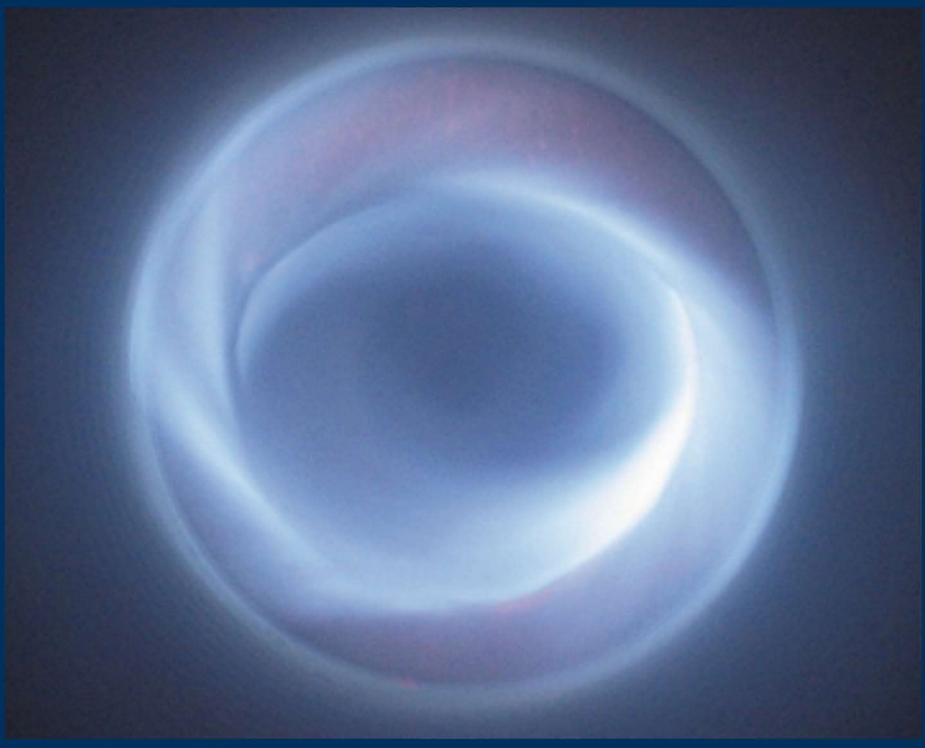
Michael Beckmann Antonio Hurtado

KRAFTWERKSTECHNIK

– Sichere und nachhaltige Energieversorgung –



Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme

Kraftwerkstechnik
– Sichere und nachhaltige Energieversorgung –
Michael Beckmann, Antonio Hurtado.
– Neuruppin: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky, 2009
ISBN 978-3-935317-42-9

ISBN 978-3-935317-42-9 TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky

Copyright: Technische Universität Dresden, Institut für Energietechnik
Alle Rechte vorbehalten

Verlag: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky • Neuruppin 2009
Redaktion und Lektorat: Professor Dr.-Ing. Michael Beckmann und Dr.-Ing. Stephanie Thiel
Erfassung und Layout: Dipl.-Kffr. Elke Czaplewski, Petra Dittmann, Martina Ringgenberg und Andreas Schulz
Druck: Mediengruppe Universal Grafische Betriebe München GmbH, München
Foto auf dem Buchdeckel: Dr.-Ing. Norbert Schopf, Saacke GmbH

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.

Inhaltsverzeichnis

Strategien und Recht

Marktstrukturen und Strategien der Energiewirtschaft
Roger Kohlmann 3

Strategien zu einer stabilen und nachhaltigen Energieversorgung
Tuomo Hatakka 15

Carbon Capture and Storage (CCS)
– Rechtsrahmen für CO_2-Abscheidung, -Transport und -Speicherung –
Mathias Hellriegel 25

Auswirkungen der globalen Finanz- und Wirtschaftskrise
auf den Kraftwerksanlagenbau
Oliver Bitter, Uwe Lenk und Ireneusz Pyc 41

Netzstabilität und Verfügbarkeit von Kraftwerken
– Einfluss der Windenergie –
Johannes Kempmann 51

Einsatz ausgewählter Abfälle
zur stofflichen und energetischen Verwertung
Karl J. Thomé-Kozmiensky und Stephanie Thiel 57

Grenzwerte bei Kraftwerksanlagen – Weiterentwicklung der
Emissionsgrenzwerte durch die Richtlinie industrielle Emissionen –
Uwe Lahl 87

Greenfield versus Brownfield – Einflüsse auf die Projektentwicklung
und Errichtung von neuen Kraftwerksanlagen –
Jens Reich, Reiner Günther, Jürgen Marquard,
Andreas Dennewitz und Wolfgang Benesch 101

Energetische Nutzung von Biomasse

Biomasse + Logistik = Feuer + Wasser?
Stefan Vodegel, Judith Beck und Nils Rettenmaier 111

Syngas aus Biomasse – Flugstromvergasung und Gasreinigung
Helmut Seifert, Thomas Kolb und Hans Leibold 123

Abschätzung der Möglichkeiten und Grenzen zur Mitverbrennung biogener Brennstoffe in einem Steinkohlekessel
Benjamin Kreutzkam, Christoph Wieland, Gundula Balan, Stephan Gleis und Hartmut Spliethoff 135

Substitute Natural Gas aus Kohle – Technologien und Wirkungsgrade –
Jürgen Karl, Christoph Baumhakl und Thomas Kienberger 147

Optimierung fossiler Dampfkraftprozesse

Patnów 460 MW, erstes überkritisches Braunkohlenkraftwerk in Polen – Konzept und Betriebserfahrungen –
Hellmuth Brüggemann, Michael Weisenburger und Georg-Nikolaus Stamatelopoulos 163

Sprengreinigung in Kessel- und Industrieanlagen
Peter Schlossarek und Frank-Holm Nowotnick 175

Abwärmenutzung von Speisepumpenaggregaten in Kohlekraftwerken großer Leistung
Timm Schneider, Stefan Schäfer, Wolfgang Sautter und Rolf Glasbrenner 181

Low-NO_x-Brenner und 100/10 SNCR Lösungsansatz für zukünftige Grenzwertanforderungen?
Thomas Reynolds und Zoltan Teuber 193

Nachhaltige Glasproduktion durch Wärmerückgewinnung aus den heißen Abgasen mit einem Abhitzekessel
Florian Pfab und Bernd Sankol 207

Pilot- und Neubauprojekte

Wasserstoffverbrennung in hocheffizienten Gasturbinen für Vergasungsverfahren mit Kohlendioxid-Abtrennung (CCS)
Marcus H. Scholz und Klaus Payrhuber 217

Pilotanlage zur CO_2-Abtrennung aus Kraftwerksabgasen als Nachrüstvariante
Peter Behr, Marcel Beßeler, André Maun, Elizabeth Heischkamp und Klaus Görner 227

Betriebserfahrungen und Ergebnisse aus der Oxyfuel-Forschungsanlage von Vattenfall
Uwe Burchhardt, Steffen Lysk, Daniel Kosel, Mario Biele und Jürgen Jacoby 237

Entwicklung der Oxyfuel-Technologie – Pilotprojekte mit Alstom Beteiligung –
Frank Kluger, Bernd Krohmer, Patrick Mönckert und Georg-Nikolaus Stamatelopoulos 255

Abgasentschwefelungsanlage für die Oxyfuel-Pilotanlage am Standort Schwarze Pumpe – Erste Betriebsergebnisse und -erfahrungen –
Reinhard Widzgowski 269

Kernenergetische Systeme

Europa baut die Kernenergie aus – und wo bleibt Deutschland?
Walter Hohlefelder 283

Heutige und künftige Rolle der Kernenergie in Europa
Ralf Güldner 289

Der AP1000, ein Kernkraftwerk mit passiven Sicherheitsmerkmalen – mehr als nur eine zukünftige Option –
Norbert Haspel, Daniel Freis, Dietrich Knoche und Enrico Koch 295

EPR™ Reaktor für den weltweiten Kernenergiemarkt
Zoran V. Stosic und Uwe Stoll 305

KERENA™ – ein fortschrittlicher Siedewasserreaktor der Generation 3+
Stephan Leyer, Werner Brettschuh und Doris Pasler 323

Nukleare Entsorgung in Deutschland
– Aktueller Stand und nächste Schritte –
Holger Bröskamp 333

Rückbau kerntechnischer Anlagen
– Erfahrungen der Vergangenheit und Ausblicke für die Zukunft –
Michael Bächler und Erich Gerhards 343

Nachhaltige Kernenergienutzung –
Hochtemperaturreaktoren für nukleare Prozesswärme
Antonio Hurtado 347

Oxyfuel- und Oxycoal-Prozesse

Stickoxidbildung und -reduktion in Oxyfuel-Feuerungen
auf Basis von Trockenbraunkohle-Verbrennung
Ronald Wilhelm und Michael Beckmann 357

Betriebs- und Flammenverhalten bei der Rezirkulation von feuchtem Abgas im Rahmen des Verbundprojektes OXYCOAL-AC
Peter Heil, Martin Habermehl, Arno Kellermann, Andreas Ohliger,
Vincent Verbaere, Dobrin Toporov, Malte Förster,
Bernd Hillemacher und Reinhold Kneer 369

Der steinkohlebefeuerte Oxyfuel-Prozess
Mathias Klostermann, Daniel Köpke, Christian Hermsdorf,
Karl Mieske, Alfons Kather und Rudolf Eggers 377

Vergleich der am IVD untersuchten Vorgehensweisen zur Bestimmung der Korrosionsmechanismen an ausgewählten Überhitzerwerkstoffen unter Oxyfuel-Bedingungen

Gosia Stein-Brzozowska, Eva Miller, Rene Kull, Jörg Maier und Günter Scheffknecht 393

Untersuchung des Einflusses der Teillastfahrweise auf den integrierten Gesamtprozess eines 1.100 MW Steinkohlekraftwerksblocks mit nachgeschalteter CO_2-Abgaswäsche und CO_2-Verdichtung

Sebastian Linnenberg und Alfons Kather 403

Wirbelschichtsysteme für Trocknungs- und Verbrennungsprozesse

Simulation des Chemical-Looping-Verfahrens zur CO_2-Abscheidung aus Kohlekraftwerken

Bernd Epple und Jochen Ströhle 421

Druckaufgeladene Dampfwirbelschicht-Trocknung (DDWT) von Braunkohlen: Bauliche Verfahrensoptimierungen an der BTU-Versuchsanlage und Ergebnisse

Stefan Lechner, Hans Joachim Krautz und Olaf Höhne 431

Energieträger und Brennstoffe für Wirbelschichtanlagen – Charakterisierung, aktuelle Situation und Limitierungen –

Franz Winter und Pal Szentannai 441

Regenerative Energieträger, Kraft-Wärme-Kopplung

Moderne Industriedampfturbinen und ihre Anwendung für solarthermische Kraftwerke

Jari Nyqvist und Detlef Haje 455

Der SHCC-Prozess mit indirekter Solarwärmeeinkopplung in die Gasturbine
Stephan Heide, Uwe Gampe, Manfred Freimark und Bernd Gericke 467

Zusammenhang zwischen dem Strom- und Erdgasmarkt, dem Ausbau der *dezentralen* Kraft-Wärme-Kopplung und der Emissionsminderungseffizienz
Rutger Kretschmer 483

Messtechnik für Hochtemperaturprozesse

Optimale Prüfkonzepte und prüftechnische Anforderungen für Kraftwerke mit erhöhten Betriebstemperaturen
Hans Christian Schröder 491

Automatische Fehlererkennung und modellbasierte Ersatzsignalgenerierung für kritische Prozessgrößen – Möglichkeiten zur Steigerung der Systemverfügbarkeit durch rechnergestütztes Signalmanagement –
Bernd Schiefer, Christian Blens, Alexander Hlawenka, Michael Schreiber und Alexander Voß 503

Neuer Ansatz zur Dampftemperaturregelung – genau, robust und leicht in Betrieb zu nehmen
Michael Treuer, Günter Scheffknecht, Klaus Wendelberger und Bernhard Meerbeck 509

Online-Temperaturmonitoring von Freileitungen mit der SAW-Sensortechnik
Zhan Gao, Stefan Kornhuber, Sacha Markalous, Walter Pfandl und Thomas Strehl 521

Charakterisierung von Belägen an Membranwänden von Dampferzeugern durch Wärmestromdichtemessung
Sebastian Grahl, Michael Beckmann, Sascha Krüger, Gabriele Magel und Wolfgang Spiegel 527

Stabilität der Energieversorgungsnetze

Einsatz von HTSL-Kurzschlussstrombegrenzern im Eigenbedarf von Kraftwerken
Thomas Krüger, Dietmar Haake, Klaus Pfeiffer, Robert Dommerque und Joachim Bock 545

Netzregelverbund – Koordinierter Einsatz von Sekundärregelleistung –
Pavel Zolotarev, Michael Treuer, Tobias Weißbach und Melchior Gökeler 555

Nachweis der Einhaltung von Netzrichtlinien durch Simulation des instationären Verhaltens von Dampfturbinen am elektrischen Netz
Jens Rosendahl, Martin Bennauer, Heribert Werthes und Martin Lösing 565

Gasaufbereitung für CCS-Verfahren

Mobile Pilotanlage zur Abtrennung von CO_2 aus Kraftwerksabgasen
Vanessa Kubacz, Arthur Heberle und Andre Toussaint 573

Grenzkonzentration von Wasser bei der CO_2-Abscheidung im Oxyfuel-Prozess
Rudolf Eggers, Daniel Köpke und Roland Engberg 581

Energetische Bewertungen einer CO_2-Kompressions- und Reinigungsanlage für den Oxyfuel-Prozess am Beispiel einer Demonstrationsanlage
Roland Ritter, Annett Kutzschbach und Torsten Stoffregen 593

Nachrüstung einer CO_2-Abgaswäsche an einem bestehenden Steinkohlekraftwerk – Optimale Integration zur Minimierung der technischen und wirtschaftlichen Auswirkungen –
Alfons Kather, Jochen Oexmann, Christian Mehrkens, Martin Burböck und Gerald Kinger 607

Autorenverzeichnis 621

Inserentenverzeichnis 653

Schlagwortverzeichnis 657

Auswirkungen der globalen Finanz- und Wirtschaftskrise auf den Kraftwerksanlagenbau

Oliver Bitter, Uwe Lenk und Ireneusz Pyc

1. Weltwirtschaft in der Rezession 42

2. Klimaschutzmaßnahmen und Rezession beschleunigen den Strukturwandel 43

3. Beispiel Deutschland 45

4. Zusammenfassung und Schlussfolgerung 49

5. Literatur- und Quellenverzeichnis 50

Aus der amerikanischen Immobilienkrise wurde eine weltweite Finanzkrise. Banken haben Verluste in Milliardenhöhe und bitten um staatliche Hilfe. Unternehmen benötigen Bürgschaften vom Staat. Auch manchem Staat droht der Bankrott [1]. Der globale Wirtschaftsabschwung führt zum verminderten Energie- und Stromverbrauch. Nun stellt sich die Frage, welche Auswirkungen hat die globale Finanz- und Wirtschaftskrise auf den Kraftwerksanlagenbau. Ab wann wird in der nachfolgenden wirtschaftlichen Erholungsphase der Stromverbrauch wieder steigen? Gelingt es, mit Hilfe von Erfahrung und der Analyse der Vergangenheit aus der Gegenwart in die Zukunft zu sehen?

Derzeit sind, aufgrund des starken Wirtschaftswachstums in der Vergangenheit, noch Kraftwerksanlagen mit einer elektrischen Gesamtleistung von etwa 750 GW im Bau (Abbildung 1). Diese Kraftwerksleistung wird in den nächsten Jahren mit

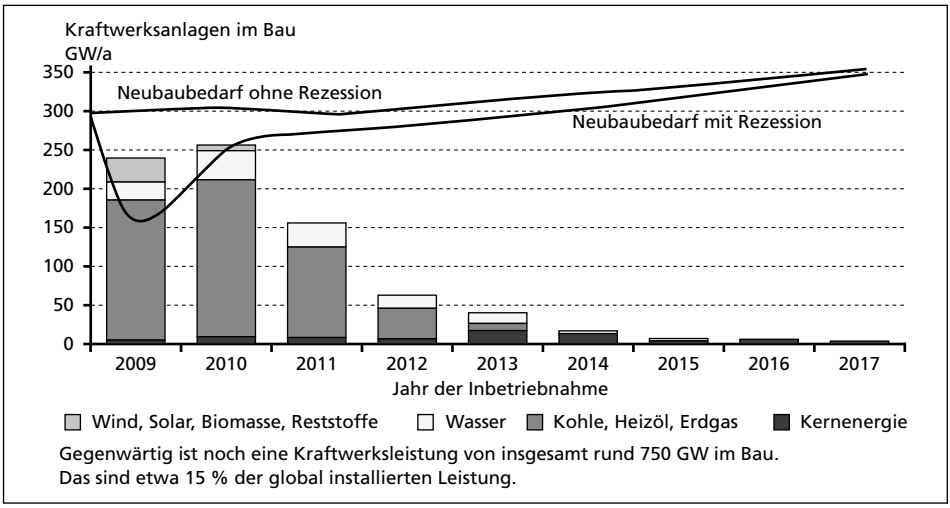


Abb. 1: Entwicklung des globalen Auftragsbestands und des Neubaubedarfs beim Kraftwerksanlagenbau

etwa 200 bis 250 GW/a – bei einem derzeit sinkenden Zuwachs beim Strombedarf – ans Netz gehen und damit, je nach Region, zum Teil zur Steigerung von Leistungsreserven beitragen. Dies führt in den kommenden zwei bis drei Jahren zu einem kurzfristigen Bedarfsrückgang für Neuanlagen. Erste Auswirkungen sind bereits im Kraftwerksanlagenbau zu spüren. Es werden Kraftwerksprojekte zurückgestellt oder zeitlich gestreckt.

1. Weltwirtschaft in der Rezession

Das Wirtschaftswachstum wird meistens als prozentuale Veränderung zum Vorjahr angegeben und zeigt die zeitlich relative Änderung des Bruttoinlandsprodukts (BIP). Die Angaben einzelner Staaten sind nicht direkt miteinander vergleichbar, da es Unterschiede bei der Berechnung gibt. Aus diesem Grund erstellen internationale Organisationen wie die Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD), der Internationale Währungsfonds (IWF) oder die Weltbank Vergleichswerte [2]. Auch folgten in der Vergangenheit den Perioden mit hohem Wirtschaftswachstum immer wieder Zeitabschnitte mit niedrigeren Wachstumsraten (Abbildung 2, linke Darstellung).

In der Vergangenheit hatten Wirtschaftskrisen sehr unterschiedliche Auswirkungen auf die Regionalmärkte. Global tätige Unternehmen fanden so auch in Krisenzeiten immer Wachstumsregionen. Die Größenordnung und die Geschwindigkeit des derzeitigen globalen wirtschaftlichen Schrumpfungsprozesses sind jedoch neu (Abbildung 2, rechte Darstellung). Zurzeit wird eine Stabilisierung des Rückganges des Welt-BIP bei -2,6 % und eine rasche Erholung der Wirtschaft erwartet. Aufgrund der großen Unsicherheiten durch die Vernetzung zwischen Finanz- und Realwirtschaft und des aktuellen Trends zur Teilverstaatlichung des Finanzsystems [3] wird diese Aussage jedoch noch von einigen Experten angezweifelt [4].

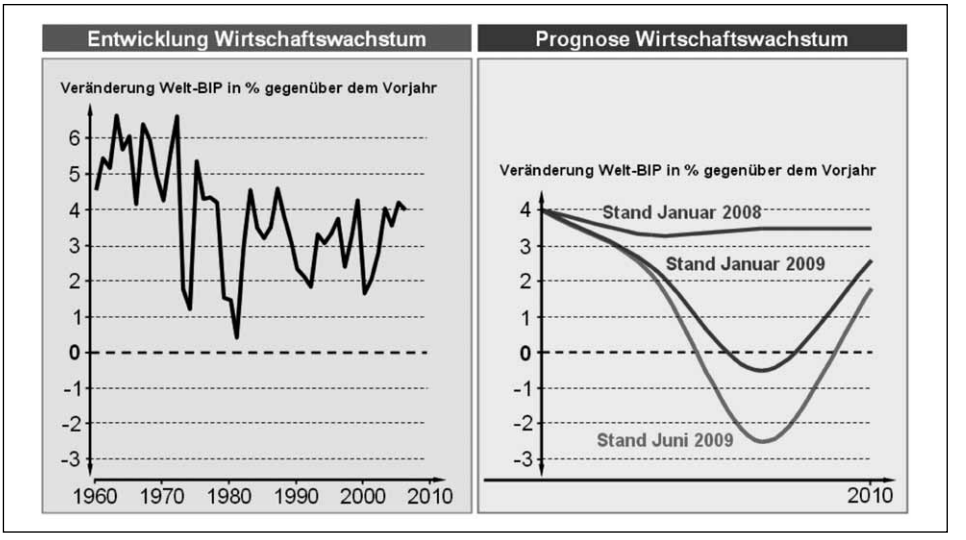


Abb. 2: Historische Entwicklung und Prognose zum Weltwirtschaftswachstum

Durch die Verknüpfung der Entwicklung des Welt-BIP mit der Stromintensität lassen sich Rückschlüsse auf den Stromverbrauch ziehen. Um den bestehenden großen Unsicherheiten Rechnung zu tragen, wurden verschiedene Szenarien ausgearbeitet und gegenübergestellt.

Basis ist die Entwicklung von Stromverbrauch und Welt-BIP ohne Rezession (Abbildung 3, Darstellung links oben). Bei einem V-förmigen Rezessionsverlauf – kurzer, heftiger Schock – würde das Welt-BIP um 1,9 % im Jahr 2010 und 3,4 % im 2011 wachsen (Abbildung 3, Darstellung rechts oben). Eine U-förmige Rezession – fünfjährige Depression – würde zu einer wesentlich langsameren Erholung das BIP- Wachstums auf erwartete 3 % ab 2013 führen (Abbildung 3, Darstellung links unten). Der L-förmige Rezessionsverlauf – verlorenes Jahrzehnt – erreicht ein dreiprozentiges Wirtschaftswachstum erst wieder ab Mitte der nächsten Dekade (Abbildung 3, Darstellung rechts unten).

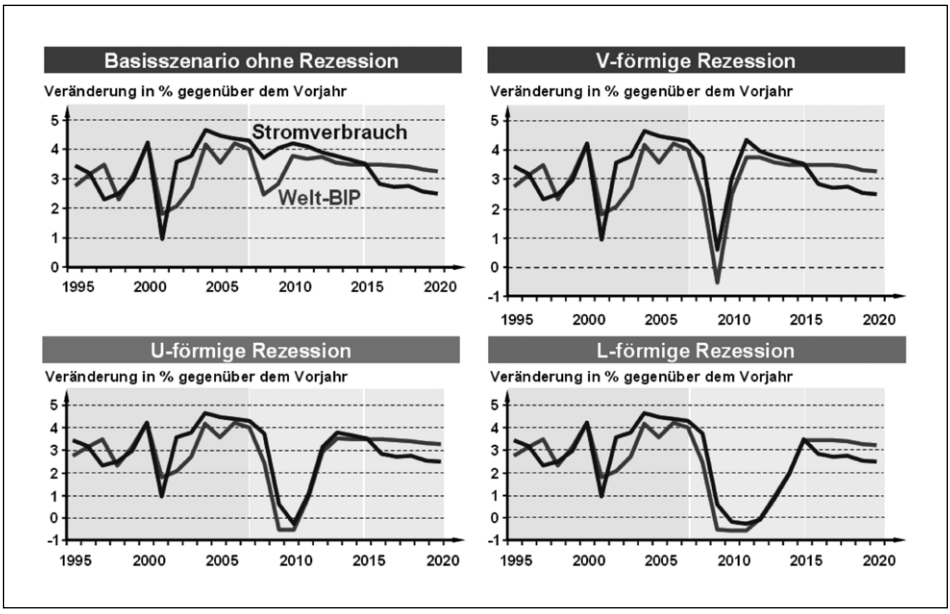


Abb. 3: Mögliche Szenarien zur globalen Entwicklung von Wirtschaftswachstum und Stromverbrauch

2. Klimaschutzmaßnahmen und Rezession beschleunigen den Strukturwandel

Mit dem Beitritt Rumäniens und Bulgariens zum 1. Januar 2007 besteht die Europäische Union (EU) nunmehr aus 27 Staaten (EU 27). In der EU 27 besteht ein weitestgehender Konsens darüber, dass die Industrieländer bis zum Jahr 2050 ihre Treibhausgasemissionen um mindestens 60 bis 80 % reduzieren müssen. Für das Jahr 2020 strebt die EU 27 eine Treibhausgasreduktion von bis zu 30 % gegenüber dem Niveau von 1990 an. Die Stromproduktion in der EU 27 betrug

im vergangenen Jahr rund 3,4 Tausend Terawattstunden (TWh). Davon entfielen 29 % auf die Kernenergie, 54 % auf die fossilen Energieträger und 17 % auf erneuerbare Energien (Abbildung 4, linke Darstellung). Die jeweiligen Beiträge der verschiedenen Energieträger schwanken jedoch erheblich zwischen den einzelnen Mitgliedsstaaten.

Am 17. Dezember 2008 verabschiedete das Europäische Parlament ein Klimaschutzpaket, in dem sich die EU 27 Staaten verpflichten, die CO_2-Emissionen bis 2020 um 20 % gegenüber 1990 zu senken, die Energieeffizienz um 20 % zu verbessern und den Anteil der erneuerbaren Energien auf 20 % zu steigern. Für die verschiedenen Länder wurden unterschiedliche Einzelziele vereinbart.

Trotz Finanz- und Wirtschaftskrise setzt die EU 27 darauf, dass die *20-20-20 Ziele* und damit *die Verwandlung Europas in eine kohlenstoffarme Wirtschaft* (José Manuel Barroso) fortgesetzt werden. Die Verknüpfung der EU-Vorgaben mit dem Szenario *V-förmige Rezession* führt zu den in Abbildung 4 dargestellten Ergebnissen.

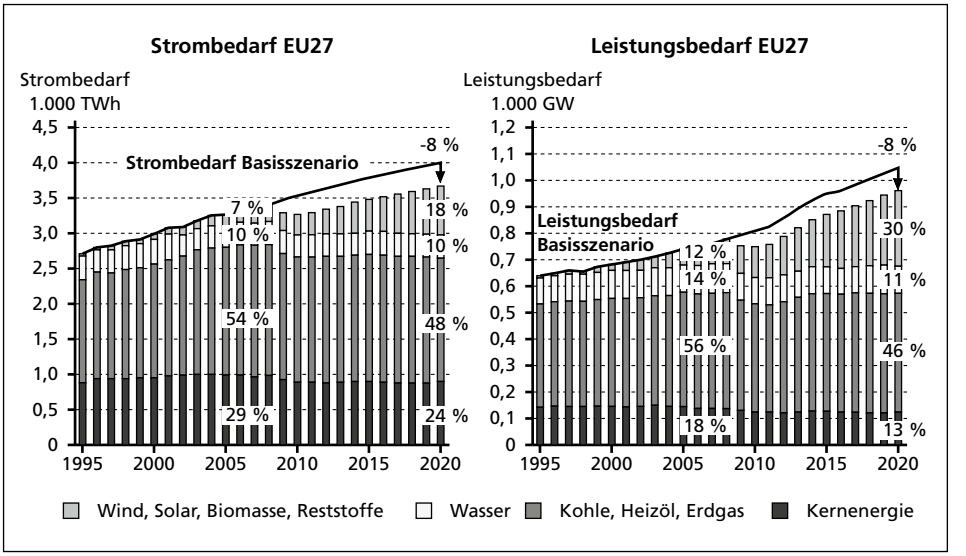


Abb. 4: Auswirkung der Rezession in Kombination mit den Vorgaben zum Klimaschutz in der Europäischen Union

Unter den angenommenen Randbedingungen kommt es beim Stromverbrauch bis 2020 zu einem Rückgang um 8 % gegenüber dem Basisszenario. Der in den letzten zehn Jahren beobachtete Stromverbrauchszuwachs von rund 1,5 % pro Jahr geht auf knapp 1 % pro Jahr zurück. Gleichzeitig kommt es zu Veränderungen in der Erzeugungsstruktur. Der Kernenergieausstieg Deutschlands führt zur Verminderung des Beitrages der Kernenergie um 5 %-Punkte von derzeit 29 % auf 24 % im Jahr 2020. Die Erzeugung auf Basis fossiler Energien geht im gleichen Zeitraum um 6 %-Punkte zurück. Der Anteil der regenerativen Energien steigt von 17 % auf 28 % an. Die Veränderung bei der Erzeugung führt zu signifikanten Veränderungen in der Leistungsbereitstellung (Abbildung 4,

rechte Darstellung). Aus dem Blickwinkel der Versorgungssicherheit sind solche Veränderungen für die Stromnetzregelung und damit für die Anforderungen an die Flexibilität zukünftiger Kraftwerke von entscheidender Bedeutung. Die heutige, ausgewogene und sichere Deckung der Höchst- und Niedrigstlast aus Kernenergie und Kohle wird durch den zukünftig mehr als vierzigprozentigen Leistungsanteil auf Basis regenerativer Energieträger in Frage gestellt. Die Folge ist eine Veränderung der Anforderungen an die Kraftwerke sowie an das Übertragungs- und Verteilungsnetz.

Durch den geplanten Ausstieg aus der Kernenergie und den damit verbundenen Wegfall von hochverfügbarer Grundlast bei einem heute schon hohen Anteil an fluktuierender Einspeisung aus Wind- und Solaranlagen hat Deutschland eine Art Vorreiterrolle. Die möglichen Auswirkungen und Folgen der EU *20-20-20 Ziele* werden deshalb am Beispiel Deutschland beschrieben.

3. Beispiel Deutschland

Im Jahr 2008 betrug die deutsche Stromproduktion rund 610 Milliarden Kilowattstunden (kWh). Davon entfielen 24 % auf die Kernenergie, 62 % auf die fossilen Energieträger und 14 % auf erneuerbare Energien. Auch hier wurden die Vorgaben der Bundesregierung mit dem Szenario *V-förmige Rezession* verknüpft. Das Ergebnis ist in Abbildung 5 dargestellt.

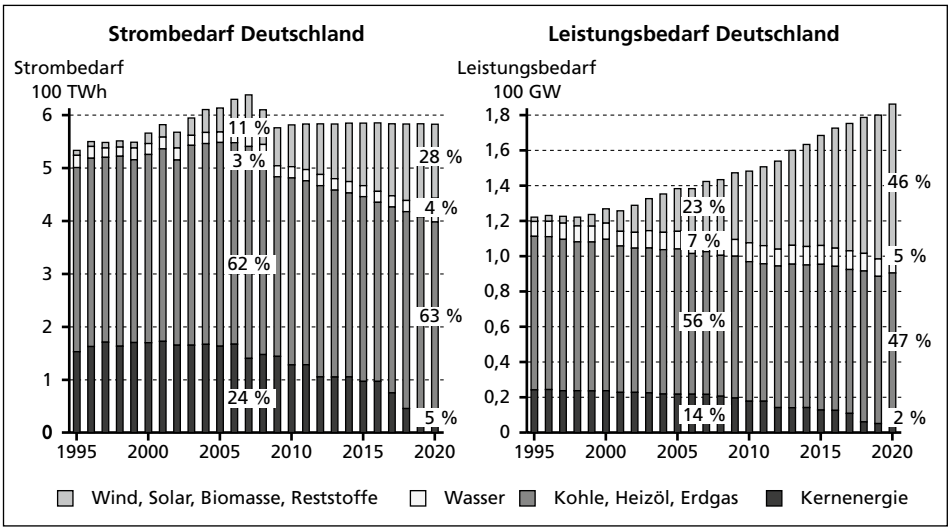


Abb. 5: Auswirkung der Rezession in Kombination mit den Vorgaben zum Kernenergieausstieg und zum Klimaschutz in Deutschland

Mit den vorgegebenen Randbedingungen kommt es auch in Deutschland zu einem Rückgang beim Stromverbrauch bis 2020 um etwa 4 % gegenüber dem Basisszenario. Der Kernenergieausstieg führt zur Verminderung des Kernenergiebeitrags um 19 %-Punkte von derzeit 24 % auf 5 % im Jahr 2020. Die Erzeugung auf Basis fossiler Energien bleibt im gleichen Zeitraum etwa konstant

und der Anteil der regenerativen Energien steigt von derzeit 14 % auf 32 % an (Abbildung 5, linke Darstellung). Auch in Deutschland führt die Veränderung bei der Erzeugung zu einer Veränderung bei der Leistungsbereitstellung (Abbildung 5, rechte Darstellung).

Betrug die installierte Leistung im Jahr 2008 noch etwa 143 GW so wird für das Jahr 2020 eine installierte Leistung von 185 GW prognostiziert. Der Leistungsanteil der Kernenergie sinkt von derzeit 14 % (20 GW) auf 2 % (4 GW) bis zum Jahr 2020. Aufgrund des starken Leistungszuwachses bei den regenerativen Energien von derzeit 30 % auf über 50 % im Jahr 2020 sinkt auch der Leistungsanteil der fossilen Energien um 9 %-Punkte, obwohl die installierte Leistung aus fossilen Energieträgen leicht, von derzeit 80 GW auf 85 GW im Jahr 2020, ansteigt. Der Hintergrund für den überproportionalen Anstieg bei der installierten Leistung aus erneuerbaren Energien ist ihre niedrige Ausnutzungsdauer.

Die Ausnutzungsdauer beschreibt die Anzahl der Volllaststunden pro Jahr (h/a) und ergibt sich aus der Jahresstromproduktion (kWh/a) geteilt durch die installierte elektrische Leistung der Anlage. Während in Deutschland Kernkraftwerke im Mittel 7.200 bis 8.300 Volllaststunden pro Jahr erreichen sind es bei Windenergieanlagen je nach Standort etwa 1.300 bis 1.900 Volllaststunden pro Jahr. Um die Strommenge eines Kernkraftwerks pro Jahr zu ersetzen, ist somit etwa die vier- bis fünffache installierte Windleistung erforderlich.

Die Ausnutzungsdauer eines Kraftwerkes ist von der technischen Verfügbarkeit, der Verfügbarkeit des Primärenergieträgers und der Einsatzart abhängig. Beim Kraftwerkseinsatz wird zwischen Spitzenlast, Mittellast und Grundlast unterschieden (Abbildung 6, rechte Darstellung).

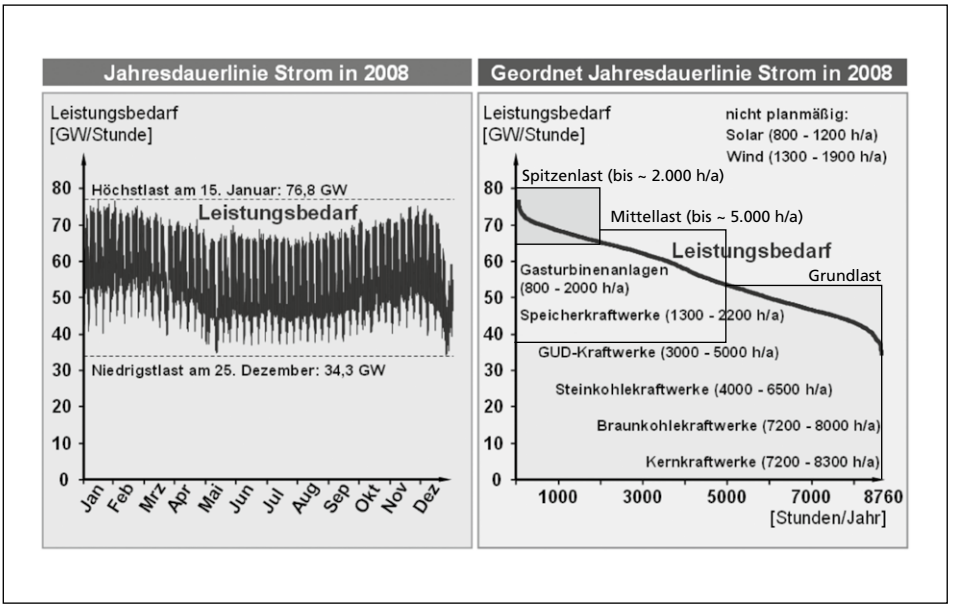


Abb. 6: Zeitabhängige Veränderung des Strombedarfes in Deutschland

Schlagwortverzeichnis

A

Abfall
  mit vernachlässigbarer
    Wärmeentwicklung 334
      Behandlung 336
  radioaktiver 344
    Art und Herkunft 333
    endlagergerechte Konditionierung 340
    Endlagerung 285
    erwartetes Gesamtaufkommen bis 2080
      in Deutschland 335
    Klassifizierung 334
    Zwischenlagerung 336, 340
  wärmeentwickelnder 334
    Behandlung 338
  zur stofflichen und energetischen
    Verwertung 57
  -aufbereitung
    als Voraussetzung
      für die Verwertung 63
  -aufkommen
    in Deutschland 58
  -rahmenrichtlinie 60
  -verbrennungsanlagen
    in Deutschland 68
      Energienutzung 70
  -vermeidung 60
  -verwertung 63
Abgas
  -entschwefelungsanlage 244, 274
    für die Oxyfuel Pilotanlage
      Schwarze Pumpe 269
    Modifikation für den
      Oxyfuel-Betrieb 244
  -kondensationsanlage 244
  -rezirkulation 364, 385
    beim Oxyfuel-Prozess 369, 379
    heiße 240, 369
    kalte 240
    von feuchtem Abgas 369
  -Waschverfahren (SO_2) 271
Abhitzekessel
  hinter einer Glaswanne 210
Ablagerungssonden 250
Abreinigung von Belägen
  an den Dampferzeugerwänden 527
Abreinigungsverhalten 537
Absorberturm
  zur Abgasentschwefelung 244, 274
Absorption von CO_2 227, 233, 575
  Absorber/Desorber 228
  mit Hilfe von Aminen 228, 574
Absorptionsrate
  verschiedener Versuchsanlagen
    zur CO_2-Wäsche 234
Abwärmenutzung
  von Speisepumpenaggregaten 181
ACE Diversity Interchange 559
ADECOS 377
Alstom 261
Amine 575
Aminwäsche 228, 403, 574
  Deaktivierung 576
Ammoniakschlupf 200
  in Abhängigkeit von der
    Reaktionstemperatur 200
  mögliche Nebenreaktionen 201
Ammonium
  -chlorid 201
  -hydrogensulfat 201
  -sulfat 201
Anbackungen 176
Anreizregulierung 53
An- und Abfahren 404
AP1000 295
Aquifere
  saline 30
Arbeitsölkreislauf
  von Speisepumpen 184
Area Control Error (ACE) 556
AREVA NP GmbH 305, 323
Asche
  aus der Vergasung von Energiepflanzen
    Düngewirksamkeit 116
  -depositionen 393
  -schmelzverhalten 138
    von Gras, Roggen, Gerste
      und Stroh 112
Ausbrand 387
  -luftebenen 165
Ausfälle
  gemeinsam verursachte (GVA) 318
Ausgleichsenergie 54
Ausnutzungsdauer
  eines Kraftwerkes 46
AVN Abfallverwertung Niederösterreich
  GmbH 608

B

BCR/Bi-Gas-Prozess 152
Beläge 176
  Aufbau 393
  Charakterisierung 527
  Einfluss auf die Wärmestromdichte 529
  korrosionsfördernde 527

Beobachter 504
-fehler 515
-verstärkungen 515
Besicherung 103
best available technique 89
best practicle means-Konzept 88
Bevölkerungsentwicklung
weltweite 4
Bioabfälle 77
Bioerdgas 11
Bioliq-Verfahren 126
Kostenabschätzung 134
BioLog 111
Biomasse 111, 444
Aufbereitung und Umwandlung
in hochwertige Brennstoffe 125
Beitrag zur erneuerbaren Energie 123
energetische Nutzung 527
Mitverbrennung in einem
kohlegefeuerten Kessel 137
Pyrolyse 126
Vergasung 127, 448
-kraftwerke 527
-nutzungskonzepte 125
Biomass-to-Liquid 119
Biosyncrude 128
Blockheizkraftwerke
volkswirtschaftliche CO_2-Emissions-
minderungseffizienz 484
Bohrlochtechnik 341
Braunkohle
Desorptionsisobaren 437
Druckaufgeladene Dampfwirbelschicht-
Trocknung 431
xylitreiche 164
-kraftwerk
Patnów (Polen) 163
Schwarze Pumpe 267, 269
-kraftwerke
Steigerung des elektrischen
Wirkungsgrads 18
überkritische 163
Brennelemente
bestrahlte 334
Einlagerung in Bohrlöchern 340
endlagergerechte Konditionierung 340
Wechsel
Verkürzung der Stillstandszeit 320
Wiederaufarbeitung 338
Brenner
dreifache Luftstufung 197
-luftmanagement 165
Brennstoff
biogener
Mitverbrennung in einer
Kohlefeuerung 135
für Wirbelschichtanlagen 441
-analytik 112
-charakterisierung 138, 441
-reaktor 421
Reduktion des Sauerstoffträgers 422
-stickstofffreisetzung
heterogene 358
homogene 358
Brownfield versus Greenfield 101
Brüden 431
BtL 119
Buchen KraftwerkService GmbH 175
Bundesnetzagentur 53
Bundesverband der Energie- und
Wasserwirtschaft 4
BVT 89
-Emissionsbandbreiten 92
-Merkblätter 90

C

Capture Readiness 28
Carbon Capture and Storage (CCS)
19, 25, 87, 219, 237, 255, 394
CCS-Richtlinie 26
Gesetzentwurf der Bundesregierung 26
Kosten 307
Rechtsrahmen 25
Technologien 237, 394
Carbon Stripper 423
CCGT 218
CCS
siehe Carbon Capture and Storage
Charakterisierung
von Brennstoffen und Energieträgern
138, 441
Chemical-Looping-Verfahren
zur CO_2-Abscheidung 259, 421, 449
Sauerstoffträger 423
Chemisorption 578
Clathrate 583
CO_2ATSG 27
CO_2-Abscheidung
8, 27, 255, 357, 403, 407, 421,
573, 607
siehe auch
Oxyfuel-Verfahren
Pre-Combustion-Capture
Post-Combustion-Capture

CO_2-Abscheidung (Fortsetzung)
Abscheidegrade 230, 607
Einfluss von sich ändernden Lasten 404
Abgasparameter bei Teillast 412
Energiebedarf 389
erreichbare CO_2-Qualitäten 245
förmliches Genehmigungsverfahren
mit Öffentlichkeitsbeteiligung 28
Phasengleichgewichtsmessungen 381
Pilotanlage
als Nachrüstvariante 227
mobile 573
Rechtsrahmen 25
Simulation 407
Wirkungsgradeinbußen 415, 421

CO_2-Emissionsminderung 136
durch die Mitverbrennung
von Biomassen 136
globale bis 2050 5
Handel mit Emissionsrechten 191
Vermeidungskosten 616
volkswirtschaftliche Effizienz
verschiedener Techniken 483

CO_2-Reinigung 245, 594
energetische Bewertung 593
erreichbare Sauerstoffgehalte
im CO_2-Produkt 601
Rückgewinnungsrate des CO_2 601
spezifischer Energieverbrauch 602

CO_2-Speicherung 8, 27, 30
Anforderungen an den Betrieb 36
Anschluss und Zugang 39
Kohlendioxid-Speicherungsgesetz
(KSpG) 26
Kriterien für eine Bewertung
von Speicherstätten 30
Nachweis der Langzeitsicherheit 34
ozeanische 30
Planfeststellung 32
Rechtsrahmen 25
Stilllegung und Nachsorge 38
Verfahren 30
verschuldensunabhängige
Gefährdungshaftung 37
Zulassung 32

CO_2-Transport 28
Leitungen 28
Anschluss und Zugang 39
Planfeststellung 29
Rechtsrahmen 25

CO_2-Verdichtung (Verflüssigung)
245, 382, 406, 582, 589, 594, 610
energetische Bewertung 593
spezifischer Energieverbrauch 602

CO_2-Wäsche 227, 233, 403, 575
Absorptionsrate 230, 234
Additive (Lösungsmittel) 227
anorganische auf Basis von Alkali-
sowie Erdalkali-Carbonaten 228
Kaliumcarbonat 230
Monoethanolamin (MEA)
228, 403, 574
Deaktivierung
des Lösungsmittels 576
Einfluss auf den Wirkungsgrad
bei Teillast 413
mobile 227
Modellierung 234
Nachrüstung an einem bestehenden
Steinkohlekraftwerk 607
Pilotanlage 234
Regeneration
des Lösungsmittels 233
der CO_2-beladenen Aminlösung 578
Simulation 234
spezifischer Energiebedarf
über der CO_2-Abtrennungsrate 614
Wärmebereitstellung (Möglichkeiten)
für die Lösungsmittelregeneration 613

CO_2-Zertifikat 191

Comflux-Verfahren 153

Conoco/Westfield-Prozess 151

Core Damage Frequency 297

D

Dampfnässe 458

Dampftemperaturregelung 509
Kaskadenstruktur 511

Dampftrockner 433

Dampfturbinen 456, 479
Anforderungen für den Einsatz
in solarthermischen Kraftwerken 456
Regelung 565
schnelle Laständerungsfähigkeit 459
Schnellgang zum Schließen
der Ventile 565
Simulation des instationären Verhaltens
am elektrischen Netz 565
Untersetzungsgetriebe 461

Dampfwirbelschicht-Trocknung
druckaufgeladene (DDWT) 431
Wärmeübergangsmessungen 431

Degradations
-produkte 575
-rate 575
-verhalten 230

Desertec 10

Desorber 233, 578, 611
-druck 611
Desorptionsisobaren
von Braunkohlen 438
Doppelwirbelschicht 448
Drosselung
konventioneller Kraftwerke 54
Drosselverluste 404
Druckwasserreaktoren 296, 306, 313
der 1.000 MW-Klasse 311
Generation 3+ 295
Druckwechsel-Adsorptions-Anlage 600

E

EBSILONProfessional 405
Effekt
thermoelektrischer 529
Effizienzlücke 9
Eigenbedarfsnetze 545
Einspritzkühler 510
Elektrizität
CO_2-reduzierte 347
Elektrizitäts-Netzverbund
intelligenter 10
Elektro
-fahrzeuge 13, 286
-wärmepumpen 485
Emissions
-grenzwerte
Weiterentwicklung durch die Richtlinie industrielle Emissionen 87
-minderungseffizienz
volkswirtschaftliche 484
-rechtehandel 191
Ende der Abfalleigenschaft 60
Endenergiebereitstellung
aus erneuerbaren Energien
in Deutschland 124
Endlagerung radioaktiver Abfälle 285
Salzstock Gorleben 285, 341
Schacht Konrad 285, 336, 342
Energie
erneuerbare 5, 19, 283, 289, 455
Struktur der Endenergiebereitstellung 123
solarthermische 464
Energie
-armut 4
-bedarf
globale Steigerung bis 2050 4
-dienstleistungen 6, 11
-effizienz 12, 19
Anforderungen an Kraftwerke 87
bei Erzeugung und Verbrauch 7
Verbesserung 12
-Effizienz-Gesetz 87
-erzeugungsmanagement 53
-erzeugungsstruktur
in der Europäischen Union 44
-intensität
der industriellen Produktion 7
-konsens 13
-markt
nuklearer 306
-mix
zukünftiger globaler 5
-nutzung
bei Abfallverbrennungsanlagen 70
-paket
der EU-Kommission 287
-pflanzenpellets
Herstellungskosten 119
-politik 7
-versorgung
nachhaltige 5, 16
Trends 4
-wende 5
-wirtschaft
Marktstrukturen 3
Strategien 3, 8, 15
Enhanced-Gas-Recovery 30
Enhanced-Oil-Recovery 30
Entnahmeregelung bei Dampfturbinen
mit verstellbaren Leitschaufeln 480
Entsorgung
nukleare 333
Entsorgungsautarkie 61
E.ON 289
E.ON Kernkraft GmbH 343
EPR Reaktor 305, 314
Erdgas
Ausbau der Speicherinfrastruktur 11
verflüssigtes 11
-kraftwerke 11
Ersatzbrennstoffe
Einsatz in der Zementindustrie 78
Mitverbrennung in Kohlekraftwerken 73
Ersatzbrennstoff-Kraftwerke
in Deutschland 70
Ersatzsignalgenerierung
modellbasierte 503

EUcontrol 507
EU-Kommission
  Hinweisendes Nuklearprogramm 287
EURATOM-Programm 350
Europäisches Sicherheitsnetz
  (European Safety Net) 94, 98
EVN AG 608
Expansionsturbine 596

F

Falschluft 263
Fehlerklärungszeit 565
Fernkälte 70
Fernwärmesysteme 487
Festbettvergasung 127
Filterkerzen
  poröse 371
Fischer-Tropsch-Synthese 131
Flachglasprozesse
  Einsatz eines Abhitzekessels 211
Flammenstabilität 373
Flammenuntersuchung
  in der Oxyfuel-Feuerung 360
Floatglaswannen 211
Flugasche
  Anforderungen bei der
    Mitverbrennung 137
Flugstromvergasung 123
Fluidisierung
  der Wirbelschicht 442
Flüssigphasen-Methanierung 152
Forschungszentrum Karlsruhe 125
Freileitung
  thermisches Leiterseilmonitoring 521
Frischdampf
  -parameter
    Anhebung 496
  -temperaturregelung 509, 511

G

Gas Cooled Fast Reactor (GFR) 348
Gashydrate 583
Gaskraftwerke 11, 283
Gasreinigung
  von Syngas aus der
    Biomassevergasung 123
Gasstreit 283
Gasturbinen 475
  Brennstoffflexibilität 217
  hocheffiziente 217
  im Kombibetrieb mit Dampfturbinen 218
  indirekte Solarwärmeeinkopplung 481
Gas- und Dampf-Heizkraftwerke
  CO_2-Emissionsminderungseffizienz 484
Gebäudekondensatoren 328
Gefügeveränderung bei Werkstoffen 498
General Electric 218
Generatorwirkleistung 567
Gen-III-Kernreaktoren 348
Gen-IV-Kernreaktoren 284
  Zielstellungen 349
Gesetz zur Regelung von Abscheidung,
  Transport und dauerhafter Speicherung
  von CO_2 26
Getrieberegelkupplung 181
Gipsausschleusung 277
Glas 207
  -industrie 208
    Entwicklung des Energieverbrauches
      von 1970 bis 2007 208
  -kokillen 334
  -kokillenbehälter 338
  -produktion
    nachhaltige 207
    Wärmerückgewinnung
      aus den heißen Abgasen 207
  -schmelzwannen 209
GNS Gesellschaft für Nuklear-Service GmbH
  338
Gorleben
  Erkundungsbergwerk 341
  Fortsetzung der Erkundung 285
  Pilotkonditionierungsanlage 340
Greenfield versus Brownfield 101
Grundlastkraftwerke 47
GuD-Heizkraftwerke
  CO_2-Emissionsminderungeffizienz 484
GVA 318

H

Halmgüter 111
  thermisches Ascheverhalten 112
Harnstoff (Reduktionsmittel)
  Vorteile gegenüber Ammoniak 201
Heatpipe-Reformer 153
Heißgas
  -filtration
    mit porösen Filterkerzen 371
  -reinigung 371

Herstellerverantwortung 60
Hitachi Power Europe 576
Hochdruckflugstromvergasung 127
Hochdruckgliederpumpe 181
Hochofengas 446
Hochspannungsfreileitungen
  Online-Temperaturmonitoring 521
Hochspannungsnetz
  neue Funktion durch vorrangige Abnahme von EEG-Strom 52
  zeitweise Überlastung 53
Höchstspannungsnetz 52
Höchsttemperaturreaktoren 351
Hochtemperatur
  -Fluidtransportsystem 470
  -Hochdruck-Syngasreinigung 133
  -Reaktoren 350
    für nukleare Prozesswärme 347
    Kraft-Wärme-Kopplungssysteme 350
  -Syngasreinigung 132
  -Wärmeversorgung 350
Hohlglasherstellung
  Einsatz eines Abhitzekessels 211
Holz
  Mitverbrennung im Kohlekraftwerk 137
Hot-Gas-Recycle Reaktor 151
HSN Magdeburg GmbH 51
HTSL-Kurzschlussstrombegrenzer 550
Hybridtechnologie
  mit Solarthermie 468
Hydrate 583
  Bildungsmechanismus 583
  Bildung im Oxyfuel-Prozess 586
  Einfluss der Inertgase auf die Eigenschaften 588
  Keime 584
  Struktur 583

I

IED-Richtlinie 88, 90, 97
IGT Hygas-Verfahren 151
Impulsgeber
  Passiver (PIG) 326
Industrie
  -dampfturbinen 455
  -emissionsrichtlinie (IED) 88, 97
  -gasturbinen 218
  -kletterer 176
  -sprengstoffe 177
Integrated Gasification Combined Cycle 219
IVU-Richtlinie
  Novelle 88

K

Kaltgaswirkungsgrad 127
Karlsruher Institut für Technologie 125
KERENA 323
Kernenergie 5, 20
  als Brückentechnologie 284
  Ausbau in Europa 283
  Ausstieg 45
  Beitrag zum Klimaschutz 285
  in Europa
    heutige und künftige Rolle 289
  Erläuterndes Nuklearprogramm (PINC) 291
  Meinungstrend 285
  Markt 305
  nichtelektrische Anwendungen 350
  Nutzung
    nachhaltige 347
  Standpunkt der Europäische Kommission und des Europäischen Parlaments 290
  Technik 347
  zukünftige Aufgaben 354
Kernkraftwerk
  Stade (Rückbau) 343
  Würgassen (Rückbau) 343
Kernkraftwerke 9
  Abschaltung 325
  Anlagenzahl und Leistung (weltweit) 295
  Ausnutzungsdauer 46
  Bauzeiten 301
  CO_2-Vermeidung 291
  historische Entwicklung
    der Kapazitäten in Bau 308
  Hochtemperaturreaktoren 350
  Höchsttemperaturreaktoren 351
  in Deutschland 340
  Kraft-Wärme-Kopplungssysteme 350
  Laufzeitverlängerung 283
  mit passiven Sicherheitsmerkmalen 295
  Neubau in Europa 287
  passives Flutsystem 326
  passive und aktive Sicherheitsfunktionen 325
  Reaktoren
    der Generation III 348
    der Generation III+ 295, 311, 323
    der Generation IV 284, 349
  Reaktorneubauprogramme 349
  Rückbau 343
  Sicherheitstechnik 318
  Stilllegung 333
    Gründe 343
    Varianten 344
  Vereinfachung und Modularisierung 301

Kernschadenshäufigkeit 324
Kernschmelze 324
  Störfallmanagement 318
Kernspaltung 347
Kessel
  Reinigung 538
  visuelle Zustandsüberwachung 178
Kipprost 173
Klärschlämme 75
Kleinst-BHKW-Anlagen 486
Klemmenwirkleistung 566
Klimaschutz 5, 19, 284
  Beitrag der Kernenergie 286
Klimawandel 20, 307
Kohlekraftwerk
  Dürnrohr/Zwentendorf (A) 607
  München Nord 136
  Patnów (Polen) 163
  Schwarze Pumpe 267, 269
    Oxyfuel-Pilotanlage 238, 261
Kohlekraftwerke
  Lastwechsel 404
  Mitverbrennung
    von Biomassen 137
    von Ersatzbrennstoffen 73
Kohlendioxid
  siehe CO_2
Kohlendioxid-Speicherungsgesetz (KSpG) 26
Kohlevergasung 217
  integrierte 219
  Methanierung des Synthesegases 148
Kokereigas 446
Komponentenintegrität
  Prüfungen 501
Kondensationskraftwerk 608
Kondensatstauklappe 189
Korrosion 393, 527, 537
  unter Oxyfuel-Bedingungen 244, 250, 393
Kraftstofferzeugung
  nach dem Bioliq-Verfahren 126
Kraft-Wärme-Kopplung 19
  bei Kernkraftwerken 350
  dezentrale 483
  Kleinst- und Klein-BHKW-Anlagen 486
Kraftwerke
  dynamisches Verhalten 565
  Emissionsgrenzwerte 87
    nach dem Ratsbeschluss vom 25. Juni 2009 95
  Festsetzung von Mindest-wirkungsgraden 87
  Projektentwicklung und Errichtung 101
  solarhybride 467
  solarthermische 455
    Anhebung des Wirkungsgrads 460
  Wahl des Standortes 101
Kraftwerks
  -anlagenbau
    Auswirkungen der Finanz- und Wirtschaftskrise 41
    globaler Auftragsbestand und Neubaubedarf 41
  -komponenten
    Qualitätsmanagement 502
  -standorte 101
  -technik
    Entwicklungspotenziale 18
  -verbund
    intelligenter 10
KSB AG 181
Kühlmittelverlust-Störfall 298, 326
Kurzschluss
  dynamische und thermische Beanspruchungen 546
  -festigkeit 547
  -strombegrenzer
    hochtemperatur-supraleitende 545
  -ströme
    Motoranteile 545
    Netzanteile 545
KWK
  siehe Kraft-Wärme-Kopplung

L

Lachgas 201
Large Release Frequency 297
Last
  -abwurf 565
    auf Eigenbedarf 569
    mit LAW-Erkennung 569
  -abwurferkennung 567
  -fluss
    zwischen dem Höchst- und dem Hochspannungsnetz 52
  -management
    über Tarifanreize 49
  -verteilerregelung 509
  -wechsel
    bei Kohlekraftwerken 404
Lead Cooled Fast Reactor (LFR) 348
Leichtwasserreaktoren 347
  Wirkungsgrad 320
Leistungsreaktoranlagen
  Rückbau 345

Leistungsreserve
im Netz 48
Leitschaufeln
verstellbare 480
Lichtbogenenergien 548
Limestone Forced Oxidation
Flue Gas Desulfurization System 271
Liquid Phase Methanation 152
Lissabon Agenda 88
LOCA Events 317
Löslichkeit von Wasser
in CO_2 585, 590
Loss-Of-Coolant Accident (LOCA) 317
Low-NO_x-Brenner 193, 196
Luft
-reaktor 421
Oxidation des Sauerstoffträgers 422
-stufung 171
-zerlegungsanlage
kryogene 259, 388
Energiebedarf 389
-zufuhr
gestufte 196

M

Mahltrocknung 385
MEA 228, 403, 575
Methanierung von Synthesegas
aus der Biomassevergasung 153
aus der Kohlevergasung 148
Verfahren 150
Methanolsynthese 131
Mittellastkraftwerke 47
Mitverbrennung 445
Auswirkungen
auf die Emissionen 73, 138
auf die Verbrennungsprodukte 75, 137
in Kohlekraftwerken 73, 135
von biogenen Brennstoffen
in einem Steinkohlekessel 135
Senkung der CO_2-Emissionen 138
Mobilität
klimafreundliche 13
Modellierung
von Kraftwerksprozess, CO_2-Abtrennung und CO_2-Verdichtung 405
Monoethanolamin (MEA) 228, 403, 575
Monoklärschlammverbrennungsanlagen 76
Mühlenregime 167

N

Nachhaltigkeit 16
der Kernenergie 348
Nachverbrennungsrost 165
Nahwärmenetze 487
Natriumsulfat 210
Naturkonvektion 324
Nebenprodukt 60
Nettowirkungsgrade
in Abhängigkeit von der Last 415
ohne und mit CO_2-Abtrennung 415
verschiedener Varianten
des Oxyfuel-Prozesses 390
Netz
Aus- und Umbau 10, 22, 53
Leistungsreserve 48
-betreiber 53
-engpässe 560
-entgelte 54
vermiedene 55
-kurzschluss
3-poliger 565
mit LAW-Erkennung 567
-regelverbund 555
technische Umsetzung 558
wirtschaftliche Auswirkungen 562
-richtlinien
Nachweis der Einhaltung 565
-sicherheit 560
-stabilität 54, 565
Einfluss der Windenergie 51
-störfälle 565
-überlastung
Folgen für konventionelle Kraftwerke 53
-verbund
intelligenter 10
Neutron Reactor 348
NH_3-Schlupf
in Abhängigkeit von der Reaktionstemperatur 200
mögliche Nebenreaktionen 201
Niedertemperatur-Rectisol-Wäsche 131
Notkondensatorsystem 327
NO_x
-Bildung aus Brennstoffstickstoff 357
Einfluss des N-Gehaltes im Brennstoff 195
-Emissionen 172
-Minderung 195
Primärmaßnahmen 195
Sekundärmaßnahmen 196
-Reduktion
in Abhängigkeit von der Reaktionstemperatur 200

Nuklearenergie
siehe Kernenergie
Nuklearprogramm
erläuterndes (PINC) 291

O

Online
-Kesselreinigung 177, 537
-Temperaturmonitoring
von Freileitungen 521
OXYCOAL-AC-Verbundvorhaben 369
Oxyfuel-Prozess
257, 377, 393, 421, 448, 581
Abgasrezirkulation 369
mit einem hohen Schadstoffanteil 379
nahezu ohne Schadstoffe 379
Rezirkulationsrate 379
Ablagerungen 250
Anbackungen 244
Brenner 260
Möglichkeiten der Sauerstoffzufuhr 241
Chemical-Looping-Verfahren 259, 421, 449
Sauerstoffträger 423
CO_2-Reinigung 594
CO_2-Verflüssigung 589, 594
Entwicklung 255
für Staubfeuerungen 261
Fahrweisen 242
Falschlufteintritt 263
Flammenuntersuchung 360
Gesamtprozessoptimierung 389
Grenzkonzentration von Wasser 581
Hydratbildung
kritische Bereiche 582
Kesselwandtemperaturen 247
Korrosion 244, 250, 393
kryogene Luftzerlegungsanlage 259, 388
Energiebedarf 389
Membranen 259
keramische Hochtemperatur-
Membran 369
Nettowirkungsgrade
verschiedener Varianten 390
NO_x-Bildung und -Reduktion 357, 378
Pilotanlage
am Standort Schwarze Pumpe
237, 261, 269
am Standort Lacq (Frankreich) 261
Schadstoffe NO_x und SO_x
Herkunft und Entstehung 378
SO_2-Abscheidegrad 248
Stabilität der Verbrennung 375
Staubfeuerung 261
Wärmestromdichten 247
zirkulierende Wirbelschichtfeuerung 258
Zündverzug der Flamme 247
Oxygen Polishing 423

P

Parabolrinnen
-bauweise 456
-kollektoren 457
-kraftwerke
spezifische Kosten 458
-technologie
maximale Betriebstemperatur
des synthetischen Öls 459
Pelletsherstellung 118
Peng-Robinson-Zustandsgleichung 382
Phased Array 499
Photovoltaik 485
Piperazin 229
Planfeststellung
für die Errichtung und den Betrieb
von Kohlendioxidleitungen 30
für die Errichtung von
Kohlendioxidspeichern
enteignungsrechtliche Vorwirkung 36
Post-Combustion-Capture 256, 404, 574, 608
Pre-Combustion-Capture 218, 256
Prozesssteuerung und -regelung 503
Prozesswärme
industrielle 347
kerntechnisch erzeugte 352
Prüfkonzepte für Kraftwerke
mit erhöhten Betriebstemperaturen 491
Pyrolyse
von Biomasse 126

Q

Qualitätsmanagement
bei hochwarmfesten
Kraftwerkskomponenten 501
Quecksilberabscheidung
in der Abgasreinigung 88

R

Rate-Based-Modell 412
Rauchgas
siehe Abgas
Reaktor
bleigekühlter schneller 348
gasgekühlter schneller 348
natriumgekühlter schneller 348
Reaktordruckbehälter
Integrität 300
Rectisol-Verfahren 131

Recycling 60, 62
-quoten 60
Regelenergie 11, 54, 283
Einsatzoptimierung 556
Regelgenauigkeit 510
Regellastkraftwerke 47
Regelungskonzept 509
Regelverhalten
robustes 509
Regelzonen 555
Regeneration
der Waschflüssigkeit 233
der mit CO_2 beladenen Aminlösung 578
Regenerativwannen 209
Rektifikationskolonne 598
Rekuperativwannen 209
Rezirkulation 364, 385
beim Oxyfuel-Prozess 369, 379
heiße 240, 369
kalte 240
von feuchtem Abgas 369
Ritherm-System 522
RM-Process 151
Rohrkettenförderer 434
Rohrwerkstoffe 393
Rohstoffe
nachwachsende 111
charakteristische Brennstoffwerte 113
Rückbau
von Kernkraftwerken 343

S

Salzstock Gorleben 285, 341
Sauerstoffträger
für das Chemical-Looping-Verfahren 423
Sauerstoffüberschusszahl λ 378
Sauerstoffvergasung
autotherme 154
SAW-Sensortechnik 521
Scale-up 449
Schacht Konrad 285, 342
geplante Umbaumaßnahmen 337
Schadensfrüherkennung 499
Schallpyrometriemessung 140
Schlacke
-ablagerungen 212
-ansätze 172
-bildung
bei der Verbrennung von Biomasse 116
-stürze 173
Schlagradmühlen 164
Schmelzöfen
in der Glasindustrie 210
Schmierölkreislauf
von Speisepumpen 184
Schnellabschaltsystem
des Kernreaktors 325
Schnellgang
bei kraftwerksnahen Kurzschlüssen 565
Schnellpyrolyse 126
Schweiß
-ausführung von Mischverbindungen
aufgekohlte Zone 496
entkohlte Zone 496
Kohlenstoffdiffusion 496
-technik 492
Herausforderungen
durch neue Werkstoffe
für erhöhte Betriebstemperaturen 493
-verbindungen
Bestimmung von
Zeitstandfestigkeitsfaktoren 492
zerstörungsfreie Prüfverfahren 497
Sekundärregelleistung (SRL) 555
Sensor
virtueller 504
SHCC-Solar-Hybrid-Kraftwerke 467
mit indirekter Solarwärmeeinkopplung
in die Gasturbine 467
Sicherheitssysteme 297
aktive 324
passive 324
Sichteraustrittstemperatur 386
Siedewasserreaktor 313
der Generation 3+ 323
Siemens 456, 509
Signalmanagement
rechnergestütztes 503
Silagen 111
Simulationsmodelle
von Generator, Turbinen und Netz 566
Slurryherstellung 126
Smart City 13
Smart Grid 10
Smart Metering 487
SNCR-Verfahren 193, 199
SO_2-Abscheidegrad
unter Oxyfuelbedingungen 248
SO_2-Waschturm 274
Softsensor 504

Solar
Hybrid Combined Cycle 467
Hybrid-Kombikraftwerke 468
-energie 455, 464
-Kessel 471
druckaufgeladener 471
-Kombiprozess
integrierter 458
-strom
aus der Sahara 10
-Turmkraftwerk 458
Sonneneinstrahlung
globale Verteilung 456
SO_x-Abscheidegrade 280
Spannungs- und Frequenzstabilität
im Verbundnetz sowie in Inselnetzen 565
Speisepumpenaggregate
Abwärmenutzung 181
Spitzenlast
-kraftwerke 47
-versorgung 455
Sprengreinigung 175
Online-Verfahren 177
SRL
-Aktivierung 556
-Optimierung 558
-Reserve 556
Stabilität der Verbrennung
unter Oxyfuel-Bedingungen 375
Stadtgas 147
Städtische Werke Magdeburg GmbH 51
Stickoxidbildung und -reduktion 193
in Oxyfuel-Feuerungen 357, 378
Störgrößen
-aufschaltung 516
-beobachter 514
Störlichtbogen
-beanspruchung 548
-festigkeit 548
Strahlbrenner 164
Strategic Energy Review
(SER) 291
Streckenverstärkung 513
Stroh 111
Mitverbrennung im
Steinkohlekraftwerk 136
Verschlackungsprobleme 139
Strom
-bedarf in Deutschland
zeitabhängige Veränderung 46
-einspeisung
dezentrale 54
-erzeugung
Beitrag der erneuerbaren Energien
in Deutschland 124
fluktuierende 10
kohlenstoffneutrale 8, 291
nukleare Kapazität
weltweit installierte 307
Stellenwert der Kohle 18
Veränderung der Struktur
in Deutschland 47
-lücke 284
-netze 22
intelligente 10
strukturelle Veränderungen 10
-netzregelung 45
-speicherung 19
-verbrauch
Szenarien zur globalen Entwicklung 43
-versorgung 18
in den 27 Mitgliedsländern Europas 289
Substitute Natural Gas (SNG)
aus Biomasse 153
aus Kohle 147
Surface Acoustic Wave (SAW)-Sensor 521
Syngas
aus Biomasse 123
Synthane
-HGR-Verfahren 151
-Prozess 151
-TWR-Verfahren 151
Synthesegas 125, 218
aus der Biomassevergasung 127
aus der Kohlevergasung
Methanierung 148
Anforderungen
bei unterschiedlichen
Nutzungsarten 131
-erzeugung 111
-reinigung 131
Synthese-Kraftstoff 126

T

Tangentialfeuerung 164
Teere
Bildung bei der Vergasung
von Biomasse 115
primäre Reduzierung 447
Umwandlungseigenschaften 447
Teillastfahrweise 609
Änderungen der Abgasparameter 409
Einfluss auf ein Steinkohlekraftwerk
mit nachgeschalteter CO_2-Abgaswäsche
und CO_2-Verdichtung 403
Temperaturmessung
berührungslose 140

Thorium 350
Transportnetze 555
Tray 275
Treibhauseffekt 20
Treibhausgasemissionen
  Reduktion 5
Tropfenabscheider 275
Tube-Wall Reaktor 151
Turbinen
  Korrosions- und Erosionsprobleme 459
  -eintrittstemperatur 475
  -moment 567

U

Überhitzer 510
  -heizflächen
    Korrosionsmechanismen 393
  -werkstoffe 393
Übertragungsnetzbetreiber 556
  Sicherstellung der Netzstabilität 54, 565
UCTE 54, 555
Ultraschallprüfung
  mit Phased Array 499
Umweltdumping 89
Union for the Co-ordination of Transmission
  of Electricity (UCTE) 54, 555
Untersetzungsgetriebe 461
Uranressourcen 347

V

Vattenfall 21, 237, 545
Verbundnetz
  europäisches 555
  nordamerikanisches 559
Verfügbarkeit
  von konventionellen Kraftwerken 54
Vergasung 113
  biogener Einsatzstoffe 115, 127
  in der Wirbelschicht 127, 448
Vergasungs-Kombi-Anlagen 217
Vergasungsverfahren 154, 217
  Bewertung 127
Verpuffungsgefahr
  bei Notabschaltungen 387
Verschlackung 136
  der Brennkammer 172
  der Glaswanne 210
Verschlackungsneigung 138
  Vorhersage aus CFD-Ergebnissen 142
Verschmutzung 528
  der Brennkammer 172
  der Heizflächen 212
Versorgungssicherheit 4, 45, 283, 290, 347
Verwertung 62
  energetische 57, 68
  stoffliche 57, 65
Voith Turbo GmbH & Co. KG 181
Vorsorgeprinzip 89

W

Wannen
  -alterung 209
  -hauptreparaturen 209
  -konstruktion 209
Wärme
  -markt 6
  -rückgewinnung
    bei Speisepumpenaggregaten 186
  -speicherung
    in Salzspeichern 458
  -stromdichte 247
    Einfluss des Belags 531
  -stromdichtemessung 528
  -übergangsmessungen
    an einem druckaufgeladenen
      Dampfwirbelschicht-Trockner 435
  -übergangswiderstand
    effektiver 530
Wasserdampfvergasung
  allotherme 154
Wassergasprozess 148
Wasserlöslichkeit in CO_2 590
Wasserstofferzeugung 351
Wasserstoffverbrennung
  in hocheffizienten Gasturbinen 217
Weltbevölkerung 4
Weltwirtschaftswachstum
  historische Entwicklung und Prognose 42
Werkstoffe
  für den Hochtemperaturbetrieb 353, 491
  Gefügeveränderungen 498
Westinghouse 295
Wiederaufarbeitung 334
  von Brennelementen 338
Wiederverwendung 60
Windenergie 10, 283
  Einfluss auf die Netzstabilität 51
  Emissionsminderungseffizienz 485
  fluktuierende Stromeinspeisung 48
  Volllaststunden pro Jahr 46

Wirbelschichtfeuerung 441
  Brennstoffmix 443
  Eigenschaften 442
  neuartige Energieträger 446
  neue Anwendungsrichtungen 448
  stationäre 442
  zirkulierende 442
    Oxyfuel-Prinzip 258
Wirbelschichttrocknung 432
Wirbelschichtvergasung 127, 447
Wirbelstromprüfung
  optimierte 498
Wirkleistungs-Frequenzregelung 555
Wirkungsgradanstieg
  durch Abwärmenutzung
    von Speisepumpenaggregaten 190
Wirkungsgradverluste 404
  bei CO_2-Abtrennung 415
    Aufteilung auf die verschiedenen
      Verlustgrößen 409
    in Abhängigkeit vom Lastfall 413
  bei CO_2-Verdichtung
    Aufteilung auf die verschiedenen
      Verlustgrößen 409
Wirtschaftskrise 42
Wirtschaftswachstum
  Szenarien zur globalen Entwicklung 43

X

Xylit 166
  -stränge 171

Z

Zementwerke
  Einsatz von Ersatzbrennstoffen 77
  Einsatz von sekundären Rohstoffen 77
Zündstabilität 386
Zustandsregler 510
  Reglerverhalten 512
Zwangsdurchlaufkessel 163
Zwischenlagerung
  radioaktiver Abfälle 336, 340
Zwischenüberhitzung 459, 461
Zwischenwärmetauscher 353