

Integration neuer Methoden in die Erkundung von Braunkohlenlagerstätten

Sandy Knopke

Mitteldeutsche Braunkohlengesellschaft mbH

ZUSAMMENFASSUNG:

Die Erkundung auf den Rohstoff Braunkohle hat in Mitteldeutschland eine lange Tradition. Auch heute noch werden Lagerstätteninformationen im Rahmen großer Bohrkampagnen erhoben. Auf Grundlage von Lagerstättenmodellen werden groß angelegte Erkundungsprojekte geplant, die heute vorrangig Aussagen zur Kohlenqualität liefern sollen sowie eine Vervollständigung und Überprüfung der Datenlage darstellen.

Langjährig entwickelte Methoden zur Erkundung von Braunkohlenlagerstätten, die zuletzt 1985 in der „Erkundungsmethodik Braunkohle“ zusammengetragen wurden, behalten in ihren Grundsätzen nach wie vor Gültigkeit. Mit betriebseigenen Anpassungen und Weiterentwicklungen wurden in den beiden mitteldeutschen Großtagebauen der MIBRAG in den letzten 10 Jahren zwei Erkundungskampagnen für geplante Abbaufelder projektiert und realisiert.

Insbesondere bei Erfassung, Verwaltung und Weiterverwendung der Explorationsdaten stehen heute digitale Möglichkeiten zur Verfügung, die den Gesamtprozess der Erkundung effizienter gestalten und neue Möglichkeiten schaffen. Vorgestellt wird ein komplexes geotechnisches Bohrinformationssystem, das bei MIBRAG zur Erfassung und Weiterverarbeitung von Erkundungsdaten zum Einsatz kommt. Letztlich bildet das System, insofern auch Altdaten nachgespeichert werden, ein modernes digitales Lagerstättenarchiv.

ABSTRACT:

The exploration for the raw material brown coal has a long tradition in central Germany. Even today, deposit information is collected as part of large drilling campaigns. On the basis of deposit models, large-scale exploration projects are planned, which today are primarily intended to provide statements on the quality of coal and represent a completion and review of the data situation.

Long-established methods for exploring lignite deposits, which were last compiled in the "Brown coal exploratory methodology" in 1985, remain valid in their principles. With in-house adjustments and further developments, two exploration campaigns for projected

mining fields were planned and implemented in the two central German large-scale open-cast mines of MIBRAG in the last 10 years.

In particular, in the acquisition, management and usage of exploration data digital capabilities are now available that make the overall exploration process more efficient and create new opportunities. A complex geotechnical drilling information system will be presented, which is used by MIBRAG for the acquisition and further processing of exploration data. Ultimately, as long as legacy data is re-stored, the system forms a modern deposit archive.

1 Einleitung

Die Braunkohlenindustrie hat in Mitteldeutschland eine lange Tradition, denn Kohle wird bereits seit dem 19. Jahrhundert industriell abgebaut und verwertet.¹ Zu Beginn des vergangenen Jahrhunderts war Mitteldeutschland das Zentrum der Braunkohlengewinnung und -veredlung in Deutschland, was sich durch den Aufschluss erster Großtagebaue und der Inbetriebnahme von Großkraftwerken äußerte.² Eine entsprechend lange Tradition hat auch die Erkundung des Rohstoffs. Die ersten Bohraufschlüsse, deren Informationen heute noch in regionalgeologischen Modellen Verwendung finden, datieren auf Anfang bis Mitte des 19. Jahrhunderts. Einhergehend mit der schwankenden Wirtschaftslage des Braunkohlenindustriezweiges sind Erkundungsmaßnahmen unterschiedlichen Umfangs durchgeführt worden.

Derzeit wird Braunkohle im mitteldeutschen Revier in den Großtagebauen Profen und Vereinigtes Schleenhain (betrieben durch die Mitteldeutsche Braunkohlengesellschaft mbH (MIBRAG)) sowie im Tagebau Amsdorf bei Halle (betrieben durch die Romonta GmbH) abgebaut. In den beiden Tagebauen Profen und Vereinigtes Schleenhain (Abb. 1) werden momentan die Abbaufelder Domsen und Peres neu aufgeschlossen. Aufgrund der ursprünglich früher geplanten Gewinnung der Kohle weisen diese Abbaufelder einen guten Erkundungsgrad auf. Um den Anforderungen interner und externer Kohleabnehmer nachzukommen und zunehmend schärferen Umweltauflagen bei Veredlung und Verstromung der Braunkohle zu entsprechen, sind zusätzliche Informationen, insbesondere zur Kohlenqualität, erforderlich. In den letzten 10 Jahren sind vom Bergbaubetreiber MIBRAG zwei große Bohrkampagnen im Umfang von jeweils über 300 Bohrungen zur Erkundung der Felder Peres und Domsen durchgeführt worden.

Wie in anderen Bereichen der Gesellschaft halten auch im Bergbau die ständig fortschreitende Technisierung und Digitalisierung Einzug. Für den Sektor der Erkundung stehen sowohl bei Planung und Realisierung als auch im Besonderen bei der Auswertung neue Möglichkeiten zur Verfügung. Im vorliegenden Beitrag soll der Prozess der Vorfeldlagerstättenerkundung von der Projektierung bis zur Auswertung nach aktuellen Erfordernissen und dem heutigen Stand der Technik am Beispiel MIBRAG näher beleuchtet werden. Weiterhin wird ein Ausblick dazu gegeben, in welchen Bereichen der Erkundung von Braunkohlenlagerstätten in nächster Zeit aktuelle Forschungsergebnisse in die Praxis umgesetzt werden sollten, um aktuellen Bedarfen gerecht zu werden.

¹ Vgl. Debriv 1935

² Vgl. Debriv 2010

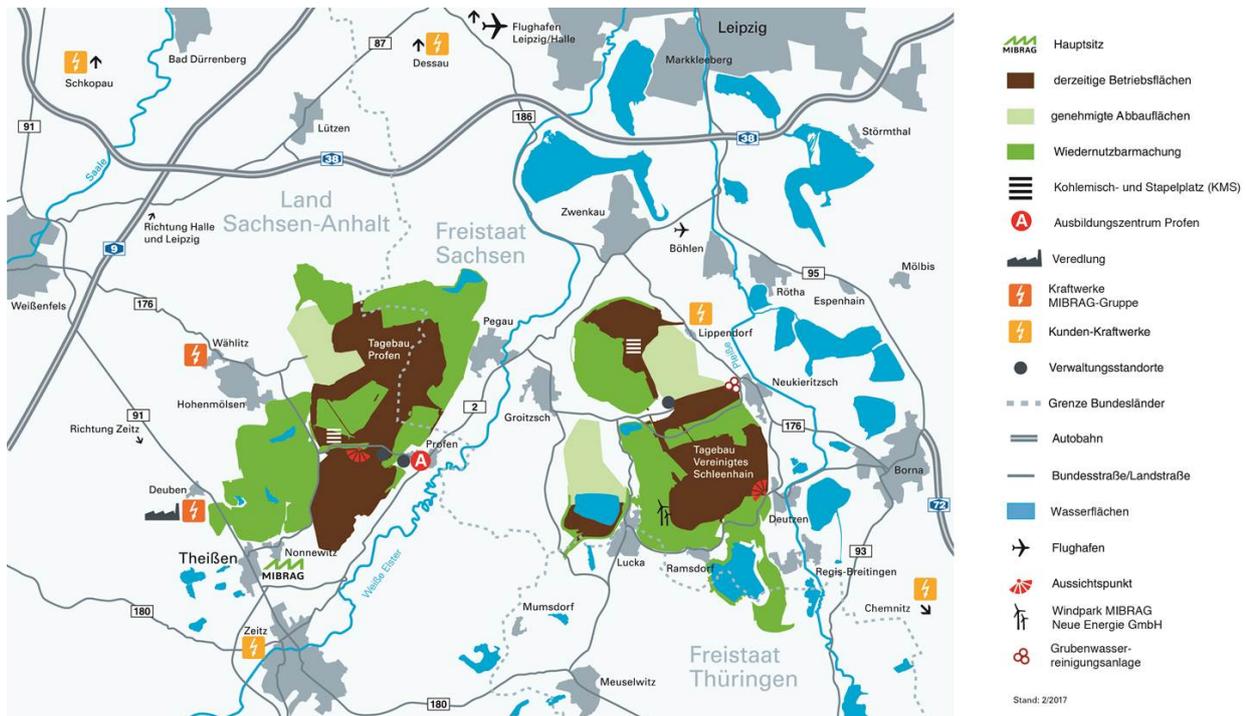


Abb. 1: Betriebsstätten der Mitteldeutschen Braunkohlegesellschaft mbH (Quelle: MIBRAG mbH 2019)

2 Die Braunkohlenlagerstätten in Mitteldeutschland

2.1 Geologie

Die Tagebaue Profen und Vereinigtes Schleenhain liegen regionalgeologisch in der Leipziger Tieflandsbucht. Die braunkohlenführenden Tertiärschichten werden geologisch im Liegenden durch das Prätertiär (Festgestein) und im Hangenden durch das Quartär (Lockergestein) begrenzt und in seiner Ausdehnung und Ausbildung beeinflusst. Die Bildung der Lagerstätte ist auf epirogene sowie subrosive Vorgänge im Untergrund zurückzuführen. Die Lagerungsverhältnisse sind geprägt durch Auslaugungsprozesse im prätertiären Werraanhydrit im Zusammenspiel mit tertiärer und quartärer Sedimentation und Erosion.

Die primäre und bis zu 150 m mächtige Tertiärsedimentzusammensetzung in Form von unverfestigten Lockergesteinen setzt sich zusammen aus marinen Fein- und Mittelsanden, küsten- und strandnahen brackisch bis lagunären Feinsanden, Schluffen und Tonen sowie Flusssanden und Kiesen mit eingeschobenen Tonen aus Altwasserarmen und Rückstaubildungen sowie den zwischengeschalteten moorfaziellen Braunkohlen. Diese tertiären Sedimentationsprozesse führten im Mitteleozän bis Unteroligozän zur Bildung von bis zu 3 Hauptkohleflözen und ihrer bindigen Begleithorizonte. Dazu zählen das Sächsisch-Thüringische Unterflöz (Flöz 1), das Hauptflöz (Flöz 23), welches sich mitunter in das Bornauer Hauptflöz (Flöz 23U) und das Thüringer Hauptflöz (Flöz 23O) teilt sowie das Böhlener Oberflöz (Flöz 4).³

³ Vgl. Standke et al. (2010), S. 21 ff.

Das Flöz 1 ist über weite Strecken durchgehend verbreitet, weist jedoch besonders im Norden der Tagebaue auch größere flözleere Bereiche auf. In seiner Normalausbildung erreicht es Mächtigkeiten von 1 m bis 10 m, in zentralen Kessellagen bis zu 70 m (bereits ausgekohlt). In Kessel- und Muldenbereichen spaltet das Flöz 1 unter Einschaltung eines meist bindigen Mittels in eine Flözoberbank (1O) und eine Flözunterbank (1U) auf. Lokal wird das Flöz 1U nochmals durch ein geringmächtiges und toniges bis schluffiges Zwischenmittel in das Flöz 1U1 und Flöz 1U2 getrennt. Das ursprünglich abgelagerte Flöz 23 wurde in Teilen der Lagerstätte durch Rinnsedimente oder Elster-Hauptterrassenschotter teilweise abgetragen. Dadurch ergeben sich für das Flöz 23 größere zusammenhängende flözleere Bereiche. Die durchschnittliche Mächtigkeit beträgt ca. 8 m und kann in Kessellagen auf bis zu 20 m ansteigen. Mollisol-Diapirbildungen glazigen Ursprungs sind typisch für das Hangende des Flözes in glazigen beeinflussten Bereichen. Hierbei bildet das Flöz 23 kleinräumig auf wenigen Metern domartige Aufwölbungen und einen unregelmäßig ausgebildeten Hangendgrenzbereich. Die durch die Abbaufelder Süd/D1 und Domsen NW-SO streichende Abspaltungslinie „Rusendorfer Gabel“ spaltet das in Kessellagen über 20 m mächtige Flöz 23 in die sehr geringmächtige Unterbank Flöz 23U und die Oberbank Flöz 23O. Das Flöz 4, welches schon primär nicht durchgehend verbreitet war, blieb nur in den postgenetischen Subrosionsstrukturen von der Erosion verschont. Es erreicht Mächtigkeiten von max. 4 m und teilt sich lokal durch eine oder mehrere Zwischenmittelbildungen in das Flöz 4U und das Flöz 4O bzw. teilweise noch weiter auf. Die Flöz 4 - Verbreitung ist lokal auf die Kesselbereiche beschränkt.⁴

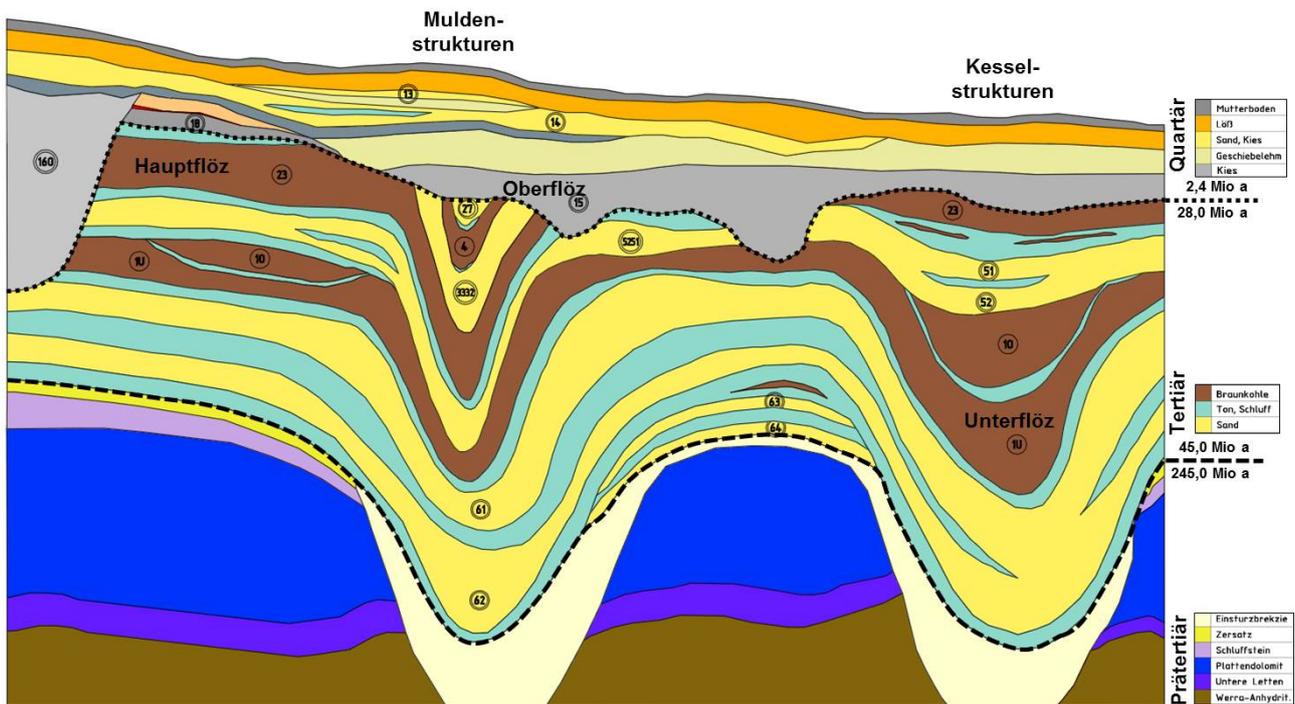


Abb. 2: Normalprofil Abbaufeld Schwerzau (Quelle: MIBRAG mbH 2019)

Aufgrund der Besonderheit der Kessel- und Muldenstrukturen sowie großflächigen Erosionen und Diapirbildungen ändern sich auf engem Raum (weniger als 100 m) die Mächtigkeiten der Flöze von 0

⁴ Vgl. Standke et al. (2010), S. 21 ff.; Vgl. Bachmann et al. (2008), S. 279 ff.

m bis über 50 m (Abb. 2). Entsprechend variieren das Einfallen der Schichten und die kohlenqualitativen Eigenschaften der Flöze stark, was Einfluss auf Erkundung, Planung und Produktion hat.

2.2 Erkundungsgrad

Die mitteldeutschen Lagerstätten wurden vor der politischen Wende 1989/90 nach der Erkundungsmethodik Braunkohle (in letzter Ausgabe von 1985) erkundet. "Die Zielstellung dieser Methodik besteht darin, eine komplexe Erkundung auf Braunkohle, Grundwasser und Begleitrohstoffe zu sichern und rechtzeitig die erforderlichen Lagerstätten- und Rohstoffdaten etappenweise für die langfristige Planung, für die Vorbereitung der Gewinnung und Verarbeitung und für den optimalen und geotechnisch sicheren Betrieb der Tagebaue bereitzustellen..."⁵

Die Erkundungsmethodik stellt ein komplexes Kompendium zur Exploration von Braunkohlenlagerstätten dar. Es werden sowohl methodische Grundsätze (z.B. eine Einteilung in aufsteigende Erkundungsstadien) beschrieben, Anleitungen zur Erkundungsprojektierung und Vorgaben zur Organisation der Feldarbeiten gegeben sowie Vorschriften zur Bohrdokumentation bis hin zu einer überregional gültigen Stratifizierung definiert. Die Braunkohlenlagerstätten auf ehemaligem DDR-Gebiet wurden nach dieser Handlungsanweisung untersucht, sodass die schon damals für den Abbau vorgesehenen Felder einen sehr guten Erkundungsstand nach einheitlichem Standard aufweisen.



Abb. 3: Übersicht Tagebaue Profen (links) und Vereinigtes Schleenhain (rechts) (Quelle: MIBRAG mbH 2018)

Für die derzeit im Aufschluss befindlichen Abbaufelder der MIBRAG trifft dies vollumfänglich zu. Sowohl das Abbaufeld Domsen des Tagebaus Profen als auch das Abbaufeld Peres im Tagebau Vereinigtes Schleenhain (Abb. 3) waren ursprünglich als eigene Tagebaue in Betrieb oder in Betriebsvorbereitung. Entsprechend waren die Detailerkundungen als finale Explorationsetappe vor der

⁵ Erkundungsmethodik (1985), S. 0/0

abbaubegleitenden betrieblichen Erkundung abgeschlossen. Bei den hiesigen Lagerstättenstrukturen entspricht das Bohrlochabständen kleiner 200 m für geologische und auch kohlenqualitative Untersuchungsauflüsse. Bodenmechanische und hydrologische Auflösungen sind in größeren aber auch flächendeckenden Abständen vorhanden.

3 Erkundungsplanung

3.1 Konzeption

Aufgrund der langjährig eingeflossenen Erfahrung, der hohen praktischen Bedeutung sowie der Tatsache, dass bisher keine Neuauflage oder Neufassung publiziert worden ist, wird die Erkundungsmethodik in mehr oder weniger abgewandelter Form von den Betrieben weiterverwendet. Insbesondere die methodischen Ansätze behalten ihre Gültigkeit.

In Vorbereitung der Projektierung empfiehlt es sich, eine Kenntnisstandsanalyse anzufertigen, die neben der Erarbeitung eines Lagerstättenmodell (insofern dies nicht unabhängig einer Kenntnisstandsanalyse erfolgt ist) die "Ermittlung, Beschaffung, thematische Aufbereitung und Bewertung sämtlicher für ein konkret fixiertes Gebiet vorliegender geowissenschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsergebnisse sowie die Erfassung der für die zukünftige Erkundung wichtigen bergbaulichen, territorialen, infrastrukturellen, wasserwirtschaftlichen oder sonstigen Bedingungen und Restriktionen"⁶ umfasst. Abhängig von den Lagerstättenverhältnissen des Deckgebirges, der Flöze, den hydrologischen und ingenieurgeologischen Verhältnissen sowie der tektonischen und atektonischen Beeinflussung werden die Lagerstätten bzw. ihre Flöze in verschiedene Lagerstätten- und Flöztypen eingeteilt. Daraus ergeben sich für die Kohlenfelder jeweils in Abhängigkeit der aktuellen Entscheidungsetappe der Bergbaubetreiber Vorgaben für die Erkundungskonzeption als ersten Schritt der Projektierung. Neben der grundsätzlichen Planung eines Bohrnetzes i.A. der vorhandenen geologischen Strukturen und des bisherigen Kenntnisstandes müssen Festlegungen zum Bohrverfahren, zu geophysikalischen Bohrlochmessungen und Ausbaukontrollen, den feldgeologischen Arbeiten, den Untersuchungen zur Bemusterung des Rohstoffes Braunkohle sowie der potentiellen Begleitrohstoffe, der hydrogeologischen Erkundung sowie der Errichtung von Grundwasserdynamik- und -gütemessstellen, der Entnahme von Sedimentproben zur Bestimmung geohydraulischer Kennwerte sowie ingenieurgeologische Untersuchungen an geotechnisch relevanten Schichten getroffen werden.

Methodik und Umfang der Lagerstätten erkundung sind neben der Komplexität der Lagerstätte abhängig von den im Bergbaubetrieb eingesetzten Gewinnungsgeräten. Je flexibler die Technik auf lagerstättenbedingte Schwankungen reagieren kann und eine selektive Gewinnung verschiedener Bereiche, wie z.B. schwankende Kohlenqualitäten im vertikalen Flözaufbau, ermöglicht, umso geringer sind die Anforderungen an die Genauigkeit der Lagerstättenmodelle. Ein Großtagebau mit nur bedingt variablen Strosseneinteilungen und in Maßen veränderlichen Betriebspunkten der Großgeräte erfordert entsprechend eine detaillierte geologische Vorerkundung.⁷ Besonders diffizil

⁶ Erkundungsmethodik (1985), S. 2/1

⁷ Vgl. Stoll u.a. (2009), S. 77.

sind die brennstoffspezifischen Parameter der Kohle. Dies betrifft zum einen die in den letzten Jahren verschärften Grenzwerte zum Schadstoffausstoß für Kraftwerke. Spielte beispielsweise das Spurenelement Quecksilber im Rauchgas der Kraftwerke vor einigen Jahren eine untergeordnete Rolle, wird heute mitunter der Abbau der Kohle homogenisierend und unter Beachtung von Grenzwerten in der Kohle gesteuert. Gleiches gilt für eine Vielzahl weiterer Parameter wie Wassergehalt, Schwefelgehalt oder dem Anteil an Eisenoxiden, die neben den abrechnungsrelevanten Hauptparametern wie Heizwert oder Aschegehalt eingehalten werden müssen. Zum anderen sind die Kohlenqualitäten mitunter starken horizontalen und vertikalen Schwankungen ausgesetzt, die beim Abbau ebenfalls beachtet werden müssen. Eine sehr genaue Kenntnis der Kohlenqualitätsparameter der Lagerstätten ist daher unerlässlich.

3.2 Projektierung

Für die neu aufzuschließenden Abbaufelder der MIBRAG ergab sich aus vorgenannten Gründen die Notwendigkeit, trotz gutem Erkundungsgrad zusätzlich flächendeckend nachzuerkunden. In beiden Fällen wurden Kenntnisstandsanalysen und Erkundungsprojekte aufbauend auf den Ergebnissen vorangegangener Erkundungsetappen und komplexen dreidimensionalen Lagerstättenmodellen zu Geometrie, Kohlenqualitäten oder Hydrologie erstellt.⁸ Der Schwerpunkt lag auf dem Nachweis von B-Vorräten des Rohstoffes Braunkohle. Für die Abbaufelder Peres und auch Domsen ergab die Projektierung ein Raster mit durchschnittlich 200 m Bohrlochabstand für geologische Erkundungsbohrungen und Kohlenqualitätsbohrungen (Abb. 4).⁹ Die Ansatzpunkte wurden auf die Erkundungsziele der Hydrogeologie, Begleitrohstoffe und Ingenieurgeologie optimiert. Darüber hinaus wurden an ausgewählten Bohrungen pollenanalytische Untersuchungen an Braunkohleproben und kohligem Nebengestein zur Bestätigung der Stratifizierung tertiärer Sedimente geplant, ein bodengeologisches Untersuchungsprogramm zur Klärung des Kulturwertes der Abraumsstrate sowie Fragestellungen zum Kippenversauerungspotential der Abraumschichten angesetzt.

Die Bohrendteufen lagen bei allen Bohrstandorten mindestens an der Basis des Hauptgrundwasserleiters 6 unter dem tiefsten abbauwürdigen Flöz. Der überwiegende Teil der Bohrungen (Erkundungsbohrungen auf den Rohstoff Braunkohle) wurde als Spülvollkernbohrungen projektiert, wobei zusätzlich besondere Anforderungen, wie das Bohren in der Kohle mit Klarwasser als Spülungsmedium, Verpacken der Kerne in Kunststoffolie oder das Schälen der Kohlekerne) gestellt wurden. Lediglich bei Bohrungen, in denen der Einsatz der Bohrspülung die Beschaffenheit des Bohrkernes beeinträchtigt, wie bei ingenieurgeologischen oder teilweise begleitrohstofflichen Zielstellungen bzw. für Grundwasserbeschaffenheitsmessstellen oder auch das Bohren in Kippbereichen, wurde das Trockenbohrverfahren angesetzt.

⁸ Vgl. Wolf (2007).; Vgl. Wolf (2008a).

⁹ Vgl. Wolf (2008b).; Vgl. Wolf (2009).

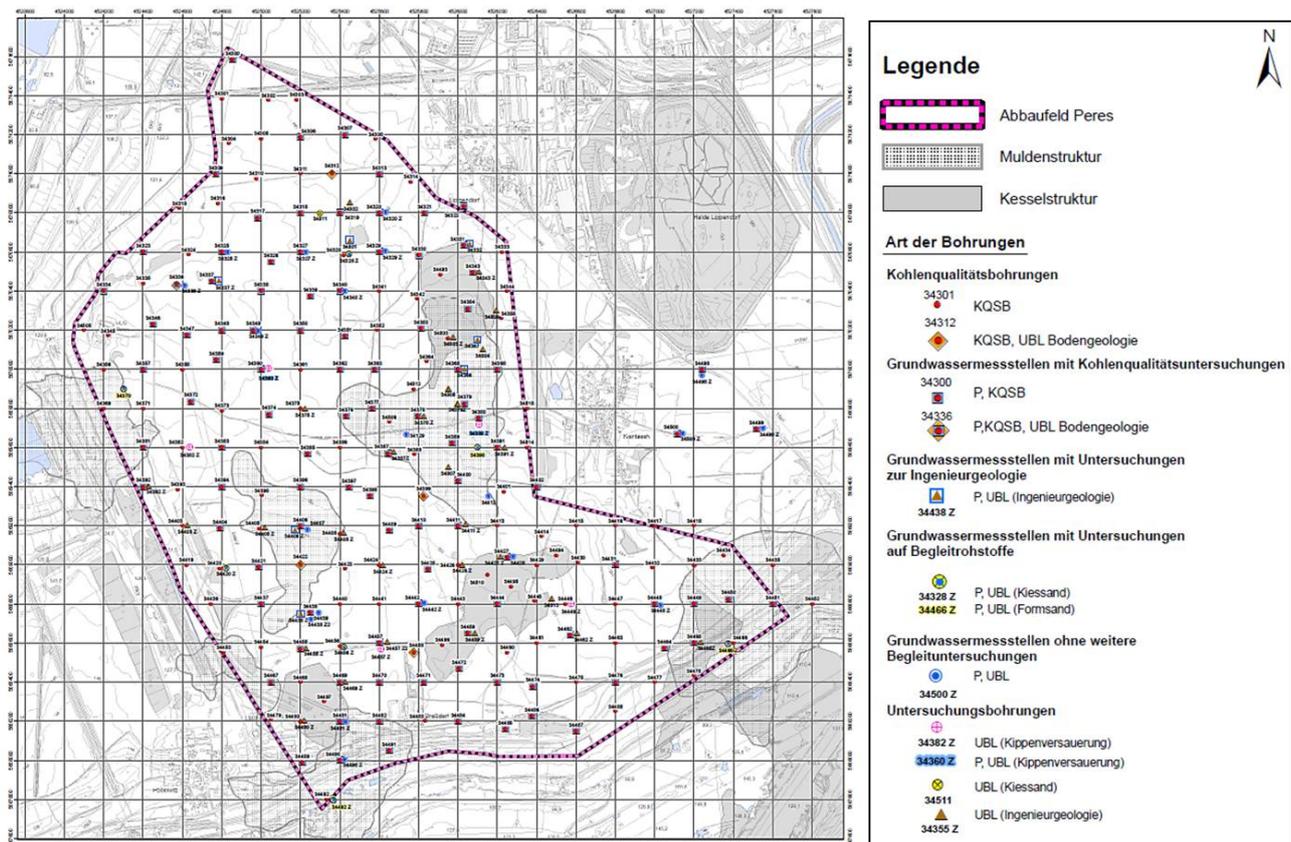


Abb. 4: Übersichtskarte Erkundungsprojekt Peres (Quelle: Consultinggesellschaft für Umwelt und Infrastruktur mbH 2009)

An den Bohrstandorten sind mitunter eine oder mehrere Zusatzbohrungen für den Ausbau von Grundwassermessstellen oder Probenahmen der Fachgewerke angesetzt worden. Nach Möglichkeit reichte an diesen Stellen das Bohren als Rotaryspülbohrung ohne bzw. mit stückweisem Kerngewinn aus. Im Erkundungsprojekt wurden alle Kohlenqualitätsbohrungen geophysikalisch vermessen. Die jeweiligen Messungen erfolgten in einem mit Spülung aufgefüllten Bohrloch im Normalfall ohne Verrohrung und ohne Bohrgestänge. Um die Qualität der Installation und die Funktionalität von Grundwasser- bzw. Grundwasserbeschaffenheitsmessstellen nachweisen zu können, wurden für ausgewählte Messstellen Ausbaukontrollmessungen vorgesehen.¹⁰

Im Ergebnis der Planungsphase lag ein Projekt mit Ausführungsunterlagen zu jeder Bohrung vor, das als Ganzes oder in Teilen zur Ausführung gebracht werden konnte. Die Ausführungsunterlagen sind letztlich Bohraufträge aller projektierten Aufschlüsse mit Angaben zu Bohrverfahren, Kerngewinnen, Erkundungsziel, Probenahme u.a. (Abb. 5).

¹⁰ Vgl. Wolf (2008b).; Vgl. Wolf (2009).



Abb. 5: Beispiel Bohrauftrag zum Erkundungsprojekt Peres (Quelle: MIBRAG mbH 2016)

4 Erkundungsfeldarbeiten

Die Erkundung ganzer Abbaufelder mit jeweils über 300 Bohrungen und ca. 27.000 Bohrmetern bedeutet auch beim Einsatz mehrerer gleichzeitig arbeitender Bohrgeräte einen Leistungszeitraum von mehreren Jahren. Zur praktikablen Abarbeitung wurden die Erkundungsprojekte bei MIBRAG daher in kleinere Leistungspakete zu etwa 10 bis 20 Bohrungen aufgeteilt. Insbesondere alle vorbereitenden und nachbereitenden Arbeiten können so effizient zusammengefasst werden. Aus kapazitativen Gründen wurde die Erbringung der Leistungen größtenteils durch die Mitwirkung von Fremdfirmen realisiert. Sowohl das Niederbringen der Bohrungen inkl. der erforderlichen Ausbauten zu Grundwassermessstellen, die bohrlochgeophysikalische Vermessung, die geologische und bautechnische Begleitung sowie die bodenphysikalischen bzw. bodengeologischen Laborleistungen sind jeweils pro Erkundungslos vergeben worden. Alle vor- und nachbereitenden Aufgaben als auch die Organisation, Kontrolle und Abrechnung der Fremdleistungen lag beim Erkundungsbetrieb MIBRAG.

Die erste vorbereitende organisatorische Aufgabe zur Erkundungsdurchführung war das Einholen von Freigaben der Eigentümer- und Bewirtschafter bzw. von ökologischen oder geotechnischen Freigaben. In Abhängig erzielter Freigaben sind die Erkundungslose zusammengestellt worden. Absprachen und Befahrungen wurden mit den Beteiligten durchgeführt, Absteckungen und Schachtscheinbearbeitungen vorgenommen. Um Auswirkungen auf Flora und Fauna bzw. um Unannehmlichkeiten für Flächeneigentümer oder -bewirtschafter zu minimieren, wurden die Bohran-

satzpunkte nach Möglichkeit auf Feld- oder Wegränder verschoben, bei Lage auf freiem Feld Baggermatratzen für die Zuwegung von Bohrgeräten und Spülungsfahrzeugen verwendet und in den vegetationsarmen Monaten Rodungen vorgenommen. Prämisse war in jedem Fall, das im Projekt festgelegte Erkundungsziel einzuhalten.

Je nach Umfang vorliegender Freigaben sowie verfügbarer interner und externer Kapazitäten kamen bis zu fünf Bohrgeräte gleichzeitig zum Einsatz (Abb. 6). Für einen reibungslosen Ablauf der Arbeiten wurde baubegleitend ein Ingenieurbüro eingesetzt, das zum einen den Bohrprozess überwacht und bei Bedarf gesteuert und zum anderen geologisch die Betreuung der Bohrungen übernommen hat. Dazu zählte auch die Festlegung von Ausweich- oder Ersatzbohrungen, die Kontrolle der geforderten Kerngewinne, die Entnahme vorgesehener Proben entsprechend angetroffener geologischer Verhältnisse oder die Festlegung des Einbaus bei Grundwassermessstellen. Auch die makropetrographische Schichtansprache und die Stratifizierung der Schichten in Absprache mit dem jeweiligen Lagerstättengeologen gehörten zu deren Aufgaben. Nach erbrachter Leistung wurde jeder einzelne Bohrpunkt bzw. jede Grundwassermessstelle markseiderisch eingemessen sowie im Beisein von Bohrbetrieb und überwachendem Ingenieurbüro vom Erkundungsbetrieb abgenommen. Dabei wurde neben Prüfung der Funktionalität großes Augenmerk auf die ordnungsgemäße Verfüllung des Bohrlochs und den einwandfreien Zustand der Bohrpunkte gelegt. In Eigenregie wurden die kohlenanalytischen Arbeiten im Zentrallabor des Unternehmens durchgeführt. Losweise sind die Bohrergebnisse bzw. die Dokumentation der Arbeiten bei MIBRAG eingegangen und direkt nach Fertigstellung in den geotechnischen Datenbanken und weiterführend in Struktur- bzw. Kohlenqualitätsmodellen verarbeitet worden.



Abb. 6: Bohrgerät in der Vorfelderkundung (Quelle: Bohr und Brunnenbau GmbH 2018)

5 Auswertung und Dokumentation der Ergebnisse

Teil der zu erbringenden Leistung ist die vollständige Dokumentation der Erkundungsarbeiten bzw. Erfassung der Erkundungsergebnisse. Dazu zählen bohrungsspezifische Dokumentationen und mehrere Bohrungen umfassende Auswertungen und Gutachten.

5.1 Geotechnisches Bohrinformationssystem (GeoBis)

Zunächst werden pro Bohrung alle Daten im Bohrbericht zusammengetragen. Dazu zählen klassisch Kopf- und Schichtdaten der Bohrungen inkl. Stratifizierung der Schichten, Flöz- und Begleitrohstoffdokumentationen, die technische Dokumentation des Bohrprozesses sowie die Dokumentation der gestörten bzw. ungestörten Probenahme. In der Bohrrakte werden zudem die geophysikalischen Bohrlochmesskurven, die verschiedenen Analysenberichte oder Bohrzeugführermitschriften dokumentiert. Noch vor einigen Jahren wurden alle Bohrdaten händisch im Feldbuch notiert und über Erfassungsmasken in die Datenbank gespeichert (Abb. 7). In jedem Fall sind die Daten zunächst analog aufgeschrieben und anschließend digital am PC erfasst worden. Einfache Tools erlaubten den Export der Daten zur weiteren Verwendung.

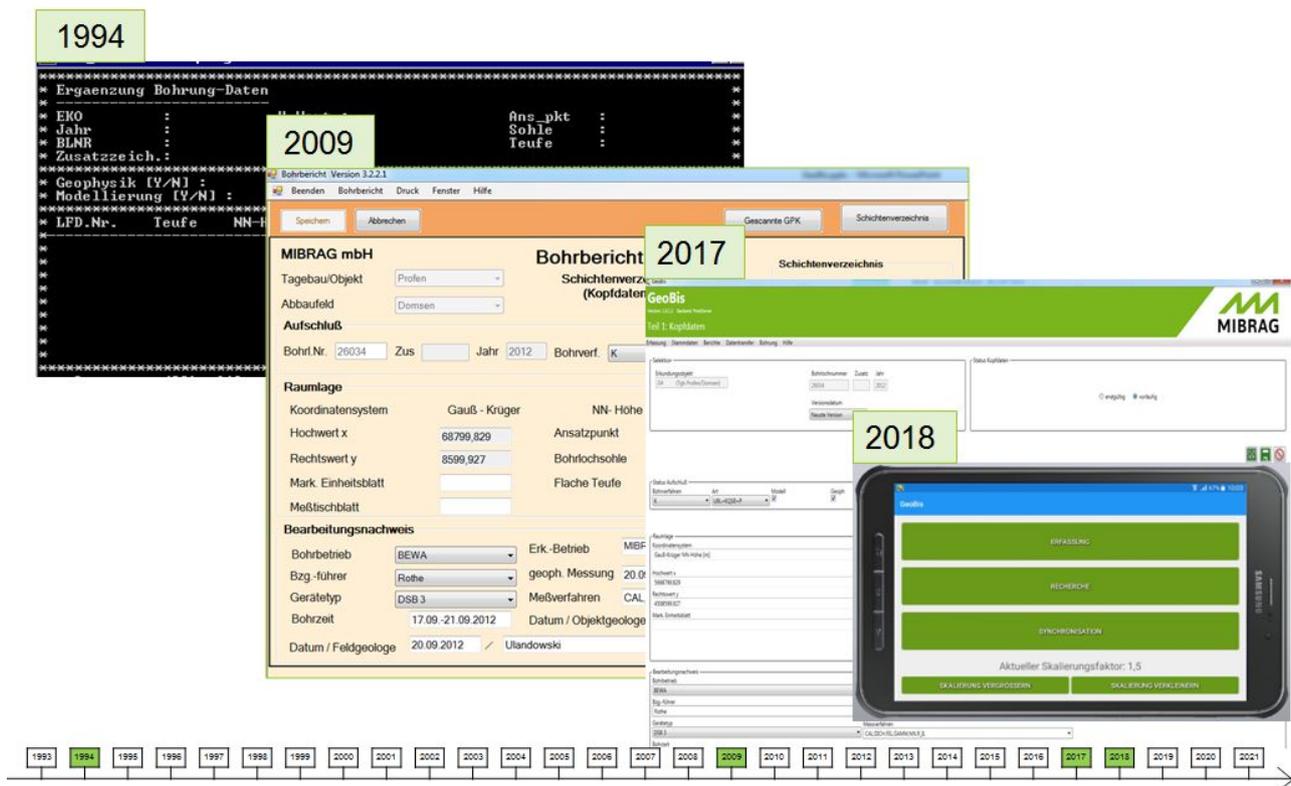


Abb. 7: Entwicklung Eingabemaschinen zur Bohrdatenbank bei MIBRAG (Quelle: MIBRAG mbH 2018)

Mittlerweile stehen den Bearbeitern und Nutzern von Erkundungsdaten andere Möglichkeiten zur Verfügung, die den Prozess der Datenerfassung und -verwaltung effizienter gestalten. Größtenteils als Eigenentwicklung wurde bei MIBRAG zu diesem Zweck ein Geotechnisches Bohrinformationssystem (GeoBis) entwickelt (Abb. 8). Den Kern bildet wiederum eine zentrale Datenbank mit einer Vielzahl von Daten- und Stammtabellen sowie Verknüpfungen zu angrenzenden Datenbanken, beispielsweise zu Labors. Durch die Verwendung von Bibliotheken können Daten durch Auswahlfelder schnell erfasst werden, umfangreiche Prüfungen verhindern fehlerhafte Eingaben. Die Datenerfassung und -verwaltung kann entweder mit einer Desktopversion von GeoBis oder direkt im Feld bzw. im Labor via Tablets erfolgen. Es wurde eine Applikation für Mobilgeräte entwickelt, die es den Geologen und Bohrzeugführern erlaubt, alle Daten im digitalen Feldbuch zu erfassen. Auf den Tablets können vor Ort die Informationen zum geplanten Bohrpunkt, wie Bohrauftrag oder Bohr-

punktkarten, abgerufen werden. Ebenso stehen dem Feldgeologen Informationen zu benachbarten Bohrpunkten zur Verfügung. Das Abschließen der Eingabe durch den Bearbeiter löst eine Übermittlung der Daten zur übergeordneten Instanz wie der Bohraufsicht bzw. eine Übertragung in die Datenbank aus. Im Büro können die für das Abbaufeld zuständigen Objektgeologen die Vollständigkeit der Bohrrakte verfolgen, was ein wichtiger Beitrag zur Übersichtlichkeit und Vollständigkeit ist. Zur Bohrung gehörige Dokumente wie geophysikalische Messkurven oder Kamerabefahrungen, Analysenberichte, Fotodokumentationen o.ä. können hinterlegt werden. In Gänze ergibt das System ein digitales Bohrachiv.

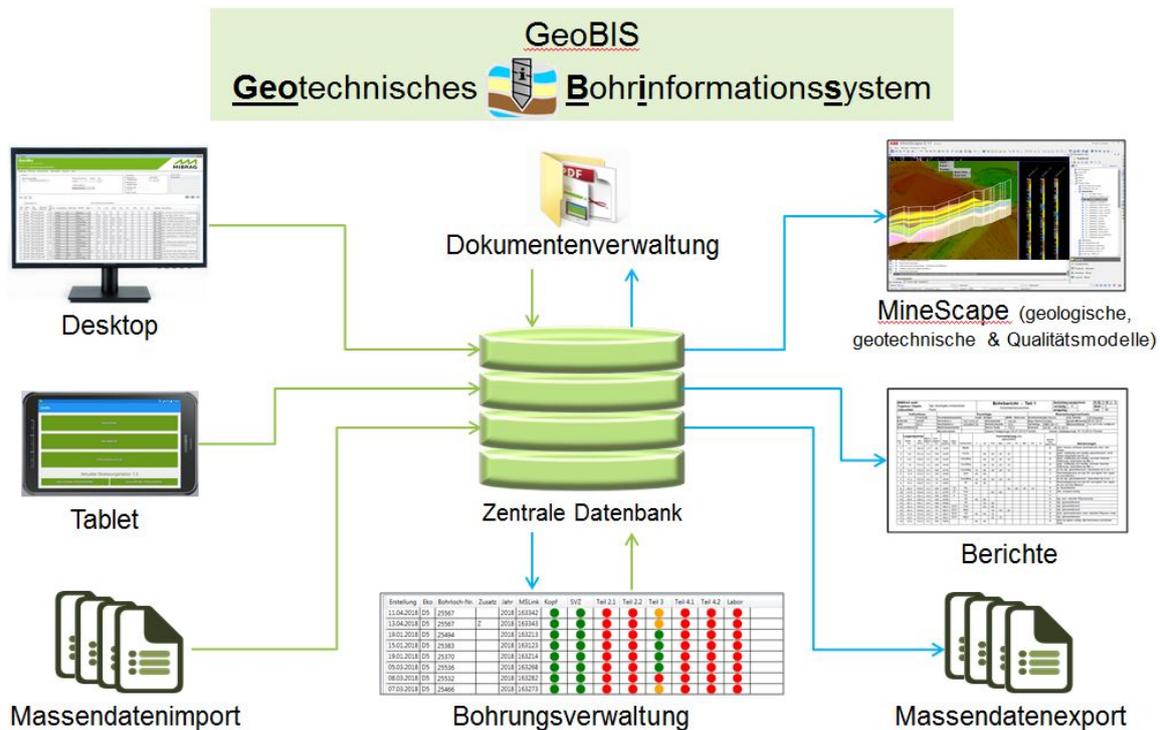


Abb. 8: Geotechnisches Bohrinformationssystem bei MIBRAG (Quelle: MIBRAG mbH 2019)

Unabhängig von den Einzelingaben pro Bohrpunkt können im GeoBis auch Daten in größerem Umfang mit einer ausführlichen Datenprüfung importiert werden, was beispielsweise bei der Übernahme von Bohrrdaten Dritter relevant ist. Im Gegenzug fordern viele Aufgabenstellungen Daten in verschiedenster Form. Neben Modellierungsanfragen für Strukturmodelle, Kohlenqualitätsmodelle oder hydrologische Großraummodelle zählen dazu auch die Übertragung von Bohrrdaten an Landesämter etc..

5.2 Abschlussberichterstattung

Auf Grundlage der Bohrergebnisse sind außerdem verschiedene Gutachten erstellt worden. Dazu zählen beispielsweise bodengeologische Gutachten oder Auswertebereiche zu stratigraphischen Arbeiten wie zu Pollen- und Geröllanalysen, die für das gesamte Abbaufeld Gültigkeit haben.

Nach Abschluss aller durchgeführten Erkundungsfeldarbeiten wurde früher ein umfassender Ergebnisbericht erarbeitet, der alle Tätigkeiten im Zuge des Projektes detailliert beschreibt und umfassende fachliche Auswertungen dokumentiert. Der Bericht war die Grundlage für alle weiteren fachli-

chen Bearbeitungen auch im Zuge des Abbaus der Lagerstätte. Berechnungen und Risswerk wurden über viele Jahre hinweg verwendet bzw. bei Bedarf weitergeführt. Hat besonders der letzte Punkt in der heutigen Zeit keine Praxisrelevanz mehr, bedarf es dennoch einer fachübergreifenden Zusammenfassung der Erkundungsergebnisse, weswegen auch heute noch ein komprimierter Ergebnisbericht bei MIBRAG erarbeitet wird. Allerdings liegt der Schwerpunkt auf der Darstellung der durchgeführten Arbeiten und Ergebnisse, der Feststellung ob die verfolgten Erkundungsziele erreicht worden sind sowie dem Aufzeigen von Kenntnislücken, die im Rahmen der Betriebserkundung zu schließen sind. Für die Vorbereitung und Begleitung des Tagebaubetriebes werden die notwendigen Unterlagen wie Horizontkarten, geotechnische Schnitte oder Massenberechnungen nach Bedarf und themenbezogenen Anforderungen mit Modellierungs- und Planungssoftware jeweils aktuell erzeugt.

6 Zusammenfassung und Entwicklungsfelder bei der Erkundung von Braunkohlenlagerstätten

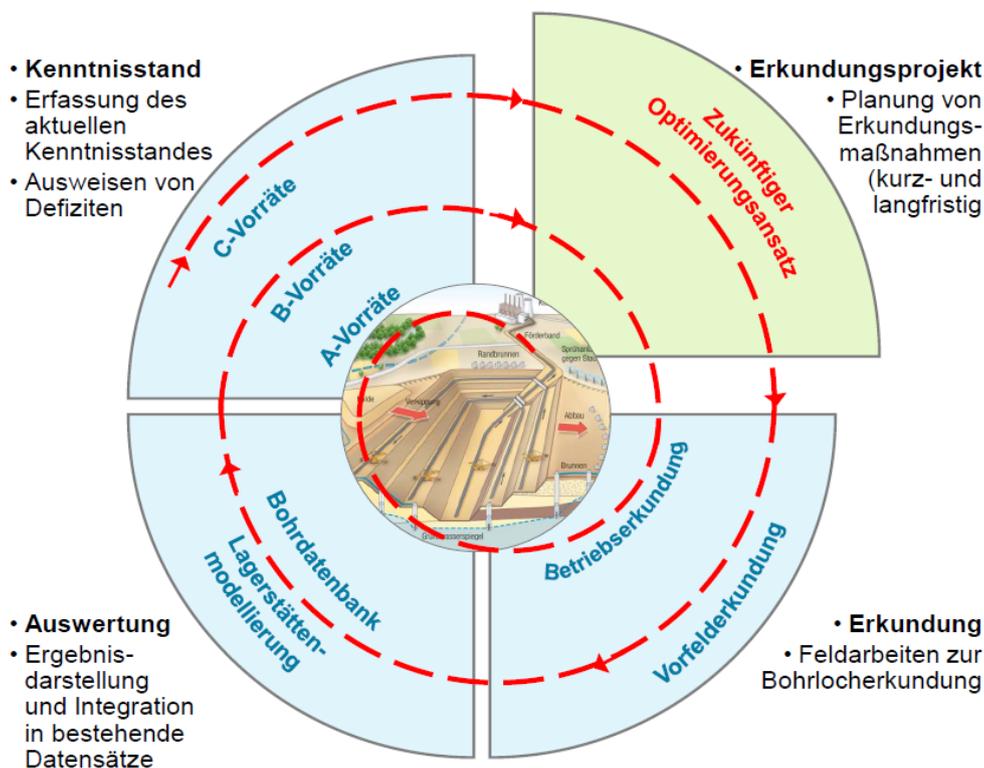


Abb. 9: Stadien der Erkundung mit Bezug auf Ansätze zur Optimierung

In den zuvor beschriebenen Stadien der Erkundung sind in den letzten Jahren unterschiedlich stark Weiterentwicklungen vorangetrieben worden. Sowohl bei Durchführung der Erkundungsarbeiten, speziell bei der Datenerfassung und Verfügbarkeit notwendiger Informationen im Feld als auch besonders bei der nachfolgenden Weiterverarbeitung der erhobenen Daten z.B. zu Lagerstättenmodellen sind aufgrund der zur Verfügung stehenden technischen Neuerungen deutliche Entwicklungen zu verzeichnen. Optimierungen der Arbeitsabläufe und eine effiziente Datenhaltung unter Berücksichtigung wertvoller Erfahrungen standen im Vordergrund. Damit sind wichtige Grundlagen

geschaffen, um Optimierungen der Erkundungsplanung und der vor- und nachgestellten Bewertung des Erkundungsgrades und damit der Einstufung der Lagerstätten voranzubringen.

Insofern sich die Absicht zum Abbau einer Lagerstätte nicht ändert, folgt auf jede Erkundungsphase eine weitere, die wiederum eine Verdichtung der vorherigen bedeutet (Abb. 9). Eine optimale Festlegung bzw. eine Reduzierung der Bohransatzpunkte ist sowohl langfristig vor dem Abbau als auch abbaubegleitend anzustreben. In den letzten Jahren sind diesbezüglich in der Wissenschaft wichtige Beiträge erarbeitet worden. Zu erwähnen sind hier insbesondere die Forschungen zur geostatistischen Simulation von Braunkohlenlagerstätten.¹¹ Die Simulationsergebnisse eignen sich u.a. dazu, unsichere Lagerstättenbereiche als potentielle Nacherkundungsstellen auszuweisen. Das bedeutet entweder eine grundlegende Änderung der Konzeption oder die konkrete Optimierung von einzelnen Bohransatzpunkten im Rahmen von Erkundungsprojekten vor dem Abbau der Lagerstätte. Die Anwendung geostatistischer Optimierungen von Erkundungsprogrammen in der Praxis wird ein Schwerpunkt in der künftigen Braunkohlenerkundung sein.

Besonders in der Betriebserkundung, die abbaubegleitend erfolgt, sind die Entwicklungen zur Online-Messtechnik vielversprechend, um den Erkundungsaufwand mittels klassischer Punktkaufschlüsse für Lagerstättengeometrie und rohstoffqualitative Merkmale zu reduzieren. Integriert in die kurzfristigen Abbaumodelle können die direkt bevorstehenden Abbaubereiche genauer vorhergesagt werden. Verwiesen sei an dieser Stelle die Ergebnisse des Forschungsprojektes RTRO-Coal¹², die es gilt, in der Praxis umzusetzen.

Die Methoden der Geostatistik bieten sich auch zur Ermittlung und Dokumentation von Lagerstättenvorräten für innerbetriebliche und außerbetriebliche Zwecke an. Auch hierzu gibt es bereits vielversprechende Ansätze¹³, die in der Praxis bisher nur begrenzt Anwendung finden. Definiert sich die Einstufung der Vorräte momentan hauptsächlich über den Lagerstätten- bzw. Flöztyp und den Abstand der Erkundungsbohrungen, müssen hier neue Vorstellungen konzipiert werden. Ein deutlich auf die Aussagesicherheit fokussierter Ansatz ist nötig, der bei gleicher Aussagesicherheit auch größere Bohrlochabstände zulässt. Neben der Bewertung des geologischen Lagerstättenkörpers muss der Fokus auf die chemischen Eigenschaften des Endproduktes gelegt werden.

LITERATURVERZEICHNIS

Bachmann, G. H., Ehling, B.-C., Eichner, R., Schwab, M.: Geologie von Sachsen-Anhalt. 1. Auflage. Stuttgart: E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, 2008

Benndorf, J.: Nutzung der geostatistischen Simulation zur Berücksichtigung der geologischen Unsicherheit in der Bewertung von Lagerstätten am Beispiel des Braunkohlenbergbaus. Dissertationsschrift, Institut für Geotechnik und Markscheidewesen der TU Clausthal, 2009

Benndorf, J.: Vorratsklassifikation nach internationalen Standards – Anforderungen und Modellansätze in der Lagerstättenbearbeitung. Markscheidewesen, Vol. 122/2-3 S. 6-14. Peine:

¹¹ Vgl. Benndorf (2009), John (2014)

¹² Vgl. Yüksel (2010), Vgl. Donner et al. (2019)

¹³ Vgl. Benndorf (2015)

Deutscher Markscheider-Verein e. V., 2015

Deutscher Braunkohlen-Industrie Verein e.V: 50 Jahre Mitteldeutscher Braunkohlenbergbau. 1. Auflage. Halle: Verlag von Wilhelm Knapp, 1935

Deutscher Braunkohlen-Industrie Verein e.V.: Braunkohle im Zeitraum 1985-2010. 1. Auflage. Berlin: Alert-Verlag, 2010

Donner, R., Lindig, M., Lohsträter, O.M., Rosenberg, H., Naworyta, W., Buxton, M.W.N., Benndorf, J., Asmus, S.: Real-time reconciliation and optimization in large open pit coal mines (RTRO-Coal). Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2019

John, A.: Weiterentwicklung und Anwendung geostatistischer Simulationsverfahren zur unsicherheitsbasierten Modellierung von komplexen, sedimentartig ausgebildeten Lagerstätten. Dissertationsschrift. Fakultät für Geowissenschaften, Geotechnik und Bergbau der Technischen Universität Bergakademie Freiberg, 2014

Ministerium für Geologie, Ministerium für Kohle und Energie der DDR: Erkundungsmethodik Braunkohle. Berlin, 1985

Standke, G., Escher, D., Fischer, J., Rascher J.: Das Tertiär Nordwestsachsens - Ein geologischer Überblick. 1. Auflage. Dresden: Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie des Freistaates Sachsen, 2010

Stoll, R.D., Niemann-Dehlius, C., Drebenstedt, C., Müllensiefen, K.(Hrsg.): Der Braunkohlentagebau. 1. Auflage. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2009

Wolf, P.: Kenntnisstandsanalyse für das Abbaufeld Domsen. Halle: Unveröff. Ber., Consultinggesellschaft für Umwelt und Infrastruktur mbH, 2007

Wolf, P.: Kenntnisstandsanalyse für das Abbaufeld Peres. Halle: Unveröff. Ber., Consultinggesellschaft für Umwelt und Infrastruktur mbH, 2008

Wolf, P.: Erkundungsprojekte Domsen und Domsen-West. Halle: Unveröff. Ber., Consultinggesellschaft für Umwelt und Infrastruktur mbH, 2008

Wolf, P.: Erkundungsprojekte Peres. Halle: Unveröff. Ber., Consultinggesellschaft für Umwelt und Infrastruktur mbH, 2009

Yüksel, C.: Real-time resource model updating in continuous mining environment utilizing online sensor data. Dissertationsschrift. Delft University of Technology, 2017