforderung der stabilen Energieversorgung und liefert einen Beitrag zur Diskussion, wie weit die erneuerbaren Energien dazu beitragen können. Es zeigt Chancen, Potentiale, Grenzen und Risiken auf.

Strategien zur Energieversorgung werden sowohl aus Sicht des Sachverständigenrats und von Verbänden als auch von der Wirtschaft – teils generell, im Hinblick auf die kommunale Energieversorgung sowie auf einzelne Unternehmen bezogen, vorgestellt.

Entscheidende Bedeutung für die Energieversorgung hat das Energierecht. Sowohl das Emissionshandelsrecht als auch die Schwierigkeiten bei der Genehmigung werden dargestellt. Wem gehören die Anlagen für erneuerbare Energien? Über die Eigentümerstrukturen wird übergreifend referiert und eine Prognose zur zukünftigen Verteilung des Marktes und zum Anteil der großen Energieversorgungsunternehmen abgegeben.

Einen Einblick in Forschungsaktivitäten und einen Ausblick auf die Energieversorgung der Zukunft geben die folgenden Beiträge.

Die Netzinfrastruktur hinkt der Erzeugung hinterher. Rund zwanzig Milliarden Euro müssen in Deutschland bis 2020 in Stromversorgungsnetze investiert werden, bis 2050 soll es ein mittlerer dreistelliger Milliardenbetrag sein. Dies stellt eine gewaltige Herausforderung dar, die durch den schnellen Zubau der erneuerbaren Energien verstärkt wird. Das Vorhandensein intelligenter Netze und dazu gehörig von Speichern wird eine wesentliche Voraussetzung für die Realisierung auch der weniger ehrgeizigen Ziele sein. Daher wird technischen, betriebs- und volkswirtschaftlichen sowie rechtlichen Aspekten in diesem Buch ein eigener Themenblock gewidmet.

September 2010

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

Professor
Dr.-Ing. Michael Beckmann

Inhaltsverzeichnis

Strategie

Chancen und Risiken der Energieversorgung
Karl J. Thomé-Kozmiensky 3

Hundert Prozent erneuerbare Stromversorgung bis 2050
– klimaverträglich, sicher bezahlbar –
Christian Hey 45

Die Energie der Zukunft – Ein Blick in das Jahr 2050
Fritz Vahrenholt und Holger Gassner 61

Anmerkungen zur energiepolitischen Debatte
im Herbst 2010
Andreas Kuhlmann 69

Strategie der Energieversorgung 2020
Hartmut Gaßner 81

Regenerative Energiequellen in der kommunalen Energieversorgung
– Potentiale und Grenzen –
Clemens Felsmann 95

Erneuerbar, klimaneutral und nachhaltig
– Vattenfall setzt auf Biomasse bei der Energieerzeugung –
Jan Grundmann 109

Zukunft der Ersatzbrennstoff-Herstellung
Thomas Grundmann 119

Zukunft der Ersatzbrennstoff-Kraftwerke
Markus Gleis und Ulf Raesfeld 137

Nutzung erneuerbarer Energien
im Zusammenhang mit der Meerwasserentsalzung
Kristina Bognar und Frank Behrendt 153

Energierecht und -wirtschaft

Grundlagen und System des Emissionshandelsrechts
Bernd Beckmann 175

Die Genehmigung von Biogasanlagen – Geklärtes und Ungeklärtes
Thomas Tyczewski 189

Das Heizwertkriterium und seine praktischen Folgen
André Brandt 205

Eigentümerstrukturen bei Anlagen für erneuerbare Energien
Dirk Briese 213

Forschung

Energieversorgung der Zukunft
Michael Beckmann und Antonio Hurtado 225

Thermische Solartechnik
für die Bereitstellung von Kälte, Wärme und Strom
Thomas Brendel, Harald Drück, Wolfgang Heidemann,
Henner Kerskes, Hans Müller-Steinhagen, Robert Pitz-Paal,
Christian Sattler und Rainer Tamme 239

Solarthermische Kraftwerke
– Flexible Stromversorgung dank integriertem Speicher –
Lars Schnatbaum-Laumann und Nils Gathmann 255

Netze

Auf dem Weg ins regenerative Zeitalter – Ein Offshore-Netz in der Nordsee –
Armin Steinbach 271

Der bestehende Rechtsrahmen für Netze
Franz Jürgen Säcker 277

Netzausbau im europäischen Kontext
Christian Schneller 289

Speicher

Betriebs- und volkswirtschaftliche Kosten-Nutzen-Analyse der Energiespeicherung
Niels Ehlers und Georg Erdmann 299

Druckluftspeicher – Technik, Chancen und Probleme
Rutger Kretschmer 317

Thermische Energiespeicher – Voraussetzung für den Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energiequellen
Robert Huhn 329

Dank 343

Autorenverzeichnis 347

Inserentenverzeichnis 357

Schlagwortverzeichnis 363

Strategie

Chancen und Risiken der Energieversorgung

Karl J. Thomé-Kozmiensky

1. Globale Entwicklung 5

2. Entwicklung in Deutschland 9

3. Technische Optionen 12

4. Stein- und Braunkohle 13

5. Kernkraft 16

6. Erdgas 20

7. Erdöl 21

8. Windenergie 24

9. Biomasse 26

10. Photovoltaik und Solarthermie 29

11. Wasserkraft 32

12. Geothermie 33

13. Anforderung an die Versorgungsinfrastruktur 37

14. Fazit 39

Deutschland verfügt heute über eine zuverlässige und noch bezahlbare Energieversorgung. Der gegenwärtige Energiebedarf wird aus Braun- und Steinkohle, Kernkraft, Erdöl, Erdgas und Erneuerbaren Energien gedeckt.

Die Akzeptanz der Kernkraft und der fossilen Energieträger ist in der Politik und in Teilen der Bevölkerung – meist durch Umweltverbände vertreten – durchaus unterschiedlich. Gegen die Kernkraft werden hauptsächlich Sicherheitsbedenken und die ungelöste Entsorgungsfrage vorgebracht. Hauptsächliches Argument gegen neue Kraftwerke auf fossiler Basis sind die Emissionen von Kohlendioxid.

Es besteht weitgehender Konsens, dass der Anteil der Erneuerbaren Energien zu Lasten der Kernkraft und der fossilen Energieträger zunehmen soll, allerdings nicht über die Geschwindigkeit des Prozesses.

Die Preise für elektrischen Strom für die Verbraucher setzt sich derzeit zu etwa dreißig Prozent aus der Erzeugung, zu dreißig Prozent aus der Verteilung zum Verbraucher und zu etwa vierzig Prozent aus Steuern zusammen. Dies ergibt einen durchschnittlichen Endpreis von etwa 21 Cent pro Kilowattstunde, wobei niedrigere Preise für Industrieunternehmen und höhere für die einzelnen Haushalte berechnet werden.

Der Anteil der Erneuerbaren Energien beträgt heute etwa sechzehn Prozent. Verdoppelt sich in absehbarer Zeit dieser Anteil, insbesondere der Solar- und Windenergie wie geplant, vor allem durch Einspeisung aus Off-Shore-Windkraftwerken, werden die Preise für Erzeugung und Verteilung steigen und die Steuern ebenfalls proportional. Der durchschnittliche Energiepreis dafür wird dann auf etwa 25 Cent pro Kilowattstunde geschätzt. Dies würde eine Zunahme des Strompreises um etwa neunzehn Prozent bedeuten.

Außer den privaten Verbrauchern dürfte insbesondere die stromintensive Industrie betroffen sein, und dies kann Auswirkungen auf den Standort Deutschland haben. Noch bestreitet die deutsche Industrie knapp ein Viertel des Bruttosozialprodukts, auch ist sie dank ihrer Exportstärke ein Konjunkturmotor.

Vertreter der Industrie halten es für möglich, dass Großverbraucher bei höheren Strompreisen ihren Strom von Kernkraftwerken aus europäischen Nachbarländern beziehen; dann würden allerdings Privatabnehmer noch stärker von den höheren Preisen für die Erneuerbaren Energien betroffen sein, als derzeit angenommen.

Das ehrgeizigste Ziel ist die Versorgung mit elektrischem Strom zu hundert Prozent durch Erneuerbare Energien bis zum Jahr 2050, formuliert u.a. vom Sachverständigenrat für Umweltfragen, von der Bundesregierung im Entwurf des Nationalen Aktionsplans für erneuerbare Energie gemäß der Richtlinie 2009/28/EG zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen und vom Umweltbundesamt Energieziel 2050: 100 Prozent Strom aus erneuerbaren Quellen – Vollversorgung mit Strom aus erneuerbaren Energien ist realistisch.

In allen diesen Papieren heißt es im Wesentlichen:

Bis 2050 könne die Stromversorgung in Deutschland vollständig auf Erneuerbare Energien umgestellt werden. Dies sei mit der besten heute am Markt verfügbaren Technik möglich. Vorausetzung sei, dass der Strom effizient erzeugt und genutzt werde. Zur Erreichung dieses Ziels wird die frühzeitige politische Weichenstellung gefordert. Zudem könne Deutschland seine hohe Importabhängigkeit von

Primärenergieträgern deutlich reduzieren, wenn der Strom ausschließlich aus Erneuerbaren Energien gewonnen würde.

Alle Regionen Deutschlands müssten ihre Potentiale für Erneuerbare Energien weitgehend ausnutzen. Zudem müsse ein deutschlandweiter Stromaustausch stattfinden, damit nur ein geringer Anteil des Stroms aus Nachbarstaaten importiert werden müsse. Die Untersuchungen kommen zu dem Schluss, dass die Stromversorgung bis 2050 vollständig auf Erneuerbaren Energien basieren und die Versorgungssicherheit jederzeit gewährleistet werden könne. Die Erzeugungsarten für die Erneuerbaren Energien, die Speicher und das Lastmanagement müssten genau aufeinander abgestimmt werden. Dadurch könnten Fluktuationen, die bei der Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien zwangsläufig auftreten, ausgeglichen werden. Für die Umgestaltung der Stromversorgung sei es notwendig, die Erneuerbaren Energien, die Netze und die Speichersysteme in großem Maßstab auszubauen. Die Möglichkeiten, Strom einzusparen, müssten ausgeschöpft werden, z.B. müssten

- die Gebäudedämmung entschieden verbessert werden,
- die Lastmanagementpotentiale erschlossen werden, um die Stromnachfrage an die fluktuierende Stromerzeugung aus der Wind- und Solarenergie anzupassen.

Die Stromerzeugung ist heute für mehr als vierzig Prozent der gesamten deutschen CO_2-Emissionen verantwortlich. Wollen wir die Treibhausgasemissionen um achtzig bis 95 Prozent verringern, müssen wir die Stromversorgung auf Erneuerbare Energien umstellen. Nur so ist es möglich, die Treibhausgasemissionen in der deutschen Stromerzeugung auf Null zu senken.

Literaturhinweise

[1] Bundesrepublik Deutschland: Nationaler Aktionsplan für erneuerbare Energie gemäß der Richtlinie 2009/28/EG zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen

[2] Hey, C.: Hundert Prozent erneuerbare Stromversorgung bis 2050 – klimaverträglich, sicher bezahlbar. In: Thomé-Kozmiensky, K. J. (Hrsg.): Erneuerbare Energien, Band 3. Neuruppin: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky, 2010

[3] Leipprand, A.; Sterner, M.; Faulstich, M.: Hundert Prozent erneuerbare Energien bis 2050? In: Thomé-Kozmiensky, K. J. (Hrsg.): Erneuerbare Energien, Band 1. Neuruppin: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky, 2009, S. 3-22

[4] Umweltbundesamt: Energieziel 2050: 100 % Strom aus erneuerbaren Quellen. www.uba.de/uba-info-medien/3997.html

1. Globale Entwicklung

Die weltweite Nachfrage nach Energie steigt – im Unterschied zu der in Deutschland und einiger weiterer Industrieländer – weltweit, insbesondere in den Entwicklungs- und Schwellenländern weiter, weil hier die Bevölkerung zunimmt. Nach Prognosen der Vereinten Nationen wird die Weltbevölkerung von derzeit etwa 6,5 Milliarden auf rund neun Milliarden Menschen bis Mitte dieses Jahrhunderts

zunehmen. Weltweit haben geschätzte zwei Milliarden Menschen keinen Zugang zu Elektrizität und Wasser. Diese streben nach Lebensumständen, die für Bewohner in Industriestaaten selbstverständlich sind. Die Prognose des weltweit zunehmenden Energiebedarfs wird daher nachvollziehbar.

Die Wirtschaft wächst in Brasilien, China, Indien und weiteren Ländern in Asien wesentlich stärker als in den industrialisierten Ländern; folglich wird hier Energie zunehmend nachgefragt. Alleine China hat rund 1,3 Milliarden Einwohner, die den gleichen Komfort und die gleiche Mobilität wünschen, wie sie in Industrieländern üblich sind.

Die Regierungen dieser Länder setzen zwar auf einen Energiemix aus unterschiedlichen Energieträgern einschließlich der Erneuerbaren Energien, doch basiert ihre zukünftige Energieversorgung aufgrund des technologischen Standards hauptsächlich auf fossilen Energieträgern und zunehmend auf Kernkraft. In Bild 1 sind mögliche Entwicklungsszenarien des zukünftigen Energieverbrauchs dargestellt.

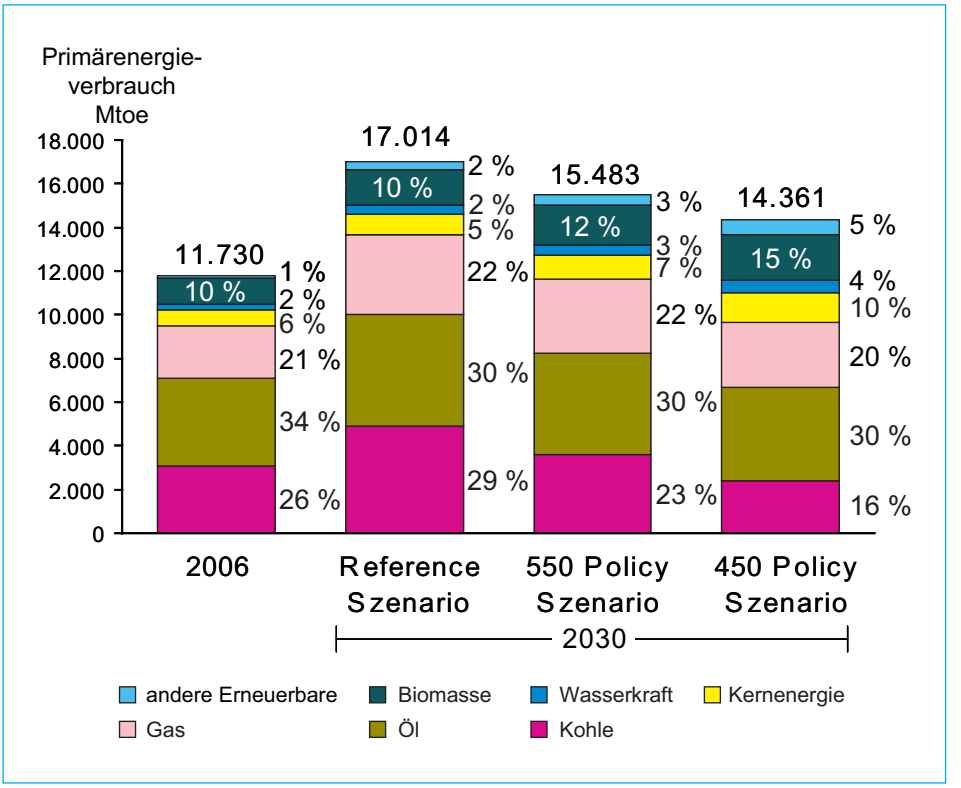


Bild 1: Entwicklung des globalen Primärenergieverbrauchs bis 2030

Quelle: International Energy Agency (IEA), World Energy Outlook 2008 zitiert in: Gassner, H.: Beitrag der erneuerbaren Energien im zukünftigen Energiemix. In: Thomé-Kozmiensky, K. J. (Hrsg.): Erneuerbare Energien, Band 1. Neuruppin: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky, 2009, S. 79

Die bekannten Szenarien zum weltweiten Kohlendioxidausstoß beziehen sich auf unterschiedliche Vorgaben. Selbst in den hinsichtlich des Klimaschutzes ehrgeizigsten Szenarien wird die Energienachfrage bis 2030 weiter steigen, wobei der Anteil der fossilen Energieträger – insbesondere von Erdöl – auf absehbare Zeit die dominierende Rolle spielen wird.

Die Preise für Öl und Gas werden schon wegen der sich abzeichnenden Verknappung und der Anbieterkonzentration weiter steigen und auch zu hohen Preisspitzen führen. In Abhängigkeit von der Angebots- und Nachfragesituation sowie von äußeren Ereignissen war dies auch in der Vergangenheit der Fall. In Bild 2 ist die Entwicklung des Ölpreises seit den siebziger Jahren des vorigen Jahrhunderts in Abhängigkeit von äußeren Ereignissen wie Kriege, Umweltkatastrophen und von der wirtschaftlichen Entwicklung dargestellt. Auch wenn die Preise immer wieder nachgaben, ist die Aufwärtstendenz eindeutig.

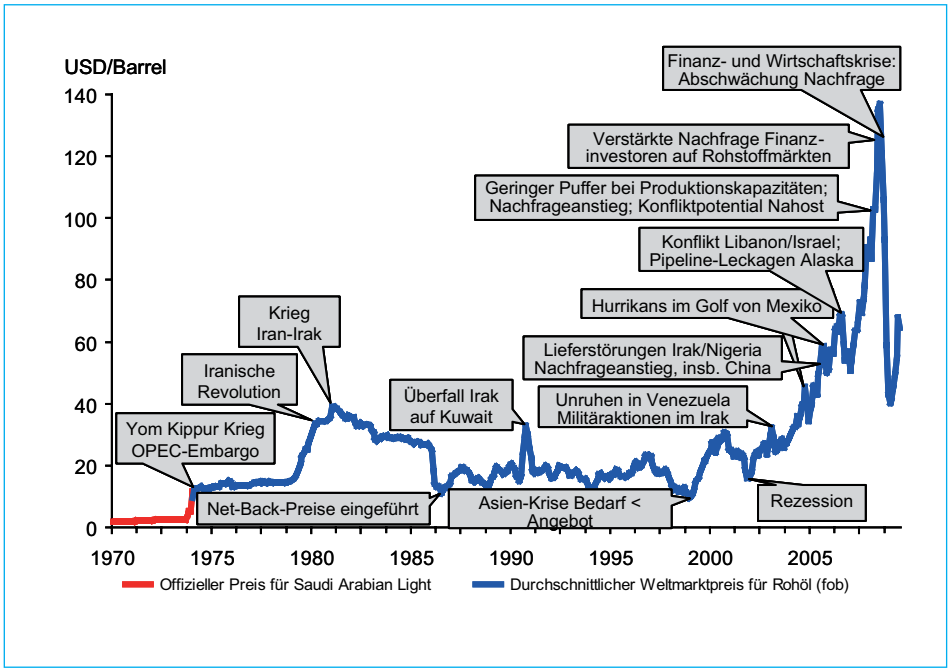


Bild 2: Entwicklung des Rohölpreises in US-Dollar pro Barrel

Quelle: Energy Information Administration (EIA) zitiert in: Gassner, H.: Beitrag der erneuerbaren Energien im zukünftigen Energiemix. In: Thomé-Kozmiensky, K. J. (Hrsg.): Erneuerbare Energien, Band 1. Neuruppin: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky, 2009, S. 80

Wegen der Bindung des Gaspreises an den Ölpreis unterliegt auch der Gaspreis starken Schwankungen. Auch ohne diese Preisbindung würden sich die Öl- und Gaspreise annähern, da beide Energieträger gut austauschbar sind. Der Energiemarkt ist durch langfristige Investitionszyklen geprägt. Daher sind kontinuierliche und vorausschauende Investitionen in neue Energiequellen und

in die zugehörige Infrastruktur für die Versorgungssicherheit unerlässlich. Die Internationale Energieagentur (IEA) hat in ihrem World Energy Outlook von 2008 die für den Energiesektor bis 2030 notwendigen Investitionen auf rund 26 Billionen US-Dollar geschätzt.

Außer der Versorgungssicherheit und den Preisen für Primärenergieträger werden zunehmend die Auswirkungen ihrer Gewinnung und Verwertung auf die Umwelt und das Klima mit Sorge betrachtet. Dies gilt insbesondere für Kohlendioxid, das zwangsläufig bei der Verwertung fossiler Energieträger emittiert wird. Deutschland ist derzeit für knapp vier Prozent der weltweiten Kohlendioxidemissionen verantwortlich. Dieser Anteil wird zukünftig dank der nationalen Bemühungen um Erneuerbare Energien absolut und wegen des weltweiten Anstiegs der Kohlendioxidemissionen relativ sinken. Damit ist nachvollziehbar, dass die Herausforderungen des Klimaschutzes nicht nur von einem und auch nicht von wenigen europäischen Ländern bewältigt werden können; vielmehr handelt es sich um eine globale Aufgabe.

Es müssen Lösungen gefunden werden, die den Interessen der Schwellenländer mit wachsenden Volkswirtschaften gerecht werden.

In Bild 3 ist die Emissionsverteilung in den Regionen der Welt dargestellt. Die Prognosen basieren auf der Annahme, dass wirkungsvolle Maßnahmen zum Klimaschutz nicht ergriffen werden. Andernfalls könnte der Anstieg geringer ausfallen. Würden die Emissionen nur in wenigen Industriestaaten leicht sinken, würde sich an der grundsätzlichen Ungleichverteilung nichts ändern.

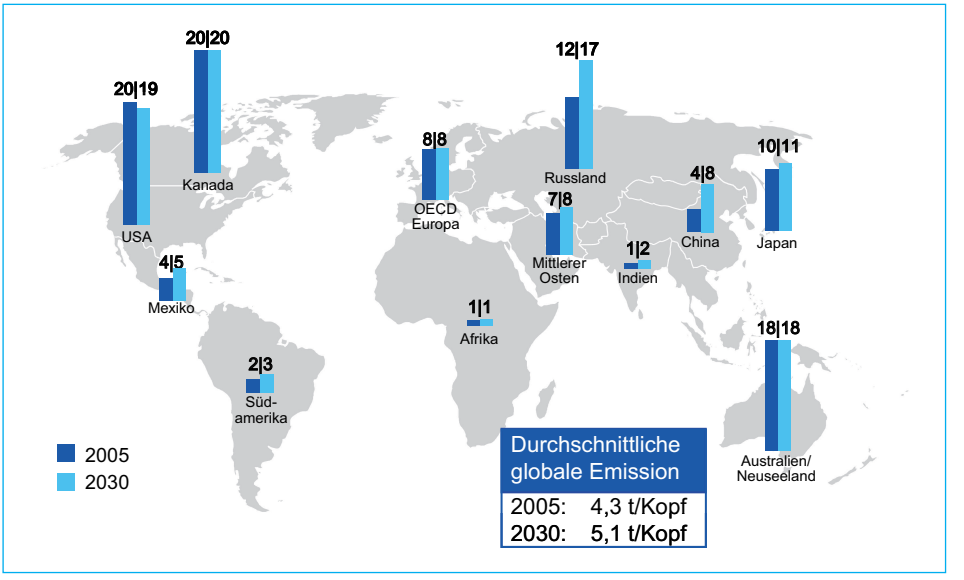


Bild 3: Entwicklung der CO_2-Emissionen pro Kopf

Quelle: DOE/EIA, International Energy Outlook 2008, Referenzfall zitiert in: Gassner, H.: Beitrag der erneuerbaren Energien im zukünftigen Energiemix. In: Thomé-Kozmiensky, K. J. (Hrsg.): Erneuerbare Energien, Band 1. Neuruppin: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky, 2009, S. 81

Die Nutzung der Energie und damit auch die Emissionen sind sehr unterschiedlich verteilt. Die höchsten Emissionen pro Kopf der Bevölkerung haben die USA, Kanada, Australien und Neuseeland (Bild 3). In absoluten Mengen hat allerdings China schon die USA als weltweit größter Emittent von CO_2 abgelöst. Hinsichtlich des individuellen Energieverbrauchs sind die Industriestaaten weiterhin führend. In dem in Bild 3 dargestellten Referenzfall wird sich zwar der Pro-Kopf-Verbrauch in China von vier auf acht Tonnen pro Jahr verdoppeln, er liegt dann noch immer deutlich unter den durchschnittlichen Pro-Kopf-Emissionen in den traditionellen Industrieländern.

Außer den Emissionen müssen beim Einsatz von Energieträgern weitere Beeinträchtigungen der Umwelt berücksichtigt werden. Dies gilt auch für die zwar weitgehend CO_2-neutralen Erneuerbaren Energien, die dennoch die Umwelt auf unterschiedliche Weise beeinträchtigen können.

Literaturhinweise zur globalen Entwicklung

[1] Billotet, T.: Strategie zur Nutzung alternativer Energieträger. In: Thomé-Kozmiensky, K. J. (Hrsg.): Erneuerbare Energien, Band 1. Neuruppin: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky, 2009, S. 57-66

[2] Gassner, H.: Beitrag der erneuerbaren Energien im zukünftigen Energiemix. In: Thomé-Kozmiensky, K. J. (Hrsg.): Erneuerbare Energien, Band 1. Neuruppin: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky, 2009, S. 77-92

2. Entwicklung in Deutschland

Am 14.06.2000 vereinbarte die Bundesregierung (SPD und Grüne) mit führenden Energieversorgungsunternehmen nach Konsensgesprächen ein Abkommen zur geordneten Beendigung der Nutzung der Kernenergie in Deutschland. Am 14.12.2001 wurde vom Bundestag gegen die Stimmen der Oppositionsparteien CDU/CSU und FDP das neue Atomgesetz beschlossen, das am 26.04.2002 in Kraft trat. Damit wurde die Vereinbarung zum Ausstieg aus der Kernenergie umgesetzt. Das Gesetz zur geordneten Beendigung der Kernenergienutzung zur gewerblichen Erzeugung von Energie enthält u.a. folgende Eckpunkte:

- Die Laufzeit der Kernkraftwerke wird auf 32 Jahre vom Zeitpunkt der Inbetriebnahme befristet;
- Die Reststrommenge soll 2.623 TWh betragen; danach sollen alle Kernkraftwerke abgeschaltet werden;
- Die Reststrommenge wurde für jedes der 19 Kernkraftwerke festgelegt, danach sollen sie stillgelegt werden;
- Die Atommülltransporte sollen ab Juli 2005 beendet werden.

Der Vereinbarung wurde eine Regellaufzeit von 32 Jahren zu Grunde gelegt. Die Restlaufzeiten und die Reststrommengen wurden durch Abzug der Laufzeit zum Stichtag und der schon erzeugten Strommenge berechnet. Eine Übertragung von Reststrommengen von älteren auf jüngere Kernkraftwerke wurde später vereinbart. Da das jüngste Kernkraftwerk 1989 ans Netz ging, errechnet sich

als Enddatum das Jahr 2021 für die Beendigung der Stromerzeugung durch Kernkraftwerke. Durch Übertragung von Reststrommengen von anderen Kernkraftwerken könnte sich das Ende der Atomnutzung nach hinten verschieben. Einige Kraftwerke könnten daher deutlich später als 2021 abgeschaltet werden, sofern andere früher vom Netz gingen.

CDU/CSU und FDP kündigten an, dass sie im Falle eines Regierungswechsels die Regelungen des Atomgesetzes aufheben wollen.

Ihre Kritik bezog sich insbesondere auf folgende Punkte:

- Kernkraftwerke emittieren im Unterschied zu Kraftwerken auf Basis fossiler Energieträger keine Treibhausgase und tragen daher nicht zur Klimaerwärmung bei.
- Erneuerbare Energien können auf absehbare Zeit nicht genügend Strom erzeugen, insbesondere nicht im Grundlastbereich. Deutsche Kernkraftwerke zählen zu den sichersten der Welt. Es ist nicht sinnvoll, diese abzuschalten, während im nahen Ausland weniger sichere Kraftwerke weiter betrieben werden, deren Strom auch nach Deutschland importiert wird.

Die Umweltverbände vertraten folgende Positionen:

- In Anbetracht der beschlossenen Restlaufzeiten kann von einem Atomausstieg nicht gesprochen werden.
- Die Energieversorger haben nur zugestanden, was sie aus ökonomischen Gründen sowieso tun müssen.
- Der Umweltschutz hat gegenüber den Interessen der Stromanbieter das Nachsehen.

Die ab 2005 regierende große Koalition aus CDU/CSU und SPD vereinbarte in ihrem Koalitionsvertrag, am Atomausstieg festzuhalten. Im Verlauf des Jahres 2008 kamen wieder Diskussionen über die Notwendigkeit der Beendigung des Betriebs der Kernkraftwerke auf. Neben der CDU/CSU und FDP wurde auch in Teilen der SPD im Hinblick auf Versorgungssicherheit und Klimaschutz über eine Verlängerung der Restlaufzeiten gesprochen.

Literaturhinweise zur Entwicklung in Deutschland

[1] Beckereit, M.: Neue Energie für Hamburg. In: Thomé-Kozmiensky, K. J. (Hrsg.): Erneuerbare Energien, Band 1. Neuruppin: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky, 2009, S. 99-104

[2] Beckmann, B.: Grundlagen und System des Emissionshandelsrechts. In: Thomé-Kozmiensky, K. J. (Hrsg.): Erneuerbare Energien, Band 3. Neuruppin: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky, 2010

[3] Beckmann, M.; Hurtado, A.: Energieversorgung der Zukunft. In: Thomé-Kozmiensky, K. J. (Hrsg.): Erneuerbare Energien, Band 3. Neuruppin: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky, 2010

[4] Bognar, K.; Behrend, F.: Nutzung erneuerbarer Energien im Zusammenhang mit der Meerwasserentsalzung. In: Thomé-Kozmiensky, K. J. (Hrsg.): Erneuerbare Energien, Band 3. Neuruppin: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky, 2010

[5] Briese, D.: Eigentümerstrukturen bei Anlagen für erneuerbare Energien. In: Thomé-Kozmiensky, K. J. (Hrsg.): Erneuerbare Energien, Band 3. Neuruppin: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky, 2010

[6] Felsmann, C.: Regenerative Energiequellen in der kommunalen Energieversorgung – Potentiale und Grenzen. In: Thomé-Kozmiensky, K. J. (Hrsg.): Erneuerbare Energien, Band 3. Neuruppin: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky, 2010

[7] Gassner, H.: Beitrag der erneuerbaren Energien im zukünftigen Energiemix. In: Thomé-Kozmiensky, K. J. (Hrsg.): Erneuerbare Energien, Band 1. Neuruppin: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky, 2009, S. 77-92

[8] Gaßner, H.: Strategie der Energieversorgung 2020. In: Thomé-Kozmiensky, K. J. (Hrsg.): Erneuerbare Energien, Band 3. Neuruppin: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky, 2010

[9] Hatakka, T.: Strategien zu einer stabilen und nachhaltigen Energieversorgung. In: Beckmann, M.; Hurtado, A.: Kraftwerkstechnik – Sichere und nachhaltige Energieversorgung. Neuruppin: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky, 2009, S. 15-23

[10] Hey, C.: Hundert Prozent erneuerbare Stromversorgung bis 2050 – klimaverträglich, sicher bezahlbar. In: Thomé-Kozmiensky, K. J. (Hrsg.): Erneuerbare Energien, Band 3. Neuruppin: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky, 2010

[11] Kohlmann, R.: Marktstrukturen und Strategien der Energiewirtschaft. In: Beckmann, M.; Hurtado, A.: Kraftwerkstechnik – Sichere und nachhaltige Energieversorgung. Neuruppin: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky, 2009, S. 3-14

[12] Kroll, G.; Schwarzbözl, P.; Hennecke, K.; Hoffschmidt, B.; Hartz, T.: Solarthermisches Turmkraftwerk in Jülich. In: Thomé-Kozmiensky, K. J. (Hrsg.): Erneuerbare Energien, Band 2. Neuruppin: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky, 2009, S. 455-460

[13] Kuhlmann, A.: Anmerkungen zur energiepolitischen Debatte im Herbst 2010. In: Thomé-Kozmiensky, K. J. (Hrsg.): Erneuerbare Energien, Band 3. Neuruppin: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky, 2010

[14] Leipprand, A.; Sterner, M.; Faulstich, M.: Hundert Prozent erneuerbare Energien bis 2050? In: Thomé-Kozmiensky, K. J. (Hrsg.): Erneuerbare Energien, Band 1. Neuruppin: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky, 2009, S. 3-22

[15] May, F.: Making Electricity Clean – Strategien in eine klimafreundliche Zukunft. In: Thomé-Kozmiensky, K. J. (Hrsg.): Erneuerbare Energien, Band 1. Neuruppin: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky, 2009, S. 67-76

[16] Morin, G.: Electricity Generation with Solar Thermal Power Plants – Technology Overview, Optimization Potential and Economic Situation. In: Thomé-Kozmiensky, K. J. (Hrsg.): Erneuerbare Energien, Band 4. Neuruppin: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky, 2010

[17] Nyqvist, J.; Haje, D.: Dampfturbinen für solarthermische Kraftwerke. In: Thomé-Kozmiensky, K. J. (Hrsg.): Erneuerbare Energien, Band 4. Neuruppin: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky, 2010

[18] Schnatbaum-Laumann, L.; Eckhoff, S.; Moormann, S.: Solarthermische Kraftwerke – Von der Entwicklung über die Finanzierung bis zur Umsetzung. In: Thomé-Kozmiensky, K. J. (Hrsg.): Erneuerbare Energien, Band 2. Neuruppin: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky, 2009, S. 437-453

[19] Schnatbaum-Laumann, L.; Gathmann, N.: Solarthermische Kraftwerke – Flexible Stromversorgung dank integriertem Speicher. In: Thomé-Kozmiensky, K. J. (Hrsg.): Erneuerbare Energien, Band 3. Neuruppin: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky, 2010

[20] Schneiders, T.: E.ON Climate & Renewables: Entwicklung der erneuerbaren Energien vom Boutique-Maßstab zum Industriestandard. In: Thomé-Kozmiensky, K. J. (Hrsg.): Erneuerbare Energien, Band 1. Neuruppin: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky, 2009, S. 93-98

[21] Schrader, K.; Schemm, R.: Marktparität erneuerbarer Energie aus Wind und Photovoltaik. In: Thomé-Kozmiensky, K. J. (Hrsg.): Erneuerbare Energien, Band 1. Neuruppin: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky, 2009, S. 209-214

[22] Schumacher, W.; Schwarzer, K.; Stukenbrock, P.; Rodriguez, N.: Entwicklung und Anwendungsgebiete solarthermischer Kraftwerke – Betriebsweise und Systemvarianten. In: Thomé-Kozmiensky, K. J. (Hrsg.): Erneuerbare Energien, Band 2. Neuruppin: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky, 2009, S. 401-434

[23] Thomé-Kozmiensky, K. J.; Thiel, S.: Beitrag der Abfallwirtschaft zur Energie- und Rohstoffversorgung in Deutschland. In: Thomé-Kozmiensky, K. J. (Hrsg.): Erneuerbare Energien, Band 1. Neuruppin: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky, 2009, S. 271-300

[24] Vahrenholt, F.; Gassner, H.: Die Energie der Zukunft – Ein Blick in das Jahr 2050. In: Thomé-Kozmiensky, K. J. (Hrsg.): Erneuerbare Energien, Band 3. Neuruppin: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky, 2010

[25] Versteyl, A.: Rechtliche Instrumente zur Standortsicherung von Energieversorgungsanlagen und zum Ausbau erneuerbarer Energien. In: Thomé-Kozmiensky, K. J. (Hrsg.): Erneuerbare Energien, Band 1. Neuruppin: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky, 2009, S. 107-120

[26] Ziegahn, K.-F.: Versorgungssicherheit mit nachhaltigen Energiesystemen. In: Thomé-Kozmiensky, K. J. (Hrsg.): Erneuerbare Energien, Band 1. Neuruppin: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky, 2009, S. 23-32

3. Technische Optionen

Die Anforderungen an die zukünftige Energieversorgung sind mit den Parametern Versorgungssicherheit, Wirtschaftlichkeit und Umweltverträglichkeit vorgegeben. Es ist in erster Linie eine Aufgabe der Politik, die Bedingungen für die gleichrangige Erfüllung dieser Ziele zu schaffen. Eine einseitige Verfolgung nur eines Ziels führt zwangsläufig zur Vernachlässigung der anderen.

Deutschland hat sich verpflichtet, die Kohlendioxid-Emissionen bis 2020 um dreißig Prozent gegenüber 1990 zu reduzieren. Dieses Ziel wird schon früher erreicht sein. Ehrgeizige Ziele werden zurzeit diskutiert. Dies hat Folgen für die Art der zukünftigen Energieversorgung, insbesondere für die anzustrebende Leistungsfähigkeit der Erneuerbaren Energien im Zusammenspiel mit den konventionellen Energieträgern sowie den notwendigen Netzen und Speichern.

In Bild 4 ist die Entwicklung der Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien von 1998 bis 2008 dargestellt.

Den hauptsächlichen Zuwachs lieferten die Windenergie und die Biomasse. Der Anteil der Wasserkraft kann in Deutschland nicht wesentlich gesteigert werden. Die Photovoltaik lieferte trotz ihrer überproportionalen Förderung einen geringeren Anteil als die Abfallverwertung, die trotz des biogenen Anteils von mindestens fünfzig Prozent nach Gesetzeslage nicht zu den Erneuerbaren Energien zählt.

Die Geothermie liefert – auf die Energieversorgung des ganzen Landes bezogen – noch keinen relevanten Anteil. In Einzelfällen sind jedoch beachtliche Erfolge zu verzeichnen.

In den folgenden Kapiteln wird versucht, die Chancen und Risiken der verschiedenen Techniken darzustellen.

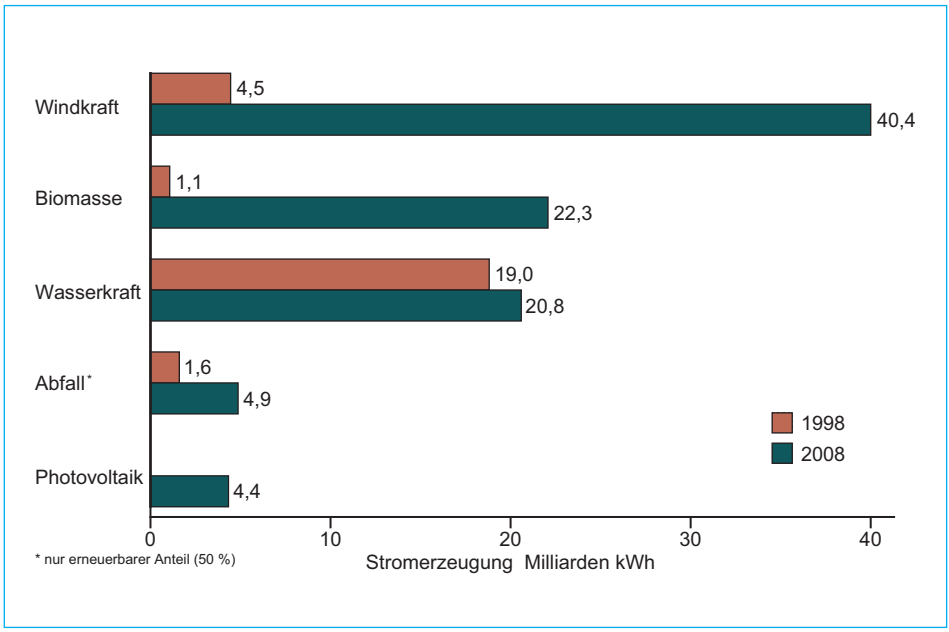


Bild 4: Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien

Quelle: Bundesverband der deutschen Energie- und Wasserwirtschaft (bdew) zitiert in: Gassner, H.: Beitrag der erneuerbaren Energien im zukünftigen Energiemix. In: Thomé-Kozmiensky, K. J. (Hrsg.): Erneuerbare Energien, Band 1. Neuruppin: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky, 2009, S. 84

4. Stein- und Braunkohle

Kohle gibt es fast überall auf der Welt. Importabhängigkeiten wie bei Gas und Öl bestehen für Deutschland nicht, das über nennenswerte Lagerstätten verfügt. Braunkohle wird ohne Subventionen gefördert; für Steinkohle ist dies trotz der ungünstigen Lagerstätten bei weiter steigenden Preisen zumindest vorstellbar.

Die Vorräte reichen weiter als bei jedem anderen fossilen Energieträger. Schätzungen gehen von rund zwei- bis mehr als dreihundert Jahren aus. Kohlen eignen sich vor allem zur Stromerzeugung in der Grundlast. Rund fünfzig Prozent des deutschen Stroms stammt aus Kohlekraftwerken.

Kein Energieträger ist so klimaschädlich wie Kohle. Bei der Verbrennung entsteht rund doppelt so viel Kohlendioxid wie bei Gas. Problematisch könnte die Situation werden, wenn abgeschaltete Kernkraftwerke durch weitere Kohlekraftwerke ersetzt werden müssen, weil die Lücke nicht durch Erneuerbare Energien geschlossen werden kann. Als bedenklich werden außerdem die Arbeitsbedingungen in einigen Kohleförderländern eingestuft. Zu den größten Produzenten zählen China, Russland und Südafrika. Das sind Länder, in denen regelmäßig Bergwerksunfälle passieren, bei denen Bergleute ums Leben kommen.

Im Koalitionsvertrag der Regierungsparteien wurde der Ausstieg aus der Steinkohleförderung in Deutschland für das Jahr 2018 festgelegt. Am 20. Juli 2010 beschloss die EU-Kommission jedoch, dass der Steinkohlenbergbau in Europa nur noch bis 2014 subventioniert werden soll. Damit ist der deutsche Steinkohlekompromiss hinfällig.

Die Wertschätzung der Kohle hat sich während des vergangenen Jahrhunderts in Deutschland vom Symbol wirtschaftlicher Stärke zu einem hauptsächlichen Verursacher des Klimawandels verändert.

Mit einem Anteil von elf Prozent am Primärenergieverbrauch waren Stein- und Braunkohle 2009 der zweitwichtigste Energielieferant in Deutschland, gefolgt vom Erdgas (Bild 5).

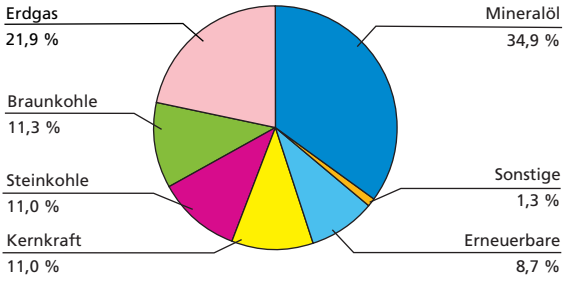


Bild 5: Energiemix in Deutschland – Anteil am Verbrauch 2009 – Primärenergieverbrauch (vorläufige Werte)

Quelle: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen; Bundesregierung/ zitiert in Frankfurter Allgemeine Zeitung, 17.08.2010, S. 6, bearbeitet

Steinkohle wird hauptsächlich zur Stromerzeugung in Kraftwerken verbrannt. Fast der gesamte Rest wird von der Industrie zur Erzeugung von Roheisen und Stahl verbraucht. Im Wärmemarkt spielt Steinkohle heute eine vernachlässigbare Rolle. In der Stromversorgung nimmt ihr Anteil mit zuletzt 18,3 Prozent zwar ab, er ist aber weiterhin bedeutend.

Die Steinkohleförderung in Deutschland soll nach dem Willen der Bundesregierung bis 2018 und nach den Richtlinien der Europäischen Union bis 2014 ganz eingestellt werden. Letzteres hängt mit der Zulässigkeit der Subventionen für den Steinkohlebergbau zusammen. Die Steinkohleförderung in Deutschland ist von 150 Millionen Tonnen im Jahr 1950 auf 14 Millionen Tonnen im Jahr 2009 zurückgegangen.

37 Millionen Tonnen Steinkohle werden jährlich eingeführt. Dies ist preisgünstiger als der Abbau in Deutschland, weil Steinkohle in anderen Ländern aus günstigeren Lagerstätten abgebaut werden kann. Steinkohle kommt in vielen Ländern der Erde vor. Ihre Vorkommen reichen noch für Generationen.

Schlagwortverzeichnis

A

Abfallbehandlung
  mechanisch-biologische 122
Abfallbehandlungskapazitäten
  Entwicklung 137
  zur Verbrennung und Mitverbrennung von Abfällen und Ersatzbrennstoffen 140
Abfallverbrennungsanlagen
  Standorte und Kapazitäten 142
Akzeptanz 55, 66, 73
Andasol Parabolrinnen-Kraftwerke 255
Annex I-Staaten 180
Assigned Amount Units (AAUs) 180
Auktionierung
  von Emissionszertifikaten 176
Ausbau der Netze 76, 278, 289
Ausgleichsenergie 320

B

BDEW 70
Berlin
  Energiekonzept 110
Betriebsstrategie für ein solarthermisches Kraftwerk 265
Biogas 98
Biogasanlagen 215
  Anlagetechnik
    Modernisierungs-Drosselung 202
  Genehmigung 189
  Geruchsimmissionen 192
Biomasse 3, 65, 82, 98, 109, 234
  Beschaffung 114
  Kooperationsverträge
    bei Fremdbezug 196
  Mitverbrennung 113
  -betrieb 194
  -nutzung
    Privilegierung 194
Biomasse-Heizkraftwerk
  Klingenberg 114
  Märkisches Viertel 113
Braunkohle 3
Brüden Kompressions-Destillation 158
Burden Sharing 182

C

Cap-and-Trade-Systeme 176
Carbon Leakage 186
CCS-Technologie 62, 72, 231
Certified Emission Reductions (CERs) 176, 181
Clean Development Mechanism (CDM) 181
  CDM-Register 182
CO_2-Abscheidung
  Techniken 62, 72, 231
CO_2-Emissionen in der Energiewirtschaft
  Maßnahmen zur Reduzierung 229

D

Debatte
  energiepolitische 71
Deponie 98
DESERTEC Industrial Initiative 266
Deutsche Emissionshandelsstelle 182
Drehstrom-Freileitungssysteme 291
Dresden
  Entwicklung der CO_2-Emissionen 96
Druckluftspeicher 317
  -kraftwerke 321

E

Effizienzsteigerung 229
Eigentümerstrukturen
  bei Anlagen für erneuerbare Energien 213
Einspeisemanagement 282
Einspeiseverpflichtungen
  vorrangige für erneuerbare Energien 278
Elektrizitätsversorgungssystem
  in Deutschland 301
Elektrodialyse 160
Elektromobilität 89
Emission Reduction Units (ERUs) 176, 181
Emissions
  -budget 177
  -handelsrecht 176
  -handelsrichtlinie 178, 183
  -handelssysteme 176
  -minderungsprojekte 178
  -rechte 176
  -verminderung 131
  -zertifikate 176
Energie
  -bedarf 162
  -Debatte 79
  -effizienz 77, 131
  -konzept 69
  -kooperation
    mit Skandinavien 56

Energie (Fortsetzung)
-märkte
Zukunft 78
-mix 61
zur regenerativen Vollversorgung im Jahr 2050 50
-nachfrage 61
-netze 289
intelligente 277
-politik 71
-speicher
betriebs- und volkswirtschaftliche Kosten-Nutzen-Analyse 299
thermische 329
-steuergesetz 130
-versorgung
Chancen und Risiken 3
Einbindung regenerativer Energiequellen 98
kommunale 95
kostengünstige 286
Modernisierung der Infrastruktur 75
Zukunft 225
Handlungsstrategien 81, 229
-versorgungssystem 70
-wirtschaft 226
EnLAG 272
Entsalzungs
-anlagen
CSP-getriebene 167
Umweltauswirkungen 160
-prozesse 156
Erdgas 3, 232
Erdöl 3, 232
erneuerbare Energien 62, 75
Entwicklung des Ausbaus 329
Nutzung zur Meerwasserentsalzung 163
zukünftige Verteilung des Marktes 219
Erneuerbare-Energien-Anlagen
Eigentümerstruktur 213
Ersatzbrennstoff 119, 121
-Aufbereitung 119
Ersatzbrennstoff-Kraftwerke 122
rechtliche Rahmenbedingungen 141
Standorte und Kapazitäten in Deutschland 141
Verfahren und Entwicklungstendenzen 147
Zukunft 137
Erzeugungsorte
lastferne 65
EU Allowances (EUAs) 176, 184
EU Emission Trading System 179

F

Fernwärme 333
flächendeckende 286
Fotovoltaik 3, 67, 82, 99

G

Gaskraftwerke 62
Genehmigung
von Biogasanlagen 189
Geothermie 3, 83, 104
Geruchs
-emissionen 192
-immissionen 192
-immissionsrichtlinie (GIRL) 191

H

Hamburg
Energiekonzept 110
Handelsperiode
Emissionshandel 176, 184
Heizwertkriterium 205
heizwertreiche Fraktion 122
Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung
HGÜ-Netz 292
HGÜ-Übertragungstechnologien 293
hocheffiziente 62
Höchstspannungs
-netz 290
Ausbau 291
Holzhackschnitzel 111

I

intelligente Energienetze 277
International Emissions Trading 180
International Transaction Log 182
Investitionen 74

J

Joint Implementation (JI) 181

K

Kälteerzeugung 88
Kernenergie 3, 62, 232
Laufzeitverlängerung 75

Kernspaltung
brütende 229
Klärgas 98
klimapolitische Ziele 69
Klima
-schutz 119
-völkerrecht 176
-wandel 61, 72
-ziele
Stand der Debatte 45
Kohle 3
Kohlenstoffdioxid
-Abscheidung
Techniken 62, 72, 231
-Emissionen in der Energiewirtschaft
Maßnahmen zur Reduzierung 229
Kopenhagen 74
Kraft-Wärme-Kopplung 236, 332
Kreislaufwirtschaftsgesetz 129, 205
Kyoto-Protokoll 177, 178

L

Laufzeitverlängerung
von Kernkraftwerken 75
Linking 186
Linking Directive 183

M

mechanisch-biologische
Abfallbehandlung (MBA) 122
Stabilisierung (MBS) 122
Meerwasserentsalzungsanlagen
Grundlagen 156
Nutzung erneuerbarer Energien 153
Verteilung auf die verschiedenen
Technologien 156
Verteilung nach Regionen 156
Minderungsziele für
Treibhausgasemissionen 179
Mineralöl 231
Mitgliedstaaten des Kyoto-Protokolls 180
Mitverbrennung
von Biomasse 113
Monitoring-Leitlinien 183
Monoverbrennungsanlagen
siehe Ersatzbrennstoff-Kraftwerke
Multi Effekt-Destillation (MED) 157
Multi Stage Flash-Destillation (MSF) 157

N

Nachhaltigkeit 67
Nahwärmekonzepte
solare 100
nationale Register
gemäß Kyoto-Protokoll 182
Netz 87
Zuverlässigkeit und Sicherheit 282
-ausbau 76, 278, 290
im europäischen Kontext 289
-ausbauplanung
integrierte europäische 294
-infrastruktur 290
-integration 83
-investitionen 293
-stabilität 255, 292
Nordsee-Netz 271

O

Offshore
-Netzausbau 290
-Windenergie 220, 271

P

Parabolrinnen-Kraftwerke 255
pentalaterales Energieforum 271
Photovoltaik 3, 67, 82, 99
Planungssicherheit 74
Post-Kyoto-Abkommen 180
Primärenergieeinsatz
weltweit bis 2030 226
Projektmechanismengesetz (ProMechG) 184
Pumpspeicher
-kraftwerke 65
-projekte
Baukosten 304

R

Regelenergie 319
Register 177
-system 181
-verordnung 183
Residuallast
Veränderung durch den Zubau
erneuerbarer Energien 300
Ressourcen 61
-allokation 177
-reichweite 317

S

Schwachwindperiode 62
Seekabel 291
Sekundärbrennstoff
siehe Ersatzbrennstoff
smart grid 327
smart meter 327
Solar
-energie 65, 99
-feld 255
-strahlung 242
-thermie 3, 99, 255
Speicher
für thermische Energie 100, 242, 255, 329
Realoptionsbewertung 312
-technologien 56, 76, 321
Stabilisierung
mechanisch-biologische 122
mechanisch-physikalische 122
Steinkohle 3
Stromerzeugung 240
aus erneuerbaren Energien 82, 216
Stromgestehungskosten 255
Differenz zwischen konventioneller und erneuerbarer Stromerzeugung 51
zur regenerativen Vollversorgung
im Jahr 2050 50
Stromnetz 65, 289
-betreiber
transnationaler 290
Stromspeicher
Ökonomie 303
physische und funktionale 302
Technik 302
Vermarktung 305
Strom
-steuergesetz 119
-transportnetze 293
-versorgung
hundert Prozent erneuerbare
bis 2050 45
Systemstabilität 71
Systemverantwortung 77, 278, 282

T

TenneT 290
thermische Speicher 255, 329
Transportnetzbetreiber für Strom 291
Treibhausgasemissionshandelsgesetz (TEHG) 183

U

Überkapazitäten 127
Übertragungsnetze
Ausbau 76, 278, 290
in Deutschland 56
Umkehrosmose 159
United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) 178

V

Vattenfall 109
Verantwortung
für das Gesamtsystem 77, 278, 282
Verkehr 88
Versorgungssicherheit 62
Volatilität 65
Vorbehandlungspflicht für Abfälle 209
Vorrangregelung des EEG
für die Einspeisung erneuerbarer Energien 280

W

Wärme
-bereitstellung 239
-markt 77
-netze 100
-pumpen 333
Umgebungsluft als Wärmequelle 103
-speicher 100, 242, 255, 329
Verluste 335
-versorgung 87, 100
Wasserkraft 3, 65
Wasserstoff 240
Wertstofftonne 211
Windcharakteristik 62
Windenergie 3, 62, 82, 318
Integration 291
wirtschaftliche Unzumutbarkeit 285

Z

Zertifikatstransaktionen 178
Zuteilung 176
Zuteilungsgesetz (ZuG) 183