

# Braunkohle- sanierung

- Grundlagen
- Geotechnik
- Wasserwirtschaft
- Brachflächen
- Rekultivierung
- Vermarktung



**Herausgeber:**  
Carsten Drebenstedt  
Mahmut Kuyumcu



Springer Vieweg

---

# Braunkohlesanierung

---

Carsten Drebenstedt • Mahmut Kuyumcu  
(Hrsg.)

# Braunkohlesanierung

Grundlagen, Geotechnik,  
Wasserwirtschaft, Brachflächen,  
Rekultivierung, Vermarktung

*Herausgeber*

Carsten Drebenstedt  
Institut für Bergbau und Spezialtiefbau  
TU Bergakademie Freiberg  
Deutschland

Mahmut Kuyumcu  
Lausitzer und Mitteldeutsche  
Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH  
Senftenberg  
Deutschland

ISBN 978-3-642-16352-4      ISBN 978-3-642-16353-1 (eBook)  
DOI 10.1007/978-3-642-16353-1

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Springer Vieweg

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2014

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

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 dürften.

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

Springer Vieweg ist eine Marke von Springer DE. Springer DE ist Teil der Fachverlagsgruppe Springer Science+Business Media  
[www.springer-vieweg.de](http://www.springer-vieweg.de)

---

## **Grußwort des Beauftragten der Bundesregierung für die Neuen Bundesländer, Dr. Christoph Bergner, zum Fachbuch „Braunkohlesanierung“**

Der industrielle Abbau, die Verarbeitung und die Verstromung von Braunkohle haben in Deutschland eine mehr als hundertjährige Geschichte. In Mitteldeutschland und in der Lausitz war dieser Industriezweig lange die Basis einer dynamischen wirtschaftlichen Entwicklung.

Die DDR richtete ihre Energieerzeugung aus Mangel an anderen Rohstoffen auf die reichlich vorhandene Braunkohle aus. Die Mitarbeiter in der Braunkohlenförderung haben Großes geleistet, vor allem in strengen Wintern. Die Gewinnung und Verarbeitung dieses Rohstoffes wurden angesichts sich verschärfender wirtschaftlicher Probleme jedoch immer extensiver betrieben. Bis zum Ende der DDR im Jahr 1989 entstanden so gewaltige bergbauverursachte Altlasten.

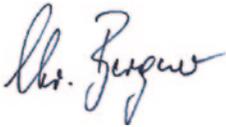
Unmittelbar nach der Wiedervereinigung Deutschlands im Jahr 1990 haben sich der Bund und die vom Braunkohlenbergbau betroffenen ostdeutschen Bundesländer der Herausforderung gestellt, diese Hinterlassenschaften zu beseitigen und die tiefen Wunden in Natur und Landschaft zu heilen. Notwendige Voraussetzung für die Braunkohlesanierung war eine langfristige Bereitstellung finanzieller Mittel der öffentlichen Hand.

Mit dem Abschluss des „Verwaltungsabkommens über die Regelung der Finanzierung ökologischer Altlasten“ vereinbarten der Bund und die Bundesländer Brandenburg, Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen die gemeinsame Umsetzung, Finanzierung und Organisation der Braunkohlesanierung. Damit war der Grundstein für die größte Landschaftsbaustelle Europas gelegt. Verantwortung für die Beseitigung von Gefahren und die Wiedernutzbarmachung der ehemaligen Bergbauflächen trägt die Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH. Die Sanierungsmaßnahmen sichern Arbeitsplätze. Wenn aus ehemaligen Tagebauen attraktive Landschaften oder Veranstaltungsorte werden, verbessert das die ökonomischen Chancen der alten Reviere. Das Verwaltungsabkommen wurde bereits mehrfach ergänzt. Dabei wurde auch neuen Herausforderungen, wie dem natürlichen Anstieg des Grundwassers in den Revieren, inhaltlich und finanziell Rechnung getragen. In den vergangenen 20 Jahren haben Bund und Braunkohlenländer fast 9 Milliarden Euro in die Braunkohlesanierung investiert. Dieses beeindruckende Gemeinschaftswerk wird zu Recht als eine Erfolgsgeschichte der deutschen Einheit bezeichnet. Trotz der bisherigen Erfolge haben aktuelle Ereignisse gezeigt, wie wichtig die Aufgabe auch in Zukunft sein wird. Der Bund wird daher auch weiterhin im Rahmen seiner Möglichkeiten als verlässlicher Partner mit den Ländern diese Erfolgsgeschichte fortführen.

Auf den Flächen des stillgelegten Braunkohlenbergbaus hat sich ein bemerkenswerter, deutlich sichtbarer Wandel vollzogen. Bergbauflächen von insgesamt mehr als 100.000 ha werden zu wirtschaftlich chancenreichen Nutzflächen oder Naturschutzflächen verwandelt. Besonders die aus ehemaligen, unwirtlichen Restlöchern entstehenden großen Seen geben den neuen Landschaften im Süden von Leipzig, bei Bitterfeld und in der Lausitz ein neues Gesicht. Obwohl ihre endgültige Fertigstellung noch einige Jahre Arbeit erfordert, sind die vielen neuen Möglichkeiten – zum Beispiel auch für Freizeit und Erholung – im Ansatz erkennbar. Gleichzeitig wurden aus Altstandorten der Braunkohlenindustrie moderne Industrieparks entwickelt, auf denen zukunftsträchtige Arbeitsplätze entstanden sind. Stichwort sind hier Photovoltaik- und Windkraftunternehmen.

Die Bergbausanierung und der Umstrukturierungsprozess in den ostdeutschen Braunkohlenrevieren sind bereits sehr weit fortgeschritten. Die LMBV als Projektträger der Braunkohlesanierung hat in den vergangenen Jahren erfolgreich gewirkt und dabei einzigartige Erfahrungen gesammelt.

Die besonderen organisatorischen, technischen, technologischen und wissenschaftlichen Herausforderungen werden im vorliegenden Buch dargestellt. Es kann für ähnliche Umstrukturierungsprozesse in anderen Ländern als Leitfaden dienen.



Dr. Christoph Bergner

Der Beauftragte der Bundesregierung für die Neuen Bundesländer

---

## **Grußwort des Vorsitzenden des deutschen Teils des UN-Netzwerks Sustainable Development Solutions Network, Prof. Dr. Klaus Töpfer, zum Fachbuch „Braunkohlesanierung“**

Nach der Wiedervereinigung im Jahr 1990 stand die Bundesrepublik Deutschland vor der Aufgabe, die in Ostdeutschland über Jahrzehnte entstandenen Belastungen von Böden, Gewässern und Luft grundlegend zu sanieren. Neben den Altlasten der Chemischen Industrie und des Uranerzbergbaus zählten die Flächen der Braunkohlenindustrie zu den größten Hypotheken der deutschen Einheit. Als damaliger Bundesumweltminister konnte ich mich in vielen Vorort-Terminen von den großen Gefährdungen überzeugen, die von diesen Altlasten vor allem auf die menschliche Gesundheit, aber auch auf die Attraktivität der Landschaft ausgingen. Daher war es eine ganz prioritäre Aufgabe, die Konzeptionen zur Sanierung zu entwickeln und einen tragfähigen Finanzierungsplan durchzusetzen. Der Bund und die Braunkohlenländer Brandenburg, Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen haben sich gemeinsam der Bewältigung dieser Herausforderungen gestellt. Bereits Anfang 1991 konnte ich das im Bundesumweltministerium unter umfassender Mitarbeit vieler Experten konzipierte Aktionsprogramm „Ökologischer Aufbau“ der Öffentlichkeit vorstellen.

Die Umsetzung des Programms hat innerhalb weniger Jahre einen beispiellosen Beitrag für den positiven ökologischen Wandel und für die Attraktivität dieser Regionen geleistet. Für die Braunkohlenreviere in Mitteldeutschland und in der Lausitz sorgte die Braunkohlesanierung für die großräumige Gestaltung neuer chancenreicher und damit lebenswerter Landschaften.

Das vorliegende Buch „Braunkohlesanierung“ beschreibt rückblickend, wie es allen an diesem Gemeinschaftswerk Beteiligten gelang, 100.000 ha ehemalige Bergbauflächen in neue Landschaften zu verwandeln und in ein Umfeld einzupassen, das insgesamt eine Fläche von der Größe des Saarlandes und Berlins hat.

Die Gefahrenabwehr im Sinne der Beseitigung ökologischer Altlasten stellte in den vergangenen Jahren einen besonderen Schwerpunkt der Tätigkeit der LMBV dar.

Bekannte Beispiele sind die Sanierung der gewaltigen, durch die Braunkohlenveredlung in Schwarze Pumpe entstandenen Abfallablagerungen in Terpe und Zerze. Hier wurden insgesamt 760.000 t Abfall einer ordnungsgemäßen Verwertung oder Entsorgung zugeführt. Außerdem wird durch ein Paket abgestimmter Maßnahmen verhindert, dass kontaminiertes Grundwasser in Richtung Spree abströmen kann. Langfristig wird das Grundwasser in Reinigungskreisläufen von einer ganzen Schadstoffpalette befreit. Dafür wurden neue, zukunftsweisende Technologien entwickelt, getestet und ein-

geführt, die an vielen weiteren Industriestandorten über Deutschland hinaus anwendbar sind.

Auch mitteldeutsche Tagebaue wurden zur unsachgemäßen Ablagerung von Abfällen der chemischen Industrie genutzt. Im Geiseltal spülten die Leuna-Werke fast 30 Jahre ca. 30 Mio. t Abfälle in das Tagebaurestloch Großkayna. Seit 2002 erfolgt die Sanierung dieser unter dem Seewasserspiegel liegenden Umweltlast mit einer innovativen Tiefenwasser-Belüftungstechnologie. Ein weiteres Beispiel der Gefahrenbeseitigung in Mitteldeutschland ist die Sanierung der Säureharzdeponie des ADDINOL Mineralölwerkes Lützkendorf im Tagebau Mücheln. Hier waren 110.000 t Abfall zu beseitigen, um eine gefahrlose Flutung des zukünftig größten Sees in Sachsen-Anhalt mit Wasser aus der Saale zu ermöglichen. Die Reihe ließe sich um viele Beispiele der Sanierung von Ablagerungen kommunaler und industrieller Abfälle bzw. betriebsbedingter Boden- und Grundwasserkontaminationen fortsetzen.

Nach dem weitgehenden Abschluss von Maßnahmen der Gefahrenabwehr bekommen weitere Aufgaben der LMBV ein größeres Gewicht. Bereits 1994 wurde von der Bund/Länder-Arbeitsgruppe Wasserwirtschaftliche Planung ein „Rahmenkonzept zur Wiederherstellung eines ausgeglichenen Wasserhaushalts in den vom Braunkohlenbergbau beeinträchtigten Flusseinzugsgebieten in der Lausitz und in Mitteldeutschland“ erarbeitet. Insgesamt war ein bergbauverursachtes Wasserdefizit von 13 Mrd. m<sup>3</sup> auszugleichen, ohne die Natur und die direkt von Wasser abhängigen Wirtschaftszweige erneut zu belasten. Mit dem Ausgleich des Mengendefizits sollte auch eine nachhaltige Entwicklung der Wasserqualität und Gewässergüte gewährleistet werden. Zur Zuführung von Wasser aus den Flüssen und dem aktiven Bergbau der MIBRAG GmbH gab es somit kaum Alternativen. Die LMBV hat deshalb gemeinsam mit Partnern aus Forschung und Wissenschaft für die Einzugsgebiete von Spree, Lausitzer Neiße und Schwarzer Elster sowie Weißer Elster, Mulde und Saale langfristige Flutungskonzepte aufgestellt. Einige Tagebaurestlöcher sind bereits weitgehend gefüllt, für andere werden in Abhängigkeit von der Wasserführung der Flüsse noch mehrere Flutungsjahre erforderlich sein. Mit dem Abschluss der Flutung ist Deutschland um mehr als 25.000 ha Seefläche reicher. Bereits heute ist die Attraktivität der neuen Landschaften sichtbar. Das Interesse an vielfältigen, chancenreichen Folgenutzungen wächst.

Neben dem wirtschaftlichen Wandel durch die Entwicklung von Tourismus, Land- und Forstwirtschaft auf Kippenflächen sowie der Ansiedlung von Industrie und Gewerbe auf ehemaligen Industriebrachen des Bergbaus wurde dem Naturschutz eine hohe Priorität eingeräumt und Raum gegeben. Etwa 20% der ehemaligen Bergbauflächen sind dem Schutz der besonderen Geologie und Morphologie sowie der einzigartigen, darauf angepassten Fauna und Flora vorbehalten. Dies ist auch im Hinblick auf die Umsetzung des Programms Natura 2000 ein bedeutender Beitrag zum Naturschutz in Deutschland. Bei der Auswahl der schützenswerten Areale wurde die LMBV tatkräftig von einer Vielzahl Naturschutzverbände, -vereine und -stiftungen unterstützt. Teilweise haben sie von der LMBV große Flächen erworben, wie zum Beispiel die Sielmann-Stiftung. Damit sind sie als Eigentümer die Garanten für eine nachhaltige Entwicklung, den fachgerechten Umgang und die ordnungsgemäße Verwaltung dieser Flächen.

Rückblickend ist für mich diese erfolgreiche Sanierung eine besonders intensive Erinnerung an ein engagiertes Handeln zur Verwirklichung der Deutschen Einheit. Dieser Wandel ist in den neuen Landschaften des Braunkohlentagebaus sichtbar. Attraktive Flächen für Naherholung und Fremdenverkehr sind entstanden. Weit über die Grenzen Deutschlands hinaus sind Fachleute an den Erfahrungen hoch interessiert, die bei der Sanierung der Tagebauflächen gemacht wurden. So profitieren auch Sanierungskonzepte außerhalb Deutschlands sehr umfassend von dieser Erfolgsgeschichte. Die Braunkohlesanierung in den neuen Bundesländern zeigt, dass die Abwehr von Gefahren für den Menschen und der Schutz seiner Umwelt untrennbar miteinander verbunden sind. Ihre Umsetzung ist ernst genommene Verantwortung gegenüber kommenden Generationen und gleichzeitig eine nachhaltige Investition in die Zukunft.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'H. Wenzel' followed by a stylized flourish.

---

# Inhalt

<b>Grußwort des Beauftragten der Bundesregierung für die Neuen Bundesländer, Dr. Christoph Bergner, zum Fachbuch „Braunkohlesanierung“</b> .....	V
<b>Grußwort von Prof. Dr. Klaus Töpfer zum Fachbuch „Braunkohlesanierung“</b> .....	VII
<b>Autorenverzeichnis</b> .....	XIII
<b>Abkürzungen</b> .....	XVII
<b>Formelzeichenverzeichnis</b> .....	XXIII
<b>Maßeinheiten und chemische Zeichen</b> .....	XXVII
<b>1 Einführung</b> .....	1
Carsten Drebenstedt, Mahmut Kuyumcu und Thorsten Pietsch	
<b>2 Gesellschaftliche, natürliche und technische Rahmenbedingungen der Braunkohlesanierung</b> .....	7
Carsten Drebenstedt, Mahmut Kuyumcu und Thorsten Pietsch	
<b>3 Rechtliche, finanzielle und organisatorische Grundlagen</b> .....	73
Friedrich von Bismarck, Anja Andrich, Andreas Berkner, Klaus Boldorf, Wolf-Dieter Dallhammer, Carsten Drebenstedt, Klaus Freytag, Andreas Kadler, Hans-Dieter Meyer, Jörg Schlenstedt, Reinhardt Schmidt, Michael Strzodka und Klaus-Otto Weymanns	
<b>4 Wiedernutzbarmachung von Tagebauen und Kippen</b> .....	131
Alfred Vogt, Wolfgang Förster, Carsten Drebenstedt, Holger Dorn, Jürgen Keßler, Werner Fahle, Gunter Reichel, Dietmar Griebel, Rolf Katzenbach, Anke Werner, Stefan Geß und Thomas Bennewitz	

<b>5 Wasserwirtschaftliche Sanierung</b> .....	265
Friedrich-Carl Benthaus, Gert Gockel, Wilfried Uhlmann, Walter Geller, Holger Mansel, Claus Nitsche und Uwe Grünewald	
<b>6 Verwahrung untertägiger bergmännischer Hohlräume und Brunnen</b> .....	383
Hans-Hermann Baumbach, Heidi Förtsch und Angela Rostalski	
<b>7 Wiedernutzbarmachung der Flächen von Tages- und Veredlungsanlagen</b> .....	425
Michael Illing, Waldemar Hofmann, Hans-Dieter Beerbalk, Steffen Reußner, Ludwig Luckner, Michael Rüger, Thomas Daffner, Manfred Kolba, Jan Masnica, Georg Morszeck, Britta Radoi und Anett Thomas	
<b>8 Rekultivierung</b> .....	487
Jörg Schlenstedt, Axel Brinckmann, Uwe Häfker, Michael Haubold-Rosar, Anita Kirmer, Dirk Knoche, Ingmar Landeck, Antje Lorenz, Frank Rümmler, Michael Stärke, Sabine Tischew und Dietmar Wiedemann	
<b>9 Nachnutzung und Flächenvermarktung</b> .....	579
Bernd Krüger, Karla Ebersbach, Andreas Kadler, Herbert Klapperich und Rolf Kuhn	
<b>10 Schlusswort</b> .....	647
Mahmut Kuyumcu und Carsten Drebenstedt	
<b>Glossar</b> .....	651
<b>Sachverzeichnis</b> .....	677

### **Klappkarten**

Bergbauliche Wiedernutzbarmachung im Jahr 1993  
im Lausitzer Braunkohlenrevier

Geplante Bergbaufolgelandschaft in der Lausitz

Geplante Bergbaufolgelandschaft in Mitteldeutschland

---

## Autorenverzeichnis

**Anja Andrich** Bund-Länder-Geschäftsstelle des Steuerungs- und Budgetausschusses für die Braunkohlesanierung, Karl-Liebknecht-Straße 33, 10178 Berlin, Deutschland

**Hans-Hermann Baumbach** Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH, Knappenstraße 1, 01968 Senftenberg, Deutschland

**Hans-Dieter Beerbalk**, Berlin, Deutschland

**Thomas Bennewitz** FCB Fachbüro für Consulting und Bodenmechanik GmbH, Verwaltungsring 10, 04579 Espenhain, Deutschland

**Friedrich-Carl Benthau** Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH, Knappenstraße 1, 01968 Senftenberg, Deutschland

**Andreas Berkner** Regionale Planungsstelle des Regionalen Planungsverbandes Leipzig-West Sachsen, Bautzner Straße 67, 04347 Leipzig, Deutschland

**Friedrich von Bismarck** Bund-Länder-Geschäftsstelle des Steuerungs- und Budgetausschusses für die Braunkohlesanierung, Karl-Liebknecht-Straße 33, 10178 Berlin, Deutschland

**Klaus Boldorf** Bund-Länder-Geschäftsstelle des Steuerungs- und Budgetausschusses für die Braunkohlesanierung, Karl-Liebknecht-Straße 33, 10178 Berlin, Deutschland

**Axel Brinckmann** Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH, Knappenstraße 1, 01968 Senftenberg, Deutschland

**Thomas Daffner** UBV Umweltbüro GmbH Vogtland, Knappenstraße 1, 01968 Senftenberg, Deutschland

**Wolf-Dieter Dallhammer** Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft, Wilhelm-Buck-Straße 2, 01097 Dresden, Deutschland

**Holger Dorn** Sandower Straße 45, 03046 Cottbus, Deutschland

**Carsten Drebenstedt** TU Bergakademie Freiberg, Fakultät für Geowissenschaften, Geotechnik und Bergbau, Institut für Bergbau und Spezialtiefbau, Gustav-Zeuner-Straße 1a, 09596 Freiberg, Deutschland

**Karla Ebersbach** Kuckhoffstraße 33, 10356 Berlin, Deutschland

**Werner Fahle** Gesellschaft für Montan- und Bautechnik mbH (GMB), Knappenstraße 1, 01968 Senftenberg, Deutschland

**Heidi Förtsch** Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH, Knappenstraße 1, 01968 Senftenberg, Deutschland

**Wolfgang Förster** Waldstraße 3, 09600 Hetzdorf, Deutschland

**Klaus Freytag** Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe, Inselstraße 26, 03046 Cottbus, Deutschland

**Stefan Geß** FCB Fachbüro für Consulting und Bodenmechanik GmbH, Verwaltungsring 10, 04579 Espenhain, Deutschland

**Walter Geller** Leiter Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ Halle, Wackerstr. 20, 79108 Freiburg, Deutschland

**Gert Gockel** Spremberger Str. 47c, 03116 Drebkau, Deutschland

**Dietmar Griebel**, Zwickau, Deutschland

**Uwe Grünewald** Lehrstuhl Hydrologie und Wasserressourcenbewirtschaftung, BTU Cottbus, Konrad Wachsmann – Allee 6, 03046 Cottbus, Deutschland

**Uwe Häfker** Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH, Knappenstraße 1, 01968 Senftenberg, Deutschland

**Michael Haubold-Rosar** Forschungsinstitut für Bergbaufolgelandschaften e. V. (FIB), Brauhausweg 2, 03238 Finsterwalde, Deutschland

**Waldemar Hofmann** Johann-Mantel-Straße 10, 03050 Cottbus, Deutschland

**Michael Illing** Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH, Knappenstraße 1, 01968 Senftenberg, Deutschland

**Andreas Kadler** Post-mining & brownfields consulting, Wollankstraße 131a, 13187 Berlin, Deutschland

**Rolf Katzenbach** Institut und Versuchsanstalt für Geotechnik, Technische Universität Darmstadt, Petersenstraße 13, 64287 Darmstadt, Deutschland

**Jürgen Keßler** BIUG Beratende Ingenieure für Umweltgeotechnik und Grundbau GmbH, Weisbachstraße 6, 09599 Freiberg, Deutschland

**Anita Kirmer** Abteilung Bernburg, Fachbereich 1, Hochschule Anhalt, Strenzfelder Allee 28, 06406 Bernburg, Deutschland

**Herbert Klapperich** TU Bergakademie Freiberg, Fakultät für Geowissenschaften, Geotechnik und Bergbau, Institut für Geotechnik, Gustav-Zeuner-Straße 1, 09596 Freiberg, Deutschland

**Dirk Knoche** Forschungsinstitut für Bergbaufolgelandschaften e. V. (FIB), Brauhausweg 2, 03238 Finsterwalde, Deutschland

**Manfred Kolba** Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH, Knappenstraße 1, 01968 Senftenberg, Deutschland

**Bernd Krüger** Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH, Knappenstraße 1, 01968 Senftenberg, Deutschland

**Rolf Kuhn** Internationale Bauausstellung (IBA) „Fürst-Pückler-Land“, Seestraße 84-86, 01983 Großräschen

**Mahmut Kuyumcu** Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH, Knappenstraße 1, 01968 Senftenberg, Deutschland

**Ingmar Landeck** Forschungsinstitut für Bergbaufolgelandschaften e. V. (FIB), Brauhausweg 2, 03238 Finsterwalde, Deutschland

**Antje Lorenz** Abteilung Bernburg, Fachbereich 1, Hochschule Anhalt, Strenzfelder Allee 28, 06406 Bernburg, Deutschland

**Ludwig Luckner** Dresdner Grundwasserforschungszentrum e. V., Meraner Str. 10, 01217 Dresden, Deutschland

**Holger Mansel** Ingenieurbüro für Grundwasser GmbH Leipzig, Nonnenstr. 9, 04229 Leipzig, Deutschland

**Jan Masnica** Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH, Knappenstraße 1, 01968 Senftenberg, Deutschland

**Hans-Dieter Meyer** Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH, Knappenstraße 1, 01968 Senftenberg, Deutschland

**Georg Morszeck** Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH, Knappenstraße 1, 01968 Senftenberg, Deutschland

**Claus Nitsche** Boden- und Grundwasserlabor GmbH, Tiergartenstr. 48, 01219 Dresden, Deutschland

**Thorsten Pietsch** Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH, Knappenstraße 1, 01968 Senftenberg, Deutschland

**Britta Radoi** Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH, Knappenstraße 1, 01968 Senftenberg, Deutschland

**Gunter Reichel** Gesellschaft für Montan- und Bautechnik mbH (GMB), Knappenstraße 1, 01968 Senftenberg, Deutschland

**Steffen Reußner** Bund-Länder-Geschäftsstelle für die Braunkohlesanierung, Karl-Liebknecht-Str. 33, 10178 Berlin, Deutschland

**Angela Rostalski** Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH, Knappenstraße 1, 01968 Senftenberg, Deutschland

**Michael Rüger** HPC Harres Pickel Consult AG, Am Stadtweg 8, 06217 Merseburg, Deutschland

**Frank Rümmler** Institut für Binnenfischerei e. V. Potsdam-Sacrow, Im Königswald 2, 14469 Potsdam, Deutschland

**Jörg Schlenstedt** Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH, Knappenstraße 1, 01968 Senftenberg, Deutschland

**Reinhardt Schmidt** Turnerstraße 6, 09599 Freiberg, Deutschland

**Michael Stärke** Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH, Knappenstraße 1, 01968 Senftenberg, Deutschland

**Michael Strzodka** Gesellschaft für Montan- und Bautechnik mbH (GMB), Knappenstraße 1, 01968 Senftenberg, Deutschland

**Anett Thomas** Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH, Knappenstraße 1, 01968 Senftenberg, Deutschland

**Sabine Tischew** Abteilung Bernburg, Fachbereich 1, Hochschule Anhalt, Strenzfelder Allee 28, 06406 Bernburg, Deutschland

**Wilfried Uhlmann** IWB, Institut für Wasser und Boden, Lungkwitzer Str. 12, 01259 Dresden, Deutschland

**Alfred Vogt** Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH, Knappenstraße 1, 01968 Senftenberg, Deutschland

**Anke Werner** Institut und Versuchsanstalt für Geotechnik, Technische Universität Darmstadt, Petersenstraße 13, 64287 Darmstadt, Deutschland

**Klaus-Otto Weymanns** Gemeinsame Landesplanung Berlin/Brandenburg, Ref. GL 4, Gulbener Straße 24, 03046 Cottbus, Deutschland

**Dietmar Wiedemann** Forschungsinstitut für Bergbaufolgelandschaften e. V. (FIB), Brauhausweg 2, 03238 Finsterwalde, Deutschland

---

## Abkürzungen

aaRdT	allgemein anerkannten Regeln der Technik
ABBergV	Allgemeine Bundesbergverordnung
ABG	Allgemeines Berggesetz
ABM	Arbeitsbeschaffungsmaßnahme
ABP	Abschlussbetriebsplan
ABS	Anhaltinische Braunkohle-Sanierungsgesellschaft mbH
AFB	Abraumförderbrücke
AFG	Arbeitsförderungsgesetz
AKW/BTEX	Aromatische Kohlenwasserstoffe/Benzol, Toluol, Ethylbenzol und Xylol
ALVF	Altlastverdachtsfläche
ArcGRM	GIS-basiertes Bewirtschaftungsmodell
ARGE	Arbeitsgemeinschaft
ASG	Altstadtsanierungsgesellschaft Spremberg
BAB	Bundesautobahn
BauGB	Baugesetzbuch
BBergG	Bundesberggesetz
BBodSchG	Bundes-Bodenschutzgesetz
BBodSchV	Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung
BFA	Braunkohlenfilterasche
BfA	Bundesversicherungsanstalt für Angestellte
BfN	Bundesamt für Naturschutz
BfT	Büro für Territorialplanung
BGG	bodenphysikalische Grundgesamtheit
BGR	Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe
Bhe	Behandlungseinheiten
BHT-Koks	Braunkohlenhochtemperatur-Koks
BIO	Bitterfelder Oberbanken
BIU	Bitterfelder Unterbanken
BKK	Braunkohlenkombinat
BKZ	Berechnungskennzahlen
BMA	Bundesministerien für Arbeit und Soziales
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BMF	Bundesministerium der Finanzen
BMG	Bundesministerium für Gesundheit
BMGB	Beteiligungs-Management-Gesellschaft Berlin mbH
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie
BNatSchG	Bundesnaturschutzgesetz
BTU	Brandenburgische Technische Universität Cottbus
BUL	Bergbausanierung und Landschaftsgestaltung Brandenburg GmbH, Bergbausanierung und Landschaftsgestaltung Sachsen GmbH
BVE	Braunkohlenveredlungswerk Espenhain
BVerwG	Bundesverwaltungsgericht
BVerwGE	Bundesverwaltungsgesetz, Entscheidungen des Bundesverwaltungsgerichtes
BVL	Braunkohlenveredlung Lauchhammer GmbH
CABERNET	Concerted Action on Brownfield and Economic Regeneration Network
CAU-Versuch	Verflüssigungsversuch, anisotrop konsolidiert, undräniert
CPUT	Drucksondierung
CSB	Chemischer Sauerstoffbedarf
DBU	Deutsche Bundesstiftung Umwelt
DDR	Deutsche Demokratische Republik
DEBRIV	Deutscher Braunkohlen-Industrie-Verein e. V.
DFG	Deutsche Forschungsgemeinschaft
DGFZ	Dresdner Grundwasserforschungszentrum e. V.
DIN	Deutsches Institut für Normung e. V.
DM	Deutsche Mark
DS	Drucksondierung
EBK	Erdbaukomplexe mit mobiler Technik
EFRE	Europäischer Fonds für regionale Entwicklung
EG	Europäische Gemeinschaft
ELC	Europäische Landschaftskonvention
ENA	Enhanced Natural Attenuation
EntflechtG	Entflechtungsgesetz
ESF	Europäischer Sozialfonds
ESPAG	Energiewerke Schwarze Pumpe AG
EU	Europäische Union
FFH-Gebiete	Flora, Fauna, Habitat Gebiete
FGV	Fallgewichtsverdichtung
FIB	Forschungsinstitut für Bergbaufolgelandschaften Finsterwalde e. V.
FKA	Feinkornanteil
FlurbG	Flurbereinigungsgesetz
FN	forstwirtschaftliche Nutzung
FZL	Flutungszentrale Lausitz
GA	Gemeinschaftsaufgabe
GGG	geologische Grundgesamtheit
GIS	Geographisches Informationssystem
GL	Gemeinsame Landesplanungsabteilung
GOF	Geländeoberfläche
GRW	Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der regionalen Wirtschaftsstruktur“

GVV	Gesellschaft zur Verwahrung und Verwertung von stillgelegten Bergwerksbetrieben mbH
GW	Grundwasser
GWGL	Grundwassergeringleiter
GWL	Grundwasserleiter
GWM	Grundwassermodellierung
GWS	Grundwasserspiegel
HHW	höchster Hochwasserstand
HIK	Horizontalinklinometer
HQ	Maximale Abflussmenge innerhalb eines Beobachtungszeitraumes
HW	Hochwasserüberflutung
HY	Hydrostatische Horizontal-Messrohre
IBA	Internationale Bauausstellung
ISCO	In-Situ-Chemische-Oxidation
KDB	Kunststoffdichtungsbahn
KDS	Radiometrische Kombinationsdrucksondierung
KrW -/AbfG	Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz
KUP	Kurzumtriebsplantagen
KZP	Kreiszylindrische Prüffläche
LABO	Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz
LAGA	Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Abfall
LAGB	Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt
LAUBAG	Lausitzer Braunkohle AG
LAWA	Bund/Länderarbeitsgemeinschaft Wasser
LBEG	Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie
LBGR	Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe
LBV	Lausitzer Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH
LIWAG	länderübergreifende interministerielle Wasserarbeitsgruppe
LMBV	Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH
LMEG	Lausitzer und Mitteldeutsche Immobilienentwicklungsgesellschaft mbH
LN	landwirtschaftliche Nutzung
LPIG LSA	Landesplanungsgesetz des Landes Sachsen-Anhalt
LRV	leichte Rüttelverdichtung
LTV	Landestalsperrenverwaltung
LUA	Landesumweltamt
mbKZ	materialbeschreibende Kennzahlen
MBS	Mitteldeutsche Braunkohle-Strukturfördergesellschaft mbH
MBV	Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH
MESZ	Mitteuropäische Sommerzeit
MEZ	Mitteuropäische Zeit
MGE	Modular GIS Environment
MHM	Montanhydrologisches Monitoring
MIBRAG	Mitteldeutsche Braunkohlengesellschaft mbH
MIL	Ministerium für Infrastruktur und Landwirtschaft
MKW	mineralische Kohlenwasserstoffe

---

MLB	Musterleistungsbeschreibungen
MLV	Musterleistungsverzeichnisse
MNA	Monitored Natural Attenuation
müNHN	Meter über Normalhöhennull
MP	Messpunkte
MPP	Makroporöse Polymere Systeme
MPPE	Makroporöse Polymere Extraktion
MRC-Verfahren	Müller Resonance Compaction Verfahren
NA	Natural attenuation
NAPL	Non aqueous phase liquid
NA-Prozesse	Natürliche Selbstreinigungseffekte
NHN	Normalhöhennull
NN	Normalnull
NNW	niedrigster Niedrigwasserstand
NW	Nordwest
PAK	Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe
PEHD	Polyethylen hoher Dichte
PlanzV	Planzeichenverordnung
PPP	Public-Private-Partnership
PWD	Porenwasserdruck
PWÜD	Porenwasserüberdruck
RC	Resonant – Column – Versuch
RDV	Rütteldruckverdichtung
RegBkPIG	Gesetz zur Regionalplanung und zur Braunkohlen- und Sanierungsplanung
REK	Regionales Entwicklungskonzept
RL	Restloch
ROG	Raumordnungsgesetz
RSB	Regionaler Sanierungsbeirat
RSV	Rüttelstopfverdichtung
S	Scherkraft
s	senkrecht
S	Speicher
SächsLPIG	Sächsisches Landesplanungsgesetz
SächsWG	Sächsisches Wassergesetz
SAM	Sanierungsmodule
SB	Speicherbecken
SBB	Säure-Base-Bilanz
SBP	Sonderbetriebsplan
SE	Standsicherheitseinschätzung
SF	Setzungsfließen
SfB	Sachverständiger für Böschungen
SfG	Sachverständiger für Geotechnik
SfTE	Sachverständiger für Tagebauentwässerung
SG	Schutzgraben
SGL	Sanierungsgesellschaft Lauchhammer mbH
SKE	Steinkohleneinheit
SKW	Schwerlastkraftwagen

SLKW	Schwerlastkraftwagen
SN	Standsicherheitsnachweis
SO	Südost
SP	Setzungspegel
SPV	Sprengverdichtung
SSP	Sanierungsgesellschaft Schwarze Pumpe mbH
STU	Standsicherheitsuntersuchung
StuBA	Steuerungs- und Budgetausschuss für die Braunkohlesanierung
SUP	Strategische Umweltprüfung
SVZ	Sekundärrohstoffverwertungszentrum
TA	Technische Anleitung
TAB	Teerabsetz- und Kohlenrubebecken
TB	Teilbecken
THA	Treuhandanstalt
TÖB	Träger öffentlicher Belange
TÖF	Teer-Öl-Feststoffe
TRL	Tagebaurestloch
TU BAF	Technische Universität Bergakademie Freiberg
UFZ	Umweltforschungszentrum Halle-Leipzig GmbH
UVP	Umweltverträglichkeitsprüfung
VA	Verwaltungsabkommen
VEB	Volkseigener Betrieb
VermG	Gesetz zur Regelung offener Vermögensfragen (Vermögensgesetz)
VG	vorgegebene Gleitfläche
VN	Grundwasserneubildung
VSG	Verband der Sanierungsgesellschaften Braunkohle/Chemie e. V.
VWV	Verdichtung mit Vibrationswalze
VwV-KStB	Verwaltungsvorschrift Kommunalen Straßen und Brückenbau
VZOG	Gesetz über die Feststellung der Zuordnung von ehemals volkseigenem Vermögen (Vermögenszuordnungsgesetz)
WBA	Wasserbehandlungsanlage
WGK	Wassergefährdungsklasse
WHG	Wasserhaushaltsgesetz
WRRL	Europäische Wasserrahmenrichtlinie
Wsp	Wasserspiegel
WTB	Wissenschaftlich-Technischer Beirat
WW	Wasserwerk
zbKZ	Zustand beschreibende Kennzahlen

#### **Sonstige Abkürzungen**

€	Euro
Abb.	Abbildung
Abs.	Absatz
Abschn.	Abschnitt

---

Bd.	Band
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
d. h.	das heißt
e. V.	eingeschriebener Verein
evtl.	eventuell
ff.	folgende
ggf.	gegebenenfalls
i. d. R.	in der Regel
i. S.	im Sinne
i. W.	im Wesentlichen
Kap.	Kapitel
Mio.	Millionen
Mrd.	Milliarde
o. ä.	oder ähnliches
o. g.	oben genannt
rd.	rund
s.	siehe
s. u.	siehe unten
sog.	so genannte
u. a.	unter anderem
u. U.	unter Umständen
vgl.	vergleiche
z. B.	zum Beispiel
z. T.	zum Teil

## Formelzeichenverzeichnis

(P-E)	klimatische Wasserbilanz des Sees (Niederschlag – Gewässerverdunstung)
$(\text{CO}_2)_{\text{GGW}}$	$\text{CO}_2$ -Konzentration im Gleichgewicht mit der Atmosphäre [mol/m <sup>3</sup> ]
$a$	materialspezifischer Gleichungskoeffizient
$a$	senkrechter Abstand zwischen resultierenden äußeren Wasserkräften A und dem Gleitkreismittelpunkt
$A$	resultierende äußere Wasserkräfte
$\text{Aci}_{\text{ox}}$	Acidität des Kippengrundwassers vollständig oxidiert
$\text{Aci}_{\text{See}}$	Acidität des Seewassers
$a_{\text{sicher}}$	Abstand zwischen Böschungsverbau und zu erwartender Abtragskante
$a_{\text{Sicherheitslinie}}$	Abstand der Sicherheitslinie von der Böschungsoberkante
$b$	Breite, Abstand
$b_{\text{erf}}$	erforderliche Breite
$c_{(\text{mod})}$	modifizierte Kohäsion
$c_e$	materialspezifischer Gleichungskoeffizient
$c_f$	materialspezifischer Gleichungskoeffizient
$c'_R$	wirksame Restkohäsion
$c'$	wirksame Kohäsion
$C_{\text{GWzu}}$	Stoffkonzentration in den Grundwasserzuflüssen
$C_{\text{OWzu}}$	Stoffkonzentration in den oberirdischen Zuflüssen
$C_{\text{See}}$	Stoffkonzentration im Seewasser
$c_u$	undränirierte Kohäsion
$d$	Einbindetiefe des Fundamentes
$d$	senkrechter Abstand zwischen einer Linienlast und dem Gleitkreismittelpunkt
$d$	Korndurchmesser
$dG$	Gewichtskraft des Elements
$d_m$	mittlerer Steindurchmesser
$d_m/R$	relative Bauwerkskrümmung
$d_n$	normierter Steindurchmesser
$dN$	Normalkraft am Element
$D$	externe Linienlast
$D_S$	Stärke der Deckschicht
$dT$	Schubkraft am Element
$dW_x$	Strömungskraft parallel zur Böschung

$dW_z$	Strömungskraft senkrecht zur Böschung
$E$	die horizontal zwischen den Lamellen wirkende Normalkraft
$e$	Euler'sche Zahl
$e$	Porenzahl
$E_a$	aktiver Erddruck
$e_c, e_d$	druckabhängige Grenzporozahlen
$E_r$	materialspezifischer Gleichungskoeffizient
$E_s$	Steifemodul
$F$	Fläche
$F_{CO_2}$	CO <sub>2</sub> -Konzentrationsänderung im Seewasser
$f_e$	Eigenfrequenz des Bodens
$f_s$	lokale Mantelreibung
$G$	Gewichtskraft
$H$	Wellenhöhe
$h_{\bar{u}}$	Mächtigkeit erdfeuchten Bereiches
$h_w$	Mächtigkeit des wassergesättigten Bereiches
$h'_R$	Schnittpunkt der Ausgleichsneigung mit der Böschungsneigung des Erdstoffs unter Wasser
$H_B$	Höhe der Ablagerung vor der Böschung
$h_{erdf. erf.}$	erforderliche erdfeuchte Überdeckung
$h_{erdf.}$	erdfeuchte Überdeckung
$h_K$	Höhe des Klifffußes über dem Wasserspiegel
$H_K$	Kippenhöhe
$H_m$	mittlere Wellenhöhe
$h_R$	Tiefe der Riffkrone unter dem Wasserspiegel
$H_S$	signifikante Wellenhöhe
$H_{WK}$	Wasserstand in der Kippe bei $x=7 H_K$
$H_{WR}$	Wasserstand vor der Kippenböschung (im Tagebaurestsee)
$I_D$	bezogene Lagerungsdichte
$I_P$	Plastizitätsindex
$i_v$	relatives volumenbezogenes Sackungsmaß
$k$	Austauschkoeffizient
$K_0$	Strukturbeiwert
$k_{App}$	spezifischer Applikationspreis
$k_f$	Durchlässigkeitsbeiwert
$K_{ges}$	Gesamtkosten für die Neutralisation
$k_{Roh}$	spezifischer Rohstoffpreis
$K_S$	Schluckvermögen
$k_{Tra}$	spezifischer Transportpreis
$L$	Länge
$l_{KR}$	Länge Klifffuß - Riffkrone
$l_S$	Strandlänge
$l_T$	Abstand der Riffkrone vom Klifffuß
$M$	Fallmasse
$m$	Neigungsverhältnis, allgemein
$m_0$	Neigung der Ausgangsböschung
$m_A$	Ausgleichsneigung
$\max e$	maximale Porenzahl
$\min e$	minimale Porenzahl
$m_S$	Strandneigung

$m_{SU}$	Unterwasserneigung
$m_{\phi}$	Neigung der Überwasserböschung
$m_{\phi'}$	Unterwassergrenzneigung
$N$	Gesamtnormalkraft an der Basis jeder Lamelle
$n$	Porenanteil
$n_0$	Porenanteil im spannungsfreien Zustand
$Q$	Am Bodenkeil wirkende Kräfte
$Q$	Durchflussmenge
$Q$	Ladungsmenge bei der Sprengverdichtung
$Q$	Summenladungsmengen
$q_c$	Spitzenwiderstand
$Q_{ENT}$	Wasserentnahmen aus dem See
$Q_{FL}$	Flutungswasser
$Q_{GWab}$	Grundwasserabstrom aus dem See
$Q_{GWzu}$	Grundwasserzustrom zum See
$Q_{OWab}$	Oberirdischer Abfluss aus dem See
$Q_{OWzu}$	Oberflächenwasserzufluss zum See
$R$	Radius für eine kreisförmige Gleitfläche oder der Momentenarm
$R$	Regressionskoeffizient
$R$	nicht volumenstromgebundene Stoffeinträge und –umsätze
$R$	Rastermaß
$r$	Abstand, Entfernung
$r_{krit}$	kritischer Radius
$R_{Atm}$	Stoffaustausch mit der Atmosphäre (z. B. Gasaustausch mit der Atmosphäre, atmosphärische Deposition)
$R_{Bio}$	Stoffumsätze durch biologische Prozesse (z. B. respiratorischer Abbau von organischem Kohlenstoff)
$R_{Bö}$	Stoffeintrag aus den Böschungen infolge Erosion (z. B. Niederschlags- und Wellenerosion)
$R_{Diff}$	Stoffaustausch des Gewässers mit den Sedimenten durch Diffusion
$R_{Kond}$	Stoffeintrag durch Maßnahmen der Wasserbehandlung (z. B. In-Lake-Neutralisation)
$R_f$	Reibungsverhältnis
$R_G$	Grenzrisiko
$R_R$	Restrisiko
$R_{Reak}$	Stoffumsätze durch heterogene chemische Reaktionen (z. B. Ausfällung von Eisen- und Aluminiumverbindungen)
$R_T$	tolerierbares verbleibendes Risiko
$R_{verm}$	vermeidbares Risiko
$R_{vorh}$	vorhandenes Risiko
$s$	Setzung
$s_{max}$	maximale Setzung
$S$	an der Basis jeder Lamelle mobilisierte Scherkraft
$S$	Sicherheitskoeffizient
$S_{erf}$	erforderlicher Sicherheitskoeffizient
$S_p$	lotrechte Komponente der Bruchlast
$S_r$	Sättigungsgrad
$t$	Deviatorspannung
$t$	Zeit

$t_E/T_m$	relative Belastungsdauer
$u$	Porenwasserdruck
$U$	Ungleichförmigkeit
$v_s$	Versickerungsgeschwindigkeit
$V$	Materialverlust
$V$	Wasserstands-Volumen-Kennlinie
$V_b$	Grundbruchsicherheit
$v_h$	horizontale Bewegungsgeschwindigkeit
$V_{\text{See}}$	Seevolumen
$v_v$	vertikale Bewegungsgeschwindigkeit
$w$	Wassergehalt
$W$	Gesamtgewicht einer Lamelle
$W$	Wasserdruck, Strömungskraft
$W_1, W_2$	Suspensionsdrücke resultierender Horizontalkräfte
$W_R$	Suspensionsdrücke je nach Fließrichtung
$x_r$	Rückgriffweite eines Setzungsfließens
$X$	vertikal zwischen den Lamellen wirkende Scherkraft
$z$	mittlere Durchmischungstiefe
$z$	Schichtdicke
$zul V$	zulässige lotrechte Komponente der angreifenden Lasten
$\beta_{Gr}$	Grenzneigung
$\eta$	Gesamtwirkungsgrad
$\eta$	Sicherheitsaufschlag
$\eta_1$	stofflicher Reinheitsgrad des Neutralisationsmittels
$\eta_2$	chemischer Wirkungsgrad des Neutralisationsmittels
$\phi_{(mod)}$	modifizierter Reibungswinkel
$\phi'$	wirksamer Reibungswinkel
$\phi'_R$	wirksamer Restreibungswinkel
$\phi_c$	kritischer Reibungswinkel
$\phi_u$	undrännierter Reibungswinkel
$\phi_{u,R}$	undrännierter Restreibungswinkel
$\lambda_m/H_m$	Wellensteilheit
$\sigma_{n-1}$	mittlerer Fehler
$\alpha$	Winkel zwischen Strossenrichtung und Streichen der Böschung
$\beta$	Böschungsneigung
$\varepsilon$	Deformation
$\varepsilon_v$	vertikale Deformation
$\gamma$	Wichte
$\gamma'$	Wichte unter Auftrieb
$\lambda$	Wellenlänge
$\rho$	Dichte
$\rho_d$	Trockendichte
$\rho_w$	Dichte des Wassers
$\sigma$	totale Spannung
$\sigma'$	wirksame Spannung

---

## Maßeinheiten und chemische Zeichen

°C	Grad Celsius (Temperatureinheit)
Ca	Calcium
cm	Zentimeter
CO <sub>2</sub>	Kohlendioxid
FeS <sub>2</sub>	Eisendisulfid (Pyrit)
ha	Hektar
ha/a	Hektar pro Jahr
kg	Kilogramm
km	Kilometer
km <sup>2</sup>	Quadratkilometer
km <sup>3</sup>	Kubikkilometer
l/s	Liter pro Sekunde
m	Meter
m <sup>2</sup>	Quadratmeter
m <sup>3</sup>	Kubikmeter
m <sup>3</sup> /a	Kubikmeter pro Jahr
m <sup>3</sup> /s	Kubikmeter pro Sekunde
Mg	Magnesium
mg/l	Milligramm pro Liter
mm	Millimeter
mmol/l	Millimol pro Liter
MW	Megawatt
N	Stickstoff
N <sub>Ä</sub> <sub>NM</sub>	theoretisches chemisches Neutralisationsäquivalent (kmol/t)
NaOH	Natriumhydroxid
NO <sub>x</sub>	Stickoxide
O <sub>2</sub>	Sauerstoff
SO <sub>2</sub>	Schwefeldioxid
t	Tonne
t/a	Tonne pro Jahr
t/d	Tonnen pro Tag

Carsten Drebenstedt, Mahmut Kuyumcu und  
Thorsten Pietsch

Mit der Einführung geben die Herausgeber dem Leser einen gestrafften Überblick zum Buchprojekt, um dessen Logik und Struktur zu erläutern. Wichtige Faktoren und Zusammenhänge werden vorgestellt.

Die Braunkohlesanierung in Deutschland blickt im Jahr 2013 auf einen besonderen Erfahrungsschatz der letzten 20 Jahre. Das Wort Braunkohlesanierung ist eine jüngere Neubildung. Sein Inhalt ist nicht selbsterklärend. Dennoch wurde es binnen dieser kurzen Zeit für viele Menschen zum Synonym für die „Neugestaltung ganzer Landschaften“, der „Heilung tiefer Wunden in der Natur“ sowie für die „wirtschaftliche und ökologische Umstrukturierung“ ehemaliger Braunkohlenbergbaureviere. Die Ergebnisse der Braunkohlesanierung finden inzwischen national und international Beachtung. Wie beim Bergbau der Abbau einer Lagerstätte, so ist auch die Braunkohlesanierung endlich. Mit dem Fort-

schritt der Arbeiten verändern sich die Aufgabeninhalte und Akteure.

In diesem Buch halten Vertreter aus der Lausitzer und Mitteldeutsche Verwaltungsgesellschaft mbH (LMBV) als Projektträger der Braunkohlesanierung, aus Behörden und Ministerien sowie von Planungsbüros und Hochschulen ihr einmaliges Expertenwissen fest. Praktiker und Studierende, die heute in vielen Ländern der Erde vor ähnlichen Aufgaben stehen, werden über den Stand der Technik und des Wissens der komplexen Sanierung von Bergbaufolgelandschaften informiert. Wie werden solche Großvorhaben geplant, genehmigt, organisiert und finanziert? Welche technischen Lösungen werden zur Beseitigung von Umweltschäden, zur Gewährleistung der Sicherheit, bei der Rekultivierung oder zur Wiederherstellung des Wasserhaushalts entwickelt und eingesetzt? Auf diese und andere Fragen der Sanierung gibt das Buch Antworten und unterstreicht die noch anstehenden Herausforderungen. Dabei werden theoretische Ansätze ebenso betrachtet, wie die praktischen Erfahrungen bei der Umsetzung und die erreichten Ergebnisse.

Was ist das Besondere an der Braunkohlesanierung im Lausitzer und Mitteldeutschen Revier?

Im Kap. 2 des vorliegenden Buches werden die Ursachen, Aufgaben und die Herausbildung der Braunkohlesanierung dargestellt, sowie die natürlichen und geologisch-bergmännischen Gegebenheiten im Sanierungsgebiet beschrieben.

---

C. Drebenstedt (✉)  
Fakultät für Geowissenschaften, Geotechnik und  
Bergbau, Institut für Bergbau und Spezialtiefbau,  
TU Bergakademie Freiberg, Gustav-Zeuner-Straße 1a,  
09596 Freiberg, Deutschland  
E-Mail: Carsten.Drebenstedt@mabb.tu-freiberg.de

M. Kuyumcu · T. Pietsch  
Lausitzer und Mitteldeutsche  
Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH,  
Knappenstraße 1,  
01968 Senftenberg, Deutschland  
E-Mail: mahmut.kuyumcu@lmbv.de

T. Pietsch  
E-Mail: thorsten.pietsch@lmbv.de

Die Braunkohlesanierung ist eines der größten Umweltprojekte Europas. Die vom stillgelegten Braunkohlenbergbau in Anspruch genommene Fläche beträgt ca. 1.000 km<sup>2</sup> und ist damit größer als das Territorium von Berlin.

Der Kohlenabbau in den dicht besiedelten Gebieten machte größere Städte wie Borna, Zwenkau, Senftenberg und Hoyerswerda zu Inseln in Mitten von Kippenflächen und Restlöchern mit steilen Böschungen.

Darüber hinaus wurde im Zuge der extensiven Steigerung der Braunkohlenförderung nach dem zweiten Weltkrieg im Osten Deutschlands mit den bergbaulichen Sumpfungmaßnahmen erheblich in den Gebietswasserhaushalt eingegriffen. Neben der Umverlegung von Flüssen und Bächen mit einer Länge von insgesamt ca. 230 km waren andere Auswirkungen nicht auf den ersten Blick sichtbar, aber dafür sehr großräumig und bis in Teufen von über 100 m reichend. Die Entwässerung der grundwasserführenden Deckgebirgsschichten bis hin zur Entspannung von Grundwasserleitern unter das tiefste abzubauen Kohlenflöz machte vor den Stadtgrenzen und Infrastrukturanlagen nicht Halt. Durch die bergbaulichen Sumpfungmaßnahmen wurde eine Gesamtfläche von ca. 3.880 km<sup>2</sup>, dies entspricht fast 1,1 % der Fläche Deutschlands, wesentlich beeinträchtigt. Es war ein Wasserdefizit von 12,7 Mrd. m<sup>3</sup> entstanden. Das entspricht einem Viertel des gesamten Bodensee-Volumens oder der Wassermenge, die die Spree in Berlin in einem Zeitraum von 28 Jahren führt.

Die Wiedernutzbarmachung der vom Bergbau in Anspruch genommenen Flächen war auch in der Deutschen Demokratischen Republik als die dritte und letzte Phase der Tätigkeiten nach der Exploration und der Rohstoffgewinnung Aufgabe des Bergbauunternehmens. Parallel zur laufenden Förderung der Tagebaue geplant und zeitnah vollzogen wurde sie allerdings nur bis Anfang der 70er Jahre des 20. Jahrhunderts. Danach, mit Zunahme der wirtschaftlichen Schwierigkeiten, wurde sie zugunsten der Produktion zunehmend vernachlässigt und vertagt. Es entstand ein sichtbares Defizit z. B. in Form kahler Kippenflächen, die auch als „Mondlandschaften“ bezeichnet wurden. Abbildung 1.1 gibt

einen Überblick über die Landinanspruchnahme und Wiedernutzbarmachung zum Stand 1993 im Lausitzer Braunkohlenrevier.

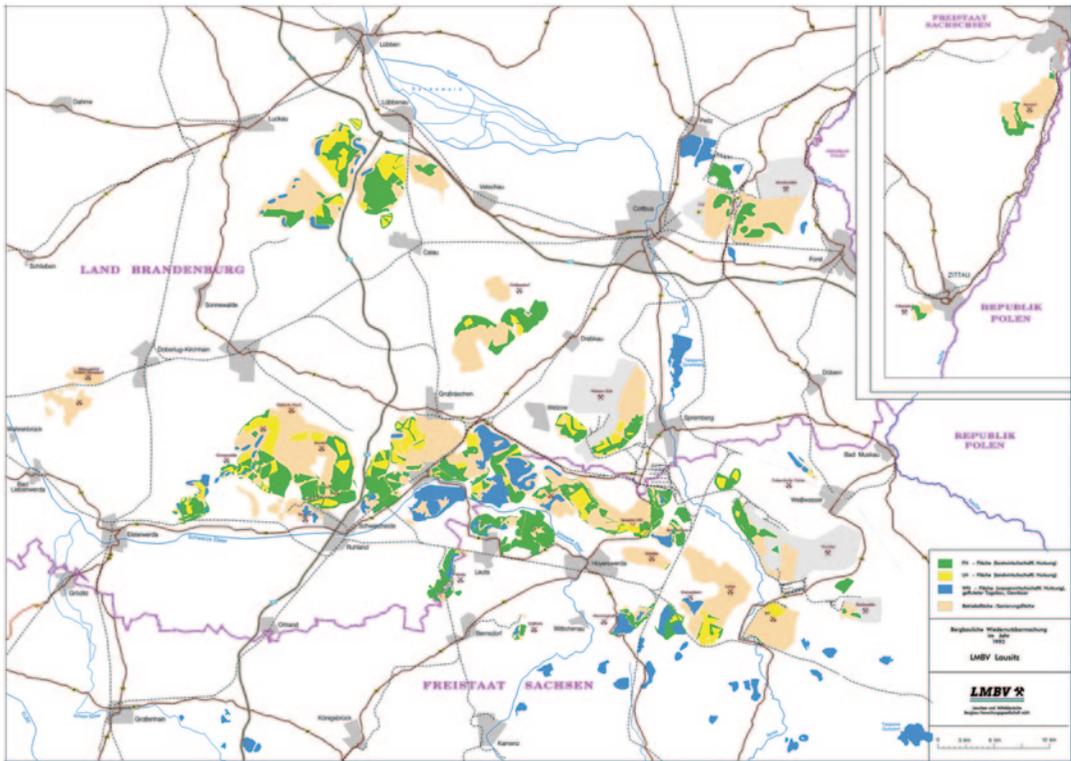
Als 1990 mit den gesellschaftlichen Veränderungen in Deutschland quasi „über Nacht“ 31 von den insgesamt 39 Großtagebauen in Ostdeutschland die Förderung einstellen mussten, war dies verglichen mit dem über vier Jahrzehnte andauernden, fast gleichmäßigen Rückgang der Produktion und der Anzahl von Bergwerken im Allgemeinen und im Steinkohlenbergbau Westdeutschlands im Besonderen, eine bisher beispiellose Zäsur.

Die unplanmäßigen Stilllegungen stellten die Bergleute vor neue, nie dagewesene Herausforderungen. Vorliegende Planungen waren dafür weitgehend unbrauchbar. Neue Konzepte waren aufzustellen.

Aufgrund der komplexen Zusammenhänge und Wechselwirkungen zwischen den mehr als 200 Restlöchern mit über 1.100 km Böschungslänge und der natürlichen Rückkehr des Grundwassers nach Einstellung der bergbaulichen Tagebauentwässerung stand nun die Aufgabe, die öffentliche Sicherheit rasch herzustellen, für die Menschen in den Revieren die Hinterlassenschaften des extensiven Braunkohlenbergbaus zu beseitigen und eine neue Zukunft zu gestalten.

Im Inhalt vielfältige und im Umfang enorme technische Herausforderungen waren zu bewältigen. Die vorhandenen Daten und Kenntnisse über die Lagerstätte, die Gewinnungs- und Verarbeitungsprozesse sowie über die kaum vollzogenen Stilllegungsprozesse mussten neu sortiert und das vorhandene ingenieurtechnische Wissen rasch durch praxisbezogene wissenschaftliche Forschungsprojekte ergänzt und vervollkommen werden.

Die Finanzierung der genannten Aufgaben erfolgte mit öffentlichen Mitteln des Bundes und der Braunkohlenländer Brandenburg, Freistaat Sachsen, Sachsen-Anhalt und Freistaat Thüringen. Insbesondere vom Anfang bis zur Mitte der neunziger Jahre des 20. Jahrhunderts hatten die Maßnahmen der Braunkohlesanierung eine hohe arbeitsmarkt- und beschäftigungspolitische Wirkung. Die finanziellen, technischen und organi-



**Abb. 1.1** Bergbauliche Wiedernutzbarmachung im Jahr 1993 im Lausitzer Braunkohlenrevier, LMBV (Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH, 1993, siehe auch Klappkarte im Anhang)

satorischen Fragestellungen der Braunkohlesanierung werden in Kap. 3 ausführlich erläutert.

Die Administration und Organisation der Braunkohlesanierung berücksichtigten von Anfang an die außerordentliche Komplexität und Größenordnung dieses Vorhabens sowie die Bedingungen, die an den zweckentsprechenden, wirtschaftlichen und sparsamen Einsatz öffentlicher Finanzmittel gestellt werden. Gesteuert und überwacht wird dieses einzigartige Großprojekt unter der Projekträgerschaft der LMBV vom Steuerungs- und Budgetausschuss der Braunkohlesanierung, einem Bund-Braunkohlenländer-Gremium, das sich aus Vertretern der jeweiligen Ministerien für Finanzen, Umwelt, Wirtschaft und Arbeit zusammensetzt.

Eine Vielzahl von Kommunen, zuständigen Behörden mit den Berg- und Umweltbehörden an der Spitze, sowie Regionalplanungsstellen, Hochschulen, Forschungseinrichtungen, Ingenieurbüros und Sanierungsgesellschaften wirken

auf verschiedenen Ebenen mit und tragen erheblich zum Gelingen dieses großen Gemeinschaftswerkes bei.

Kapitel 4 widmet sich der langzeitsicheren Gestaltung der Tagebau- und Kippenflächen. Dafür waren z. B. Massenbewegungen mit einem Gesamtvolumen von 1,7 Mrd. m<sup>3</sup> erforderlich. Die notwendigen Verdichtungsleistungen zur Stabilisierung von gekippten Böden hatten ein Gesamtvolumen von ca. 1,1 Mrd. m<sup>3</sup>. Mit diesen Maßnahmen wurde teilweise auch wissenschaftliches und technisches Neuland betreten. Durch eine enge Zusammenarbeit mit Forschungseinrichtungen, Universitäten und Unternehmen waren eine zeitnahe Umsetzung aber auch ständige Weiterentwicklung der Technologien, Untersuchungsmethoden und Nachweisführungen zu sichern.

Nachdem durch die genannten Sanierungsmaßnahmen die notwendigen Voraussetzungen hergestellt wurden, konnten die einzelnen Tage-

baurestlöcher geflutet werden. Mehr als 50 größere künstliche Seen werden für verschiedene Nutzungen von Menschenhand geschaffen. Die zielsichere Steuerung der Flutungsprozesse stellt insbesondere für die Lausitz mit den nur wenig Wasser führenden Flüssen Spree, Schwarze Elster und der Lausitzer Neiße als Grenzfluss zur Republik Polen hohe planerische, technische und administrative Anforderungen, die in Kap. 5 näher betrachtet werden.

Ein einzigartiges computergestütztes Großraumsteuerungsmodell wurde dafür entwickelt. Es ermittelt aus Hunderten von Messdaten und Grenzwertvorgaben Steuervorschläge für das komplexe Flutungsanlagenetz, um die Flutungswassermengen zu maximieren, ohne die Natur und andere Wassernutzer unzulässig zu beeinträchtigen. Damit wird auf einfache Art für die nachhaltige Entwicklung der Wasserqualität in den Tagebauseen gesorgt. Allerdings müssen in zahlreichen Seen zusätzliche Wasserbehandlungsmaßnahmen zur Neutralisation des sauren Wassers umgesetzt werden. Die Sicherstellung einer akzeptablen Gewässergüteentwicklung durch gezielte, effiziente Nachsorge in den Tagebaurestlöchern bleibt dabei noch längerfristig eine Herausforderung mit wissenschaftlichem Innovationsbedarf.

Eine weitere besondere Herausforderung besteht darin, Gefahren, die mit dem Wiederanstieg des Grundwassers auf sein vorbergbauliches Niveau verbunden sein können, zu begegnen. Denn im Zuge der großräumigen Absenkung des Grundwassers wurden zahlreiche Areale mit grundwassernahen Flurabständen trockengelegt und in der Folgezeit mit mehreren tausend, meist Wohngebäuden bebaut, ohne oder ohne hinreichende Berücksichtigung des späteren Grundwasserwiederanstiegs. Dabei sind vielfältige Maßnahmen zur Abwehr von Vernässungsproblemen zu planen und umzusetzen, von der Reaktivierung alter Geländeentwässerungssysteme, der Verfüllung von Gebäudekellern bzw. Hausanhebungen bis zur lokal begrenzten dauerhaften Absenkung des Grundwassers.

Eine weitere technische Herausforderung wird im Kap. 6 behandelt, die Verwahrung untertägiger Grubenbaue. Die Streckensysteme für die

Entwässerung und Kohlenförderung haben eine Gesamtlänge von fast 400 km. Insgesamt wurden mehr als 1,6 Mio. m<sup>3</sup> Hohlraum erkundet und langzeitsicher verwahrt. Die Sicherung von Entwässerungsbrunnen ist ebenfalls eine nicht zu unterschätzende Aufgabe.

Die effiziente Sanierung von ökologischen Altlasten in Form von großräumigen Abfallablagerungen oder Schadstoffkontaminationen des Bodens und des Grundwassers, die vornehmlich auf oder in der Nähe von zahlreichen Standorten der Braunkohlenveredlung wie Kokereien, Schwelereien, Gaswerken, Brikettfabriken und Kraftwerken anzutreffen waren, ist Gegenstand von Kap. 7. Hier werden auch der Abriss von Gebäuden und Anlagen und der Umgang mit Brachflächen behandelt.

Nach endgültiger Herstellung der Oberfläche von Kippen, Tagebauen, Brachflächen und über Tiefbau, sowie deren Sicherung, Dekontamination und Reliefgestaltung, erfolgt deren Rekultivierung. Diese abschließenden Maßnahmen werden im Kap. 8 beschrieben.

Die Rekultivierung großräumiger insgesamt mehrere hundert Quadratkilometer umfassender Kippenflächen mit extrem nährstoffarmen und sauren Substraten erfolgte vorrangig für eine forstwirtschaftliche Nutzung. Die dafür notwendigen Voraussetzungen mussten zunächst ermittelt und dann mit mehrjährigen Bodenverbesserungsmaßnahmen hergestellt werden. Bei der Pflege und Bewirtschaftung der Forstkulturen bis zum gesicherten Bestand wurden mit wissenschaftlicher Begleitung wertvolle Erfahrungen gesammelt, die bei der Rekultivierung von Bergbauflächen angewendet werden können.

Ziel bei der erfolgreichen Bewältigung dieser zahlreichen technischen Herausforderungen ist es, aus den großräumig bergbaulich beanspruchten Flächen neue, attraktive Landschaften zu gestalten, die durch ihre Vielfalt und Ausdehnung den Menschen in den Revieren eine nachhaltig neue Zukunft ermöglichen.

Mit dem Fortschritt der Braunkohlesanierung werden die wieder nutzbar gemachten Flächen zielgerichtet verwertet, um die zuvor monostrukturierten Bergbaureviere wirtschaftlich zu revitalisieren. Zahlreiche Investitionen der Wirt-