

Michael Beckmann

Antonio Hurtado

KRAFTWERKSTECHNIK

– Sichere und nachhaltige Energieversorgung –



K

Das vorliegende Buch enthält die Beiträge des **41. KRAFTWERKSTECHNISCHEN KOLLOQUIUMS** 13. und 14. Oktober 2009 in Dresden zu den Schwerpunkten:

- Fossile Kraftwerke
- Pilot- und Neubauprojekte
- Verbrennungstechnik
- Kernkraftwerke
- Oxyfuel-/Oxycoal-Prozesse
- Messtechnik
- Regenerative Energie
- Gasaufbereitung (CCS)
- Energieversorgungsnetze

Autoren: • MICHAEL BÄCHLER • GUNDULA BALAN • CHRISTOPH BAUMHAKL
JUDITH BECK • MICHAEL BECKMANN • PETER BEHR • WOLFGANG A. BENESCH
MARTIN BENNAUER • MARCEL BESSELER • MARIO BIELE • OLIVER BITTER • CHRISTIAN
BLENS • JOACHIM BOCK • HOLGER BRÖSKAMP • HELLMUTH BRÜGGEMANN
MARTIN BURBÖCK • UWE BURCHHARDT • ANDREAS DENNEWITZ • ROBERT DOM-
MERQUE • RUDOLF EGGERS • ROLAND ENGBERG • BERND EPPLE • MALTE FÖRSTER
MANFRED FREIMARK • UWE GAMPE • ZHAN GAO • ERICH GERHARDS • BERND
GERICKE • ROLF GLASBRENNER • STEPHAN GLEIS • MELCHIOR GÖKELER • KLAUS
GÖRNER • SEBASTIAN GRAHL • RALF GÜLDNER • REINER GÜNTHER • DIETMAR
HAAKE • MARTIN HABERMEHL • DETLEF HAJE • NORBERT HASPEL • TUOMO J.
HATAKKA • ARTHUR HEBERLE • STEPHAN HEIDE • PETER HEIL • ELIZABETH HEISCH-
KAMP • MATHIAS HELLRIEGEL • CHRISTIAN HERMSDORF • BERND HILLEMACHER
ALEXANDER HLAWENKA • WALTER HOHLFELDER • OLAF HÖHNE • ANTONIO
HURTADO • JÜRGEN JACOBY • JÜRGEN KARL • ALFONS KATHER • ARNO
KELLERMANN • JOHANNES KEMPMANN • THOMAS KIENBERGER • GERALD KINGER
MATHIAS KLOSTERMANN • FRANK KLUGER • REINHOLD KNEER • ROGER KOHLMANN
THOMAS KOLB • DANIEL KÖPKE • STEFAN KORNHUBER • DANIEL KOSEL • HANS-
JOACHIM KRAUTZ • RUTGER KRETSCHMER • BENJAMIN KREUTZKAM • BERND
KROHMER • SASCHA KRÜGER • THOMAS KRÜGER • VANESSA KUBACZ • RENE KULL
ANNETT KUTZSCHBACH • UWE LAHL • STEFAN LECHNER • HANS LEIBOLD
UWE LENK • STEPHAN LEYER • SEBASTIAN LINNENBERG • MARTIN LÖSING
STEFFEN LYSK • GABRIELE MAGEL • JÖRG MAIER • SACHA MARKALOUS • JÜRGEN
MARQUARD • ANDRÉ MAUN • BERNHARD MEERBECK • CHRISTIAN MEHRKENS
KARL MIESKE • EVA MILLER • PATRICK MÖNCKERT • FRANK-HOLM NOWOTNICK
JARI NYGVIST • JOCHEN OEXMANN • ANDREAS OHLINGER • KLAUS PAYRHUBER
FLORIAN PFAB • WALTER PFANDL • KLAUS PFEIFFER • IRENEUSZ PYC • JENS REICH
NILS RETTENMAIER • THOMAS REYNOLDS • ROLAND RITTER • JENS ROSENDAHL
BERND U. SANKOL • WOLFGANG SAUTTER • STEFAN SCHÄFER • GÜNTER SCHEFF-
KNECHT • BERND SCHIEFER • PETER SCHLOSSAREK • TIMM SCHNEIDER • MARCUS
SCHOLZ • MICHAEL SCHREIBER • HANS CHRISTIAN SCHRÖDER • HELMUTH SEIFERT
WOLFGANG SPIEGEL • HARTMUT SPLIETHOFF • GEORG-NIKOLAUS STAMA-
TELOPOULOS • GOSIA STEIN-BRZOWSKA • TORSTEN STOFFREGEN • UWE STOLL
ZORAN STOSIC • THOMAS STREHL • JOCHEN STRÖHLE • PAL SZENTANNAI • ZOLTAN-
TEUBER • STEPHANIE THIEL • KARL J. THOMÉ-KOZMIENSKY • DOBRIN TOPO-
ROVANDRE TOUSSAINT • MICHAEL TREUER • VINCENT VERBAERE • STEFAN
VODEGEL • ALEXANDER VOSS • MICHAEL WEISENBURGER • TOBIAS WEISSBACH
KLAUS-WALTER WENDELBERGER • HERIBERT WERTHES • REINHARD WIDZGOWSKI
CHRISTOPH WIELAND • RONALD WILHELM • FRANZ WINTER • PAVEL ZOLOTAREV

K

Michael Beckmann
Antonio Hurtado

KRAFTWERKSTECHNIK

– Sichere und nachhaltige Energieversorgung –



K

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



Der Inhalt dieses Buches stammt aus nachhaltig
bewirtschafteten Wäldern und kontrollierten Quellen
www.pefc.org

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.

Auf den Titelseiten der führenden Nachrichtenmagazine erobern Stichwörter: *Klimawandel*, *Krise in der Geschichte der menschlichen Zivilisation* und *Erneuerbare Energie* zunehmend die Schlagzeilen. Wir müssen oftmals erkennen, wie eine neue Lösung gleich mehrere neue Probleme schafft, für die kurze Zeit später gleich wieder mehrere Lösungen parat sind. Das Ganze ist zudem durch das Alles-oder-Nichts-Prinzip gekennzeichnet, man kann auch sagen Schwarz-Weiß-Denken, Abkehr von konventionellen Energieträgern, Zuwendung zu den erneuerbaren Energieträgern. Fragen wie zur Versorgung mit Grundlastenergie, Fluktuationen insbesondere von Solar- und Windenergie und die damit verbundenen Netzprobleme werden schnell mit Lösungen wie z.B. Elektroauto und intelligente Ladevorgänge beantwortet. Eine Abschätzung u.a. des dafür erforderlichen Kupferbedarfs macht schnell deutlich, dass aus dem Energieproblem ein Rohstoffproblem wird. Wir wenden uns nicht gegen die Entwicklung und Erprobung neuer Lösungen, ganz im Gegenteil. Der Blick zurück zeigt, dass Ingenieure immer das Ziel der Effizienzsteigerung – Verbesserung des Wirkungsgrades, Senkung von Emissionen, Verbesserung der Wirtschaftlichkeit – angestrebt haben. So soll es auch in Zukunft bleiben. Es müssen parallele Wege beschritten werden, in der Technikentwicklung oftmals lange Zeit. Dementsprechend kommt die Internationale Energie-Agentur (IEA) im World Energy Outlook 2007 zu einem differenzierten Bild, in dem u.a. die fossilen Energieträger bis 2030 ihre dominierende Stellung behalten, der Beitrag der erneuerbaren Energien weltweit bis 2030 auf etwa 17 Prozent ausgebaut sein wird und eine erweiterte Nutzung der Kernenergie befürwortet wird.

Der Grundsatz lautet weiterhin Diversifikation. Ebenso bleibt das Ziel der Effizienzsteigerung durch wissenschaftlich-technische Entwicklungen bestehen. Wichtig sind Diskussionen zwischen Fachleuten aber auch der offene Dialog mit der Gesellschaft – ideologiefrei.

Bewertungen über dringend zu lösende Menschheitsprobleme fallen unterschiedlich aus. Gemäß dem *Kopenhagener Konsens* von 2004, dem u.a. vier Nobelpreisträger angehörten, stehen auf der globalen Prioritätenliste für den Einsatz zusätzlicher Ressourcen Klimafragen an 15. Stelle, zuvor kommen Aufgaben im Zusammenhang mit Gesundheit, Ernährung, Wasser – damit ergibt sich eine andere Wichtung als in unserer Wahrnehmung über eingangs zitierte Schlagzeilen.

Mit unserer Branche stehen wir in der Öffentlichkeit. Naturwissenschaft und Technik unterliegen gesellschaftspolitischen und subjektiven Sichtweisen. Oft sind es Wissensdefizite die zu falschen Schlussfolgerungen oder undifferenzierten Bewertungen führen. Daher ist das KRAFTWERKSTECHNISCHE KOLLOQUIUM nicht nur für die Fachbranche selbst sondern auch für die Außenwirkung und gesellschaftliche Gestaltung eine wichtige Plattform.

In dem vorliegenden Buch sind Beiträge von über hundert Autoren zu den Themen

- Fossile Kraftwerke
- Pilot- und Neubauprojekte
- Verbrennungstechnik
- Kernkraftwerke
- Oxyfuel-/Oxycoal-Prozesse
- Messtechnik
- Regenerative Energien
- Gasaufbereitung (CCS)
- Energieversorgungsnetze

enthalten. Unterstützt werden die Herausgeber bei der Gestaltung des Programmes von dem Programmbeirat, dem Dipl.-Ing. Hubertus Altmann, Dr. Franz Bauer, Dipl.-Verwaltungswirt Erich Fritz, Regierungsrat Dr. Arne Höll, Dr.-Ing. Reinhard Maaß, Dipl.-Ing. Jürgen Maier, Professor Dr.-Ing. Bernd Meyer, Ministerialrat Peter Nothnagel und Professor Dr.-Ing. Dr. h. c. Karl J. Thomé-Kozmiensky angehören. Ihnen sei an dieser Stelle herzlich gedankt.

Dieser Band 1 des 41. KRAFTWERKSTECHNISCHEN KOLLOQUIUMS ist in zweifacher Hinsicht eine Premiere. Zum einen sind die Aufsätze einzeln für die Druckvorstufe bearbeitet. Dazu gehören unter anderem die Bearbeitung des Bildmaterials, die Verschlagwortung und die Herstellung eines möglichst einheitlichen Erscheinungsbildes – was auch die Homogenisierung der Fachausdrücke einschließt.

Möglich wird die Herausgabe des Buches jedoch erst durch die Autoren, die mit ihren Aufsätzen den Rohstoff für dieses Buch geliefert haben. Traditionell für das KRAFTWERKSTECHNISCHES KOLLOQUIUM sind Autoren aus der Industrie in gleicher Weise wie aus Universitäten, Forschungseinrichtungen und Behörden beteiligt. Jeder weiß, dass es für sie zusätzliche Arbeit und Belastung ist, neben ihren beruflichen Pflichten ein anspruchsvolles Manuskript zu erstellen. Ihnen allen sei herzlich gedankt. Durch die redaktionelle Bearbeitung und die Qualität der Präsentation in diesem Buch möchten wir ihren Arbeiten eine entsprechende Würdigung verleihen.

Dass diese Buchproduktion gelingt, verdanken wir der zweiten Premiere in Form der Förderer. So unterstützen die Firmen AREVA NP GmbH, Babcock Noell GmbH, E.ON Kernkraft GmbH, ERC Emissions-Reduzierungs-Concepte GmbH, Hitachi Power Europe GmbH, Linde-KCA-Dresden GmbH, SIEMENS AG, Vattenfall Europe Mining AG/Vattenfall Europe Generation AG und Westinghouse Electric Germany GmbH durch ihre Inserate den Druck des Buches ganz wesentlich. Weiter wird das KRAFTWERKSTECHNISCHES KOLLOQUIUM durch die Spende der DREWAG Stadtwerke Dresden GmbH und auch durch die Verteilung von Programmkündigungen in den Fachzeitschriften sowie die Werbung im Internet durch den VGB PowerTech e.V. und den FDBR e.V. großzügig unterstützt.

Zu großem Dank sind die Herausgeber dem TK Verlag, Professor Dr.-Ing. Dr. h.c. Karl J. Thomé-Kozmiensky und seinen Mitarbeitern verpflichtet. Dr.-Ing. Stephanie Thiel hat die Redaktion, das Lektorat und – gemeinsam mit Martina Ringgenberg – die Erstellung des Schlagwortverzeichnis übernommen. Petra Dittmann hat die Buchplanung organisatorisch unterstützt. Andreas Schulz hat zahlreiche Zeichnungen angefertigt und zu grafischen Darstellungen umgesetzt.

Der Bucheinband ist schlicht und einfach geworden – und dennoch gab es eine Vielzahl von Entwürfen, die Andreas Schulz alle bereitwillig und kreativ umgesetzt hat. Durch die engagierte und kreative Zusammenarbeit mit ihnen ist die Herausforderung und das Ringen um die Herstellung eines einheitlichen Buches eine große Freude gewesen.

Einen besonderen Dank möchten die Herausgeber an Dipl.-Kffr. Elke Czaplewski richten. Durch ihre organisatorische Leitung, den Kontakt zu den Autoren und Inserenten sowie zum TK Verlag und die vielen kleinen Aufgaben trägt sie ganz wesentlich zum KRAFTWERKSTECHNISCHEN KOLLOQUIUM bei.

Oktober 2009

Michael Beckmann

Antonio Hurtado

Inhaltsverzeichnis