

**„Die Genese des stofflichen Inventars
des Braunkohlenflözes Bruckdorf (Obereozän)
zwischen Halle und Bitterfeld, Sachsen-Anhalt“**

D i s s e r t a t i o n

zur Erlangung des akademischen Grades
doctor rerum naturalium (Dr. rer. nat.)

vorgelegt dem

mathematisch-naturwissenschaftlichen Bereich
der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg eingereichte

von
Dipl.-Geol. Bernd Hartmann
geb. am 19.06.1957 in Aschersleben

Gutachter:

1. Prof. Dr. rer. nat. habil. G. Bachmann, Institut für Geologie und Geiseltalmuseum der
Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
2. Prof. Dr. rer. nat. habil. N. Volkmann, Institut für Geologie der Technischen Universität-
Bergakademie Freiberg

Halle (Saale), im Januar 2005

Verteidigungsdatum: 21.11.2005

Dank

Mein Dank gilt meiner lieben Ehefrau Elena sowie meiner ganzen Familie, die über die Jahre hinweg irgendwie ertrug, mich in häufiger geistiger Abwesenheit zu finden und dabei trotz dem mir den notwendigen Rückhalt bot.

Ich danke meinem inzwischen leider verstorbenen väterlichen Freund, Herrn Dr. sc. Reinhard Kunert, der mich immer zu Lebzeiten wie auch in seiner Abwesenheit anspornte, die Arbeit zu Ende zu führen. Für die förderlichen Hinweise und Diskussionen spreche ich Herrn Dr. Horst Blumenstengel und Herrn Dr. Immo Burchardt meinen besonderen Dank aus. Vielen Dank auch meinen Kolleginnen und Kollegen, die in ungezählten Gesprächen hilfreiche Impulse für die Arbeit lieferten.

Im Besonderen danke ich ebenso den Herren Dr. Dr. Klaus Nuglisch, Dr. Bodo-Carlo Ehling und Dr. habil. Jörg Hammer für ihre handfeste fachliche Unterstützung und kritische Auseinandersetzung mit den dargelegten Arbeitsergebnissen. Für die Durchsicht meiner Arbeit hinsichtlich chemischer Aspekte möchte ich meinen Dank Herrn Prof. Dr. Jürgen Dittrich ausdrücken.

Nicht unerwähnt soll hier der Beitrag von Herrn Doz. Dr. habil. Thomas Kaemmel bleiben. Herr Doz. Dr. habil. Kaemmel war bis zu seinem Ausscheiden aus der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg der erste Betreuer meiner Dissertation. Er gab mir das Vertrauen und den Mut, bestimmte Arbeitsrichtungen weiter zu verfolgen und auszubauen. Das Grundkonzept der vorliegenden Arbeit prägte er auf diese Weise maßgeblich mit. Vielen Dank dafür.

Im Jahre 1999 nahm sich Herr Prof. Dr. Gerhard H. Bachmann meiner an. Durch seine sachliche, äußerst gewissenhafte und intensive Betreuung erhielt die Dissertation ihre jetzt vorliegende Gestalt. Erst durch seine kritische und akribische Art und Weise der Auseinandersetzung mit den gelieferten Zwischenmaterialien, wurde es ermöglicht, die Arbeit in der vorliegenden Form sowie inhaltlich mit entsprechender Qualität zu liefern. Dafür danke ich aufrichtig.

Bernd Hartmann Halle (Saale), im Januar 2005

Inhalt	<i>Seite</i>
Zusammenfassung	1
Abstract	5
1. Einleitung	6
2. Aufgabenstellung	8
3. Methodik	9
4. Kenntnisstand	9
5. Datenbasis	11
5.1 Herkunft der Daten	11
5.2 Datenaufbereitung und Datenauswertung	14
5.3 Untersuchungen an Braunkohlenproben	14
5.3.1 Kohlenchemische Untersuchungen	14
5.3.2 Kohlenphysikalische Untersuchungen	16
5.3.3 Sonstige Untersuchungen	16
6. Geologischer Aufbau des Untersuchungsgebietes	17
6.1 Regionalgeologische Einordnung des Untersuchungsgebietes	17
6.2 Tektonik	18
6.3 Geologie und Lagerungsverhältnisse	19
6.3.1 Prätertiär	20
6.3.2 Känozoikum	21
6.3.2.1 Stratigraphie, Petrographie, Verbreitung und Entstehung der Schichten	22
6.4 Kontrollfaktoren der Sedimentation im Alttertiär	33
6.5 Zyklizität und Paläogeographie	34
6.6 Entwicklung der Schichtmorphologie im Alttertiär	37
6.7 Hydrogeologische Verhältnisse	43
6.8 Lokale Strukturen	45
7. Kohlengeologie	49
7.1 Braunkohlenpetrographie	49
7.1.1 Petrographie der Lithotypen des Flözkomplexes Bruckdorf	49
7.1.2 Mineralogische Zusammensetzung des anorganischen Teils der Braunkohlen	54
7.2 Kohlenphysikalische Beschreibung	55
7.3 Kohlenchemische Beschreibung	58
8. Mathematisch-statistische Datenauswertung	74
8.1 Deskriptive Statistik	75
8.2 Korrelationsanalyse	83
8.3 Faktorenanalyse	96
8.4 Clusteranalyse	103
8.5 Typisierung von Komponenten	109
9. Interpretation der Ergebnisse statistischer Untersuchungen und geologischer Sachverhalte, Schlussfolgerungen	112
10. Offene Fragestellungen, Ausblick	119
11. Literatur	121

Abbildungen

- Abb. 1* Geographische Übersicht und Lage des Untersuchungsgebietes
Abb. 2 Lage der verwendeten Neuaufschlüsse
Abb. 3 Regionalgeologische Übersicht
Abb. 4 Abgedeckte Geologische Karte des Untersuchungsgebietes (ohne känozoische Bildungen)
Abb. 5 Relief der Prätertiäroberfläche
Abb. 6 Schematischer geologischer Schnitt A-B
Abb. 7 Schematischer geologischer Schnitt C-D
Abb. 8 Schematischer geologischer Schnitt E-F
Abb. 9 Schematischer geologischer Schnitt G-H
Abb. 10 Paläogeographie im Eozän/Oligozän
Abb. 11 Geomorphologie des prätertiären Untergrundes
Abb. 12 Isopachen der Sedimente im Liegenden des Bruckdorfer Flözkomplexes
Abb. 13 Isohypsen der Basis des Bruckdorfer Flözkomplexes
Abb. 14 Isopachen des Bruckdorfer Flözkomplexes
Abb. 15 Isopachen der Sedimente im Hangenden des Bruckdorfer Flözkomplexes
Abb. 16 Schema der summarischen Hebung- und Senkungseffekte im Alttertiär
Abb. 17 Schema über die zeitliche Einordnung tektonischer Bewegungen im Alttertiär
Abb. 18 Räumliche Lage von Grundwasserleitern und Grundwasserstauern im Untersuchungsgebiet
Abb. 19 Räumliches Schema des Bruckdorfer Flözkomplexes im Nordteil des Untersuchungsgebietes
Abb. 20 Räumliches Schema der Bruckdorfer und Gröberser Flözkomplexe im Südteil des Untersuchungsgebietes
Abb. 21 Der Wechsel von gelben und braunen Kohlenlagen im Amsdorfer Hauptflöz
Abb. 22 Mikrolithotypen und Mikrokomponenten der Braunkohlen
Abb. 23a Zusammenhang zwischen Rohdichten und Aschegehalten
Abb. 23b Zusammenhang zwischen Rohwasser- und Aschegehalten
Abb. 24 Verteilung des Wassers in der Braunkohle
Abb. 25 Aschegehalte (A^d) im Bruckdorfer Flözkomplex
Abb. 26 Verteilung der Aschekomponenten Al_2O_3 (a), SiO_2 (b), TiO_2 (c) und K_2O (d) im Bruckdorfer Flözkomplex
Abb. 27 Verteilung der Aschekomponenten CaO (a), MgO (b) und Na_2O (c) im Bruckdorfer Flözkomplex
Abb. 28 Verteilung der Aschekomponenten Fe_2O_3 (a) und SO_3 (b) im Bruckdorfer Flözkomplex
Abb. 29 Salzgehalte (Na_2O -ges.) im Bruckdorfer Flözkomplex
Abb. 30 Schwelteerausbeute (T_{sk}^d) im Bruckdorfer Flözkomplex
Abb. 31 Verteilung des verbrennlichen, Sulfid- und Sulfatschwefels im Bruckdorfer Flözkomplex
Abb. 32 Verteilungscharakter von S_p^d , Fe_2O_3 in braunen und gelben Kohlen
Abb. 33 Verteilungscharakter von SiO_2 , Al_2O_3 , TiO_2 , K_2O in braunen und gelben Kohlen
Abb. 34 Verteilungscharakter von Kalium (K_2O) in braunen und gelben Kohlen
Abb. 35 Verteilungscharakter von Kohlenstoff und Wasserstoff in braunen und gelben Kohlen
Abb. 36 Verteilungscharakter von Bitumengehalten (B^d) in braunen und gelben Kohlen
Abb. 37 Verteilungscharakter von Schwelteergehalten (T_{sk}^d) in braunen und gelben Kohlen
Abb. 38 Lithotypenspezifische Gruppierung der Variationskoeffizienten
Abb. 39 Pictogramm der Korrelationskoeffizienten der kohlenchemischen Komponenten des Bruckdorfer Flözkomplexes- Flözkomplex insgesamt
Abb. 40 Pictogramm der Korrelationskoeffizienten der kohlenchemischen Komponenten des Bruckdorfer Flözkomplexes- Lithotyp „Braune Kohle“ ($A^d < 20\%$)
Abb. 41 Pictogramm der Korrelationskoeffizienten der kohlenchemischen Komponenten des Bruckdorfer Flözkomplexes- Lithotyp „Braune Kohle, mineralisch verunreinigt“
Abb. 42 Pictogramm der Korrelationskoeffizienten der kohlenchemischen Komponenten des Bruckdorfer Flözkomplexes- Lithotyp „Gelbe Kohle“ ($A^d < 20\%$)
Abb. 43 Pictogramm der Korrelationskoeffizienten der kohlenchemischen Komponenten des Bruckdorfer Flözkomplexes- Lithotyp „Gelbe Kohle, mineralisch verunreinigt“

- Abb. 44* Pictogramm der Korrelationskoeffizienten der kohlenchemischen Komponenten des Bruckdorfer Flözkomplexes- Nebengestein ($A^d \geq 50\%$)
- Abb. 45* Dendrogramm Flözkomplex Bruckdorf
- Abb. 46* Dendrogramm Braune Kohle
- Abb. 47* Dendrogramm Braune Kohle, mineralisch verunreinigt
- Abb. 48* Dendrogramm Gelbe Kohle
- Abb. 49* Dendrogramm Gelbe Kohle, mineralisch verunreinigt
- Abb. 50* Dendrogramm kohliges Nebengestein
- Abb. 51a* Entwicklung des Flözkomplexes Bruckdorf und seiner Begleitschichten (W-E- Profil)
- Abb. 51b* Entwicklung des Flözkomplexes Bruckdorf und seiner Begleitschichten (N-S Profil)
- Abb. 52a* Fazies der Makroelemente im Flözkomplex Bruckdorf (W-E-Profil)
- Abb. 52b* Fazies der Makroelemente im Flözkomplex Bruckdorf (N-S-Profil)

Anlagen

Anl. 1 Statistische Maßzahlen

- Anl. 1.1* Statistische Maßzahlen Braunkohlenformation allgemein
- Anl. 1.2* Statistische Maßzahlen „Braune Kohle“
- Anl. 1.3* Statistische Maßzahlen „Gelbe Kohle“
- Anl. 1.4* Statistische Maßzahlen „Braune mineralisch verunreinigte Kohle“
- Anl. 1.5* Statistische Maßzahlen „Gelbe mineralisch verunreinigte Kohle“
- Anl. 1.6* Statistische Maßzahlen „Kohlige Nebengestein“

Anl. 2 Häufigkeitsverteilungen; Verteilungstests

- Anl. 2.1* Häufigkeitsverteilungen
- Anl. 2.2* Verteilungstests

Anl. 3 Korrelationsmatrizen

Anl. 4 Analysenprofile

- Anl. 4.1* Analysenprofil 1-1
- Anl. 4.2* Analysenprofil 2-2
- Anl. 4.3* Analysenprofil 3-3
- Anl. 4.4* Analysenprofil 4-4
- Anl. 4.5* Analysenprofil 5-5

Anl. 5 Laborergebnisse der Röntgenfluoreszenzanalyse

Anl. 6 Laborergebnisse der röntgendiffraktometrischen Untersuchungen

Anl. 7 Abgedeckte geologische Karte ohne känozoische Bildungen, Maßstab 1 : 100 000

Anl. 8 Blockschemata

- Anl. 8.1* Blockschema A-D
- Anl. 8.2* Blockschema B-C
- Anl. 8.3* Blockschema E-H
- Anl. 8.4* Blockschema G-F

Anl. 9 Stratigraphische Tabelle

Anl. 10 Kohlenchemische Primärdaten

Anhang: Glossar

Tabellen

- Tab. 1* Anzahl der verwendeten Neu- und Altbohrungen im Untersuchungsgebiet
- Tab. 2* Übersicht über Art und Umfang kohlenchemischer Untersuchungen
- Tab. 3* Übersicht über Art und Umfang kohlenphysikalischer Untersuchungen
- Tab. 4* Korrelationsschema tertiärer Schichten
- Tab. 5* Chemismus der Grundwässer im Untersuchungsgebiet
- Tab. 6* Schematische Gliederung des Flözkomplexes Bruckdorf
- Tab. 7* Klassifikation der Braunkohlenlithotypen
- Tab. 8* Verteilung der Straten im Flözkomplex Bruckdorf
- Tab. 9* Mikrolithotypen der Braunkohlen des Flözkomplexes Bruckdorf
- Tab. 10* Minerale und mineralische Bestandteile von Kohlen
- Tab. 11* Kohlenphysikalische Eigenschaften der Braunkohlen des Flözkomplexes Bruckdorf
- Tab. 12* Korrelative Beziehungen kohlenphysikalischer Parameter
- Tab. 13* Kohlenchemische Hauptparameter der Braunkohlenflöze
- Tab. 14* Die Aschezusammensetzung der Braunkohlen des Flözkomplexes Bruckdorf
- Tab. 15* Schwefelgehalte der im Untersuchungsgebiet anstehenden Braunkohlenflöze nach ausgewählten chemischen Bindungsformen
- Tab. 16* Lithotypenspezifische Verteilung der Schwefelgehalte im Flözkomplex Bruckdorf nach ausgewählten chemischen Bindungsformen
- Tab. 17* Spurenelementführung der Braunkohlenflöze im Untersuchungsgebiet
- Tab. 18* Ergebnisse der Verteilungstests der kohlenchemischen Parameter des Flözkomplexes Bruckdorf (lithotypenspezifisch)
- Tab. 19* Variationskoeffizienten der kohlenchemischen Parameter des Flözkomplexes Bruckdorf (lithotypenspezifisch)
- Tab. 20* Ergebnisse von F-, t- und WELCH-Tests zwischen den kohlenchemischen Parametern Gelber und Brauner Kohlen des Flözkomplexes Bruckdorf
- Tab. 21* Korrelative Beziehungen zwischen den kohlenchemischen Größen des Flözkomplexes Bruckdorf
- Tab. 22* Finalstatistik der Faktorenanalyse-Rotierte Faktormatrix; Braune Kohle
- Tab. 23* Finalstatistik der Faktorenanalyse-Rotierte Faktormatrix; Gelbe Kohle
- Tab. 24* Finalstatistik der Faktorenanalyse-Rotierte Faktormatrix; Braune, mineralisch verunreinigte Kohle
- Tab. 25* Finalstatistik der Faktorenanalyse-Rotierte Faktormatrix; Gelbe mineralisch verunreinigte Kohle
- Tab. 26* Finalstatistik der Faktorenanalyse-Rotierte Faktormatrix; kohliges Nebengestein
- Tab. 27* Allgemeine Zuordnung lithotypenspezifisch extrahierter Faktoren
- Tab. 28* Gesamtergebnisse der statistischen Auswertung
- Tab. 29* Typisierung von Komponenten des Flözkomplexes Bruckdorf
- Tab. 30* Koeffizienten zur geochemischen Charakterisierung des Bildungsmilieus der Elemente der Braunkohlenformation des Flözkomplexes Bruckdorf

Zusammenfassung

Das Hauptziel der vorliegenden Arbeit bestand in der Untersuchung genetischer Aspekte des obereozänen Flözkomplexes Bruckdorf im Raum Halle-Bitterfeld. Die Basis dafür bildete eine zusammenfassende Bewertung und Auswertung geologischer Daten aus drei Erkundungsprojekten auf Braunkohle im Raum Halle-Bitterfeld. Das Gebiet umfasst eine Fläche von ca. 235 km². Schwerpunkte der Arbeit waren die Zusammenführung und Aufarbeitung vorhandener geologischer Informationen über den Aufbau des känozoischen Lockergesteinsstockwerkes sowie des prätertiären Untergrundes. In die Auswertung wurden kohlengeologische und kohlenchemische Daten aus dem genannten obereozänen Flözkomplex einbezogen. Die 557 für die Arbeit verwendeten kohlenchemischen Datensätze mit jeweils 18 verschiedenen Analysenarten aus insgesamt 42 Bohrungen wurden einer mathematisch statistischen Untersuchung unterzogen.

Für das betrachtete Gebiet wurde erstmals eine zusammenfassende Darstellung der geologischen Verhältnisse des känozoischen Hüllstockwerkes sowie des prätertiären Untergrundes geliefert. Im Resultat einer Mächtigkeitsanalyse der alttertiären Sedimentpakete wurden die wichtigsten lokalen Strukturen einschließlich der zeitlichen Begrenzung ihrer Aktivität innerhalb des Tertiärs ermittelt. Hinsichtlich der Herausbildung der rezenten Schichtmorphologie wurden damit die lokalen Besonderheiten des Sedimentationsraumes unter gleichzeitiger Wirkung eustatischer Meeresspiegelschwankungen und lokaler tektonische Vorgänge aufgezeigt. Diese Besonderheiten bestehen einerseits in der geomorphologisch vorbestimmten und tektonisch überprägten Entwicklung der Schichtmorphologie innerhalb einer lokalen Senke. Die Hauptachse dieser Senke streicht in NW-SE-Richtung. Das Gegenstück dieser Struktur bildet die südwestlich gelegene, in gleicher Richtung streichende Schwelle der Rhyolithauftragungen von Löbejün-Petersberg-Landsberg-Zwochau. Mit der paläogeographischen Einordnung des Gebietes, der Darstellung der fazielle Situation und des Charakters der Sedimentation wird das Untersuchungsgebiet als Raum im Einflussbereich häufiger Meeresspiegelschwankungen gekennzeichnet.

Für das Untersuchungsgebiet wurden erstmals Karten zur Verteilung der Aschegehalte, der chemischen Hauptkomponenten der Braunkohlenaschen sowie Karten der Salzgehaltsverteilung und der Verteilung der Schwelteeerausbeuten der Bruckdorfer Braunkohlen angefertigt. Die Untersuchungsergebnisse der Aschegehaltsverteilung erlauben eine prinzipielle Ausgliederung moorfazieller Bereiche, die sich nach der Quantität der Einträge terrigenen Materials in das Moor unterscheiden lassen. So ist das südwestliche Flözausgehende durch allmähliche Faziesübergänge gekennzeichnet. Das drückt sich in allmählich sinkenden Aschegehalten (von 50 % bis unter 20 %) in Richtung der Hauptverbreitung des Flözkomplexes aus. Dagegen müssen Bereiche im Gebiet des nordöstlichen Flözausgehenden aufgrund des Fehlens dieses allmählichen Überganges als erodiert angesehen werden. Hier treten entlang der Flözverbreitungsgrenze Aschegehalte deutlich unter 20 % auf.

Die Untersuchung der Verteilung der „Salzgehalte“ (Na₂O-Gehalte) ergab, dass sich die Gehaltsmaxima in Gebieten maximaler Teufenbeträge der prätertiären Oberfläche (weitestgehend Gebiete mit maximalen Flözmächtigkeiten) sowie in Zentren lokaler, relativ isolierter Randbecken befinden. Die Interpretation der Resultate der mathematisch-statistischen Analyse im Zusammenhang mit mikropaläontologischen, lithologisch-faziellen Befunden, mit Untersuchungsergebnissen des Chlor-Brom-Verhältnisses der Grundwässer im Liegenden und Hangenden des Flözkomplexes sowie mit der quantitativen Bestimmung des an Chlor gebundenen Natriums in den Braunkohlen erlaubt eine bisher für das Gebiet noch nicht erreichte Sicherheit der Erklärung der Genese der Natriumgehalte in den Braunkohlen des Flözkomplexes Bruckdorf. Die ermittelten Chlor-Brom-Quotienten zwischen 300 und 400 lassen auf eine sedimentogene Bildungsweise des Grundwasserchemismus (fossile Meeresswässer) schließen. Eine Formierung der Natriumgehalte aus hochmineralisierten Zechsteinwässern (Auslaugungswässer weisen Chlor-Brom-Verhältnisse von weit über 1000 auf) wird ausgeschlossen.

Die Natriumanreicherung erfolgte in diesen Gebieten nicht aus dem Untergrund – im Gegenteil sie vollzog sich aufgrund der geringen Durchlässigkeit des Flözliegenden (i. W. S.) in Zusammenarbeit mit der Morphologie des Liegendreliefs. Die sich mit dem Beginn der tertiären Sedimentation neu formierenden Grundwässer stagnierten und konnten nicht abfließen. Deshalb reicherten sich die über die Mooroberfläche infolge zeitweiser Meerwasserzutritte oder über hydraulische Verbindungen mit dem Meeresbecken infiltrierten Natrium- und Chloridionen in den abflusslosen Senken an. Durch den statischen Druck der eingedrungenen, höher mineralisierten Wässer (mit höherer Dichte als die Moorwässer) kam es aufgrund gleichzeitiger Wirkung von gravitativ-konvektiven Strömungsvorgängen und Diffusionsprozessen zu einer vertikalen Differenzierung der Natrium- und Chloridgehalte. Durch ein zeitweises Vordringen bzw. Eindringen von Meerwasser kommen zuerst die oberen z. T. destruierten Moorbereiche mit den höher mineralisierten Wässern aus dem Meer in Kontakt. Auf diese Weise konnte die primäre Anreicherung aller möglichen Wasserinhaltsstoffe in den Gelben Kohlen erfolgen. Dabei geht die Stoffmigration in vertikaler Richtung im Braunkohlenstadium weiter. Die Wirkung genannter Prozesse führte zur vorliegenden vertikalen Zonalität der Gehaltsverteilung. Die Zonalität zeigt sich darin, dass in Braunen Lithotypen fast alle anorganischen Hauptkomponenten gegenüber den gelben Lithotypen in höherer Konzentration vorliegen. Diese Vorstellung lässt sich u. a. damit in Übereinstimmung bringen, dass die moorwasserbildenden Grundwässer über hydraulische Verbindungen direkt vom Meereswasser ohne ein „Eindringen von oben“ beeinflusst werden können. Auch auf diese Weise hätten alle im Meerwasser gelösten Inhaltsstoffe Zugang zu den Moorwässern gefunden.

Ein weiteres Ergebnis der mathematisch-statistischen Untersuchungen (Kap. 8) besteht in der Feststellung, dass sich Titan als einzige anorganische Hauptkomponente in gelben Straten anreicherte (um etwa das 1,4-fache). Die Eisengehalte sind andererseits in den Gelben gegenüber den Braunen Kohlen um das 1,7-fache verringert. Titan und Eisen nehmen hinsichtlich der Größe ihrer Aufkonzentrierung bzw. Gehaltsminderung eine Sonderstellung innerhalb der Stoffgruppe der anorganischen Hauptelemente ein. Ein weiteres wichtiges Ergebnis der mathematisch-statistischen Analyse (hier Korrelationsanalyse) ist die Ermittlung des Trends der vom Lithotyp unabhängigen Konzentrationserhöhung mit zunehmender Teufe von Titan, Natrium und Aluminium.

Im Ergebnis der mathematisch-statistischen Untersuchungen wurde eine signifikant unterschiedliche sehr inhomogene Verteilung von Kalium in den gelben gegenüber den braunen Lithotypen nachgewiesen. K_2O hat in den Gelben Kohlen keinerlei korrelative Beziehungen zu den anderen untersuchten Stoffen. Der Effekt der inhomogenen Kaliumverteilung verstärkt sich dadurch, dass die gelben Kohlen eine effektivere Falle für Kalium aufgrund seines großen Atomradius darstellen.

Na_2O weist nur in den Gelben Kohlen höher signifikante Korrelationen mit CaO und MgO auf. Dies wirft Fragen hinsichtlich der hydrogeologischen Verhältnisse in der Moorphase und der offensichtlich damit zusammenhängenden Bänderung der Braunkohlen im Flözkomplex Bruckdorf auf. Die Bänderung konnte dadurch entstehen, dass oberflächlich anstehende Moorbereiche über längere Zeiträume oberhalb des Grundwasserspiegels bzw. im Grundwasserschwankungsbereich lagen und somit atmosphärischen Einflüssen (aerobe Verhältnisse) ausgesetzt waren. Der Austrag gelöster Stoffe verläuft besonders intensiv im Grundwasserschwankungsbereich. Innerhalb der Aerationzone, d. h. im Bereich oberhalb des Grundwasserspiegels einschließlich des vertikalen Schwankungsintervalls des Grundwasserniveaus, können Elution und Ilution in der Torfmasse effektiv stattfinden. So konnten außer den Inertiten und den lipoiden Stoffen alle Mikrokomponenten der Torfe zersetzt und ausgelesen werden. Die hellen Straten sind das Ergebnis dieses Prozesses. Nach der Elution dieser Stoffe kann nun eine Anreicherung der migrierten Substanzen in den unterhalb des Wasserspiegels befindlichen Moorbereichen erfolgen. Unter anaeroben Verhältnissen bilden sich hier braune Straten. Damit lässt sich die relative Armut anorganischer Substanzen in den Gelben Kohlen gut in Einklang bringen. Mit Ausnahme von Titan erfolgt die Anreicherung aller untersuchten anorganischen Komponenten in den Braunen Kohlen. Offensichtlich werden von den untersuchten Stoffen ausschließlich Titan und Kalium in den Gelben Kohlen festgehalten. Titan wie auch andere Elemente (z. B. Aluminium, Kalzium u. a.) neigt unter dem Einfluss organischer Substanzen zur Komplexbildung. Die Bildung von Komplexen ist u. a. auch die Voraussetzung für die Mobilisierung solcher Metalle wie Titan und Alu-

minium. Erst mit der Mobilisierung dieser Elemente ist eine Anreicherung mit zunehmender Teufe möglich.

Hinsichtlich des Verhaltens von Na_2O , CaO , MgO , K_2O , Fe_2O_3 , TiO_2 , SiO_2 und Al_2O_3 als anorganische Hauptkomponenten kann, ausgehend von den oben dargestellten Sachverhalten, eine prinzipielle zeitliche Reihenfolge ihrer Einlagerung in die Lithotypen abgeleitet werden:

1. Zuerst gelangen Natrium, Kalzium, Magnesium und Eisen über die Moorwässer mit der Torfmasse in Kontakt. Die Moorwässer ihrerseits werden durch das Grundwasser und auch durch zeitweilige Meerwasserzutritte beeinflusst. In der Moorphase werden die Komponenten von der organischen Masse absorbiert.
2. Nach der Absorption der Stoffe erfolgt im weiteren Verlauf des Moorstadiums eine vertikale Umverteilung. Natrium, Kalzium, Magnesium und Eisen werden aus den oberen der atmosphärischen Luft ausgesetzten Schichten verstärkt ausgetragen. Natrium behält dabei am längsten seine Mobilität und kann sich auch noch bis zum Weichbraunkohlenstadium gravitativ mit zunehmender Teufe anreichern.
3. Kalium wird dagegen in den oberen der Luft zugänglichen Schichten – den späteren gelben Straten gehalten. Kalium unterliegt bei der Herausbildung der Gelben Kohlen einer Umverteilung, die dadurch geprägt ist, dass das Kalium in Räume zwischen den lipidreichen Mazeraleinlagerungen verdrängt wird.
4. Die Komponenten Titan und Aluminium sind für die Absorption in die organische Masse nicht sofort verfügbar. Sie werden aus titan- und aluminiumhaltigen Mineralen (Oxyde bzw. Silikate) unter der Mitwirkung beispielsweise von Humin- und Fulvosäuren in den Moorwässern aufgeschlossen und mobilisiert (metallorganische Komplexbildung). Durch die so gewonnene Mobilität können sich beide Stoffe gravitativ mit wachsender Teufe anreichern. Bei diesem Vorgang konzentriert sich Titan zusätzlich in den Gelben Kohlen auf.

Wie oben beschrieben, sind innerhalb der Aerationzone des Moores Bedingungen vorzufinden, unter denen es zu einer Anreicherung lipoider Stoffe kam. Eben durch deren höhere Konzentration zeichnen sich die Gelben Kohlen aus. Die Lage der Aerationzone muss sich demnach auch in der Verteilung der Schwelteerausbeuten widerspiegeln. Ihr Verteilungsbild zeigt, dass die Bereiche mit Maxima der Schwelteerausbeuten entlang der Flankenbereiche der Senken des Prätertiärreliefs vorzufinden sind. Dies untermauert die Vorstellungen über die Wirkung der Aerationzone: Die Destruktionsprozesse, die im Endeffekt zur Bildung von gelben Straten führen, verlaufen heftiger in den Bereichen, wo häufiger Grundwasserspiegelschwankungen auftreten. Das ist der Fall an den Beckenrändern. In zentralen Beckenpartien haben Schwankungen des Grundwasserspiegels weniger Auswirkungen. Hier dominieren anaerob verlaufende Prozesse, die die Entstehung brauner Lithotypen nach sich ziehen. Innerhalb der Aerationzone ist die Infiltrationsgeschwindigkeit wie auch die Geschwindigkeit der Illuierung und Eluierung am höchsten. Im grundwassererfüllten Bereich sinkt diese in den Bereich der Geschwindigkeit von Diffusionsprozessen ab.

Die Untersuchung der Verteilung der Gesamtschwefelgehalte, der Schwefelgehalte in anorganischen Sulfiden und Sulfaten ergab den Trend einer generellen Verminderung der Gehalte im Zentrum des Beckens mit maximalen Tieflagen der Flözbasis. Dagegen steigen die Schwefelgehalte nach Südwesten in Richtung des natürlichen Flözausgehenden. Dieser Trend wird mit der Vorherrschaft eines stark reduzierenden Milieus besonders in den Tieflagen des Beckens erklärt. Die Reduktion des Sulfatdargebotes erfolgt dabei durch das Wirken anaerober Bakterien und stellt sich somit als biogeochemischer Prozess dar. Lokale Anreicherungen von Sulfiden und Sulfaten werden mit lokalen morphologischen Besonderheiten (z. B. Teilbecken kleinerer Ordnung mit stagnierenden Wässern) in Verbindung gebracht. Die kohlenchemischen Analysendaten sowie die Analysenwerte der anorganischen Aschehauptkomponenten aus dem Flözkomplex Bruckdorf wurden im Rahmen der vorliegenden Arbeit erstmalig einer eingehenden mathematisch-statistischen Analyse unterzogen. Im Ergebnis dieser Analyse wurde eine Typisierung der kohlenchemischen Parameter (organische und anorganische) vorgenommen. Die Analyse erlaubte eine genetische Zuordnung der Komponenten zu bestimmten Gruppen.

Es wurden die Hauptgruppen der lithophil-klastogenen (Si, Al, Ti, K), der chemo-biogenen (verbrennlicher Schwefel, Sulfide), der chemogenen (Sulfatschwefel), der organophilen (organophile-infiltrative- Na, K; organophil-chemogene- Sulfate, Ca, Mg;) und der organogenen (C, H, O, Schwelteer, Bitumen) Komponenten ausgegliedert. So wurden alle anorganischen Makroelemente konkreten Gruppen zugewiesen. Auf diese Weise stellt sich das flöztypische Verhalten der genannten Komponenten bzw. der spezifische Charakter der Bruckdorfer Braunkohlen dar.

Eine kombinierte Interpretation der Ergebnisse der mathematisch-statistischen Untersuchung der kohlenchemischen Parameter mit den Ergebnissen der röntgendiffraktometrischen Analytik an veraschten und unveraschten Braunkohlenproben erlaubt die Aussage, dass der Großteil der aschebildenden Elemente innerhalb der aschearmen Braunkohlen nicht an rein mineralische Stoffe gebunden ist. Geochemisch-biogeochemische Prozesse führten dazu, dass sich die anorganischen Komponenten in unterschiedlichsten Formen in die aus verschiedensten, kompliziert aufgebauten Molekülen bestehende organische Masse einbetten konnten. Dieser Sachverhalt wird durch die mikropetrographischen Eigenschaften der Braunkohlen maßgeblich beeinflusst. Mikropetrographisch ist für die Braunkohlen des Flözkomplexes Bruckdorf das Vorherrschen feindetritischer Materials charakteristisch, welches gemeinsam mit wenigen, fragmentarisch erhaltenen Gewebestrukturen in eine weitgehend amorphe Grundmasse integriert ist.

Die beschriebene Verteilung der Aschebildner zeugt von ihrer hauptsächlich syngenetischen Entstehung bereits im frühen Moorstadium. In diesem Stadium konnten die aschebildenden Komponenten als gelöste Stoffe oder in feindisperser Form in die organische Substanz bzw. in ihre Nähe gelangen. Die insgesamt hohen Gesamtschwefel- und Kalziumgehalte, die aus den Daten der Hauptkomponentenanalyse erhaltenen verschiedenen faziesanzeigenden Koeffizienten, geologische, stratigraphische und paläogeographische Kriterien kennzeichnen die fazielle Position des ursprünglichen Moores. Es handelt sich um küstennahe Bildungen, zu denen ein zeitweiser Kontakt mit den Meerwässern möglich war. Es konnte eine direkte marine Beeinflussung erfolgen. Die Bruckdorfer Braunkohlenflöze sind paralische Flöze.

Abstract

This paper's main goal was to investigate genetical aspects in the upper eocenic brown coal seam of Bruckdorf in the area of Halle-Bitterfeld, Germany. A summarized rating and analysis of geological and fuel-chemical data from three projects of geological exploration in the above-mentioned area served as basis.

For the first time, a summarizing model of the regional geological situation is presented. By analyzing the recent cenozoic layers morphology, the local sedimentation area characteristics were shown, taking into account the effect of eustatic sea-level changes and local tectonic processes. Paleogeographical grading and the results of investigating the facies situation characterize the investigated area as an influence sphere of frequent sea-level changes.

For the first time, distribution maps of the main chemical ash components, ash contents, Na₂O contents and the low-temperature carbonization tar are published.

The investigation results of the ash contents distribution allow a basic subdivision of different facies. They are differentiated by the amount of terrestrial material entering the fen.

The analysis of the Na₂O content distribution shows that maximum concentrations are situated in areas with maximum precenozoic surface depth. Also, they are located in relatively isolated centers of subordinated local basins. The quotients of chlorine and bromine amount to 300-400. This refers to a sedimentary formation mode of chemical groundwater constitution (connate sea water). The formation of the sodium content by waters from the zechstein-formation can be excluded.

Important results of the statistical analysis are the following:

- The fuel chemistry data have been statistically analyzed for the first time (descriptive methods, correlation analysis, factor analysis, cluster analysis) resulting in a classification of the brown coal fuel chemistry parameters. The components were subdivided into the following main groups: lithophile-clastogenic (Si, Al, Ti, K), chemo-biogenic (combustible sulfur, sulfides), chemogenic (sulfur in sulphates), organophile (subgroup organophile-infiltrative- Na, K; subgroup organophile-chemogenic- sulphates, Ca, Mg) and organogenic (C, H, O, tar, bitumen).
- Titanium is the only enriched inorganic main component in yellow brown coal stratums (by factor 1.4)
- With the help of correlation analysis a trend of increasing titanium, sodium and aluminum concentrations with increasing depth has been found. This trend does not depend on the lithotype.
- A significantly different inhomogeneous distribution of potassium has been detected in yellow lithotypes in difference to brown lithotypes. The inhomogeneous potassium distribution is being attributed to its large atomic radius.
- The basic timely embedment sequence of Na₂O, CaO, MgO, K₂O, Fe₂O₃, TiO₂, SiO₂ and Al₂O₃ into the lithotype stratums could be derived. The sequence begins with the components contacting the organic matter followed by their absorption. The next step is the redistribution of the embedded components. Components like titanium and aluminum are mobilized in presence of humic and fulvic acids (formation of organometallic complexes).

A combined interpretation of the statistic analysis results of fuel-chemical data, the x-ray-diffractometric analysis of brown coal ashes and untreated coal samples allow the conclusion that the ash-forming elements in low-ash brown coals are not only tied to mineral substance. Geochemical and biogeochemical processes lead to the embedment of inorganic components into the complex molecules of organic material.

The main part of the brown coal ashes components was syngenetically included in the organic material in a very early stadium of fen genesis. The final statistic analysis results, geological, stratigraphical and paleogeographical criterions are characterizing the facies position of the primary fen as a coastal formation with possible temporary sea water contact. The brown coal seams of Bruckdorf are paralic seams.

1. Einleitung

Die vorliegende Arbeit basiert auf Daten, die im Rahmen von Arbeiten zur geologischen Erkundung von Braunkohlen in den 1980-er Jahren im Gebiet zwischen Delitzsch im Süden, Bitterfeld im Osten, Köthen im Norden und Halle im Westen gewonnen wurden (Abb. 1). Die Daten stammen aus drei geographisch unmittelbar benachbarten Erkundungsgebieten, die im Zeitraum von 1981 bis 1987 untersucht wurden. In bergbaulicher Hinsicht entspricht das untersuchte Areal im weiteren Sinne der Region des so genannten Bitterfelder Braunkohlenreviers. Im engeren Sinne umfasst der betrachtete Raum das Gebiet zwischen dem eigentlichen Bitterfelder Revier (i. e. S.) im Osten, dem ehemaligen Braunkohlenförderrevier Weißsandt-Gölsau im Norden und dem Revier Halle im Westen (KUNERT et al. 1982, SPANGENBERG et al. 1984, KUNERT & KNOTH 1988, HARTMANN et al. 1988, PAPKE et al. 1989).

Das Untersuchungsgebiet nimmt eine Fläche von ca. 235 km² ein. Naturräumlich ist der Westteil des Gebietes dem Östlichen Harzvorland als südlicher Bereich des Mitteldeutschen Schwarzerdegebietes zuzuordnen. Die östliche Hälfte des Untersuchungsgebietes stellt das Leipziger Land als Nordteil des Sächsischen Hügellandes dar. Die nördliche Gebietsgrenze ist nahezu identisch mit dem Verlauf des Fuhnetals, welches den Südrand der Köthener Ebene bildet. Im Osten wird das Gebiet von der Dübener Heide begrenzt (MEYNEN et al. 1962, FRIEDRICH et al. 2002).

Zu dem Zeitpunkt, als das Gebiet intensiv geologisch erkundet wurde, oblagen die geologischen Erkundungsarbeiten für feste mineralische Rohstoffe hauptsächlich dem damaligen Kombinat Geologische Forschung und Erkundung Halle. Der Autor vorliegender Arbeit war in dieser Einrichtung in den Jahren von 1982 bis 1992 beschäftigt. Die Untersuchungsprogramme der Erkundungsarbeiten waren auf die Belange der braunkohlefördernden und braunkohleverarbeitenden Industrie abgestimmt. Dementsprechend erfolgte auch die Erstellung der jeweiligen Ergebnisberichte, welche nach Form und Inhalt gemäß der Richtlinie „Erkundungsmethodik Braunkohle“ (BOCHMANN & MITZINGER 1985) anzufertigen waren. Auf der Grundlage dieser Richtlinie existierte nur ein begrenzter Spielraum für die Bearbeitung weitergehender wissenschaftlicher Aufgabenstellungen. Selten ging die Berichterstellung über den Rahmen der von der Industrie geforderten Inhalte hinaus.

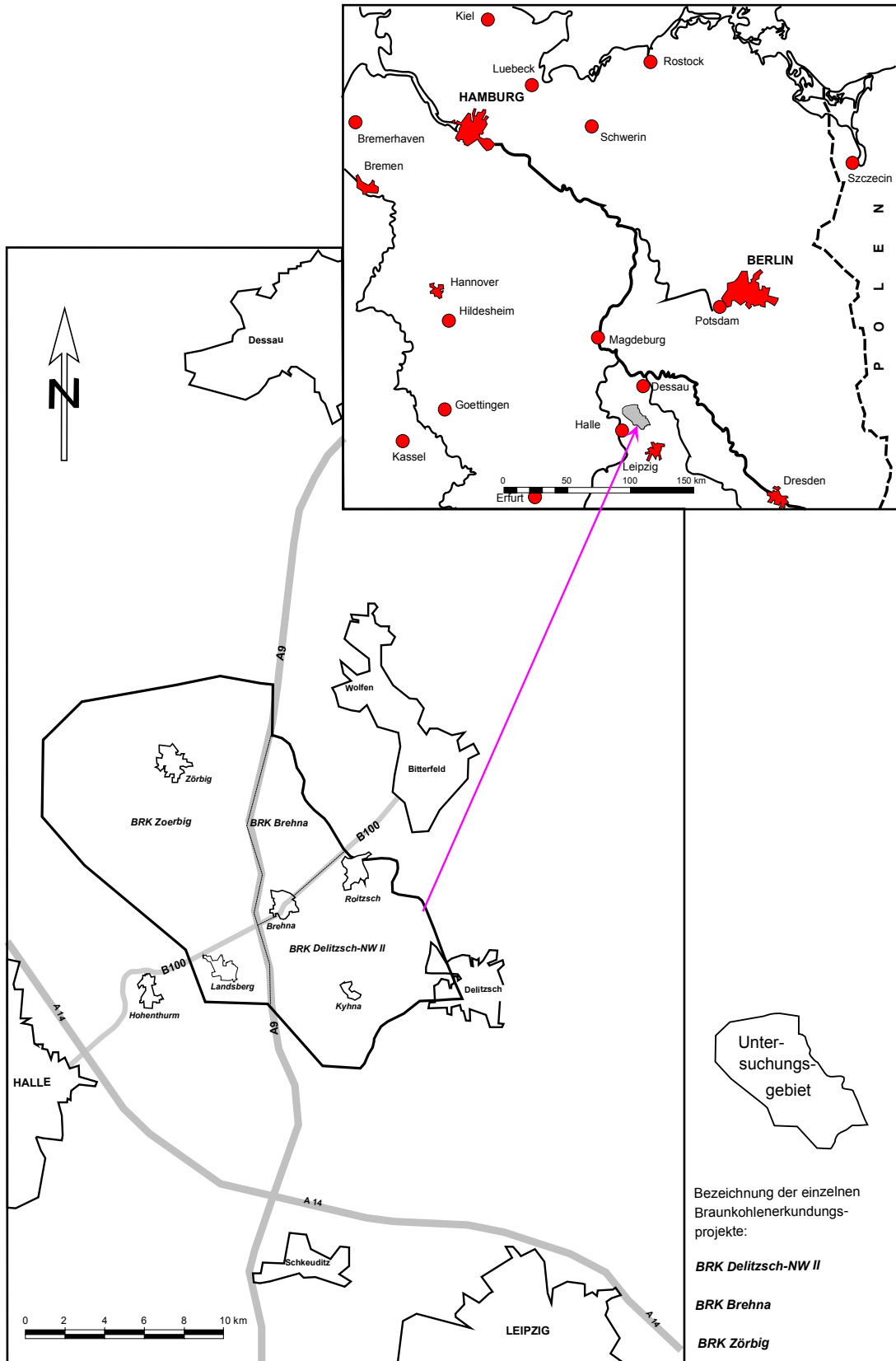


Abb.1: Geographische Übersicht und Lage des Untersuchungsgebietes

Die im Zuge der Bearbeitung der genannten Erkundungsvorhaben angehäuften immensen Datenmengen (Kap. 5) und die nach Vorgabe der braunkohlenverarbeitenden Industrie tatsächlich daraus gewonnenen Informationen und Erkenntnisse stehen in einem Missverhältnis. Dieser Widerspruch bildete den Anlass, sich der Findung einer wissenschaftlichen Aufgabenstellung näher zu widmen, um somit eine weitergehende Auswertung der umfangreichen geologischen Daten zu gewährleisten. In Anbetracht der großen Datenmengen und ihres breiten Spektrums war es für eine wissenschaftliche Bearbeitung notwendig, eine Auswahl von Daten aus dem für das Gebiet bestehenden Informationsbestand zu treffen.

Folgende Schwerpunktgebiete des gesamten Primärdatenbestandes dienten dabei der Datenauswahl:

1. Daten aus der geologischen Dokumentation von 598 in den Jahren von 1981 bis 1987 geteufte Bohrungen sowie Daten aus dem Altbestand (aus 2294 für verwendbar befundene Altbohrungen im betrachteten Gebiet)
2. Kohlenchemische, kohlenphysikalische und kohlenpetrographische Daten bzw. Analyseergebnisse aus den Flözkomplexen Bitterfeld (Miozän), Gröbers (Oligozän) und Bruckdorf (Eozän), die aus den vorgenannten Bohrungen stammen.

Bezüglich der kohlengeologischen Daten erfolgte nach diesen Kriterien vorrangig die Analyse von Informationen, die den Flözkomplex Bruckdorf als ältesten braunkohleführenden Komplex im Untersuchungsgebiet betreffen. Damit wird dem Rechnung getragen, dass sich im Flözkomplex Bruckdorf Prozesse, die im Zusammenhang mit der Entwicklung und Ausbildung der prätertiären Oberfläche stehen, offensichtlich am deutlichsten widerspiegeln. Das betrifft vor allem die Flözlagerungsverhältnisse und bestimmte stoffliche Eigenschaften der Braunkohlen.

2. Aufgabenstellung

Die Kenntnis darüber, dass sich für den zu betrachteten Raum hinsichtlich einiger Aspekte der Braunkohlengenese ständig bestimmte Fragestellungen wiederholen, führte zur vorbeschriebenen Datenauswahl. Das betrifft hauptsächlich folgende Fragestellungen:

- Welche Rolle haben bei der Entstehung von Mooren Transgressionen und Regressionen?
- Wie wirken sich Sachverhalte lokaler und regionaler Tektonik auf die Flözbildung aus?
- Welchen Einfluss haben paläogeographische und klimatische Faktoren auf die Flözbildung?
- Welcher Herkunft sind die einzelnen Komponenten? Woher rühren erhöhte Salzgehalte in den Braunkohlen?
- Wie konnten Komponenten aus dem Untergrund in die Torfmasse bzw. in die bereits formierten Braunkohlen gelangen (PAPKE et al. 1985, HARTMANN et al. 1988, EICHNER et al. 1990)?
- Welche Zusammenhänge bestehen zwischen den Konzentrationen und Verteilungen der Komponenten der Braunkohlen?

Für die Beantwortung dieser Fragen werden folgende Aufgabenkomplexe unterschieden:

Geologie des Untersuchungsgebietes

Anhand der Informationen zur Geologie des Untersuchungsgebietes soll die besondere Stellung des Flözkomplexes Bruckdorf herausgearbeitet werden. Dabei ist zu untersuchen, wie paläogeographische und geologische Faktoren bei der Entstehung und weiteren Entwicklung des Flözkomplexes wirkten.

Braunkohlengeologie

Im Rahmen einer Analyse der kohlengeologischen Daten (Flözmorphologie, Kohlenpetrographie, Kohlenphysik und Kohlenchemie) sind die spezifischen Eigenschaften der Braunkohlen des Flözkomplexes Bruckdorf aufzuzeigen. Daraus sollen Aussagen über die konkreten faziellen Verhältnisse während der Bildung der Bruckdorfer Braunkohlen im Untersuchungsgebiet, über die Entstehung des inneren Aufbaus und des jetzigen Erscheinungsbildes des Flözkomplexes abgeleitet werden.

Mathematisch-statistische Bearbeitung der kohlenchemischen Daten

Mit Hilfe einer eingehenden mathematisch-statistischen Auswertung der kohlenchemischen Daten, die die Braunkohlen des Flözkomplexes Bruckdorf betreffen, sollen innere stoffliche Zusammenhänge und Beziehungen der kohlenchemischen Parameter untereinander nachgewiesen werden. Auf der Basis der Analyse der kohlenchemischen Daten sollen die Genese der organischen und anorganischen Komponenten und ihre Beziehungen zueinander erklärt werden.

Mit der Verknüpfung der Erkenntnisse aus der Bearbeitung der aufgeführten drei Aufgabenkomplexe wird die Auffindung neuer Erkenntnisse angestrebt.

3. Methodik

Für die Schaffung einer Datenbasis als Grundlage für die Lösung der oben genannten Aufgaben war es zunächst notwendig, alle wichtigen geologischen Informationen und relevanten Analysendaten aus den drei oben aufgeführten Erkundungsgebieten zusammenzuführen (Abb. 1, Tab. 1).

Mit Hilfe der vorhandenen Informationen aus den verwendbaren Bohrungen wurde eine Mächtigtkeitsanalyse der alttertiären Schichten durchgeführt. Im Zuge dieser Analyse wurden Schichtpakete zu Sedimentkomplexen zusammengefasst, die die Zeiten vor, während und nach der Flözbildung repräsentieren. Durch die Auswertung der jeweiligen Veränderungen der Schichtmorphologie wurden die Klärung der Grundzüge der lokalen geologisch-tektonischen Verhältnisse des präkänozoischen Untergrundes in ihrem zeitlichen Verlauf sowie die Ausgliederung von Kontrollfaktoren für die Entstehung des vortertiären Reliefs ermöglicht. Auf der Grundlage einer paläogeographischen und faziell-geotektonischen Betrachtungsweise wurde die fazielle Position des Flözkomplexes Bruckdorf als Bestandteil eines Sedimentkomplexes zyklisch gebildeter Ablagerungen dargestellt.

Die kohlengeologische Charakterisierung der Braunkohlen des Flözkomplexes Bruckdorf erfolgte anhand der Analyse petrographischer, kohlenchemischer und kohlenphysikalischer Daten. Die Darstellung der stofflichen Spezifik der Braunkohlen des Flözkomplexes wurde durch Zuhilfenahme flächenhafter und räumlicher Darstellungen der Parameterveränderlichkeit erweitert.

Alle kohlenchemischen Analysenwerte wurden einer mathematisch-statistischen Auswertung unterzogen. Die Auswertung erfolgte schrittweise, beginnend mit einfachen deskriptiven und weiterführend mit fortgeschrittenen statistischen Methoden (Korrelationsanalyse, Faktorenanalyse, Clusteranalyse). Die gesamtheitliche Interpretation aller Ergebnisse der mathematisch-statistischen Analyse gestattete Aussagen über die Genese einzelner Komponenten und von Komponentengruppen zu treffen.

Die Verknüpfung der Aussagen der drei oben beschriebenen Komplexe methodischer Herangehens- und Untersuchungsweisen führte im Endeffekt zur Ausarbeitung einer Systematik, die eine genetische Einordnung aller betrachteten Komponenten erlaubte und zur Klärung spezifischer komponentenbezogener genetischer Sachverhalte beitrug.

4. Kenntnisstand

Die geologischen Verhältnisse wurden im betrachteten Gebiet im Rahmen der Berichterstattung zu früher durchgeführten Erkundungsarbeiten in Ergebnisberichten von KUNERT et al. (1982), SPANGENBERG et al. (1984), HARTMANN et al. (1988) und PAPKE et al. (1989) dargelegt. In den genannten unveröffentlichten Berichten wurde der vor der Durchführung der Arbeiten vorhandene Kenntnisstand berücksichtigt und eingearbeitet. Diese Ergebnisberichte beinhalten weitestgehend den bisher erreichten Kenntnisstand über die geologischen Verhältnisse im känozoischen Lockergesteinsstockwerk des betrachteten Gebietes. Danach können die Lagerungsverhältnisse, Schichtgeometrie, die hydrogeologischen Verhältnisse und die stratigraphische Position der Lockergesteinsbildungen als gut bekannt gelten. In den genannten Arbeiten sind u. a. auch die Eigenschaften der Flöze bzw. Flözgruppen hinsichtlich der Flözgeometrie, Kohlenpetrographie, Kohlenphysik und kohlenchemischen Zusammensetzung dargestellt. Vorhergehende Arbeiten zur allgemeinen Geologie des Gebietes lieferten LINSTOW (1912) und PIETZSCH (1925, 1962) und KÖLBEL et al. (1968).

In den 1960-er Jahren erfolgte eine umfassende systematische Darstellung des Kenntnisstandes durch PESTER (1967). Weitere regionalgeologische Beiträge zur Erfassung der Lagerungsverhältnisse im Känozoikum und zur geologischen Entwicklungsgeschichte stammen von KRUTZSCH (1955), KNOTH & SCHWAB (1972), LOTSCH (1979), PESTER (1981), FRÜHAUF (1990), HAUBOLD (1997) sowie von EISSMANN (1975) und EISSMANN & LITT (1994). Unter den Arbeiten zur Geologie des präkänozoischen Untergrundes seien die Arbeiten von SCHWAB (1964), KUNERT (1970), KNOTH & SCHWAB (1972) sowie von KAMPE (1985, 1987) genannt. Durch BLUMENSTENGEL et al. (1996) wurde die stratigraphische Stellung der tertiären Schichten präzisiert bzw. revidiert. Neuesten Ergebnisse über die Geologie sowie neue Aspekte zur Stratigraphie und Sequenzstratigraphie stammen von BACHMANN, EHLING, EICHNER & SCHWAB (in Vorbereitung).

Grundlegende Betrachtungen über die Bildungsweise von Kohlen stammen u. a. von POTONIÉ (1895), STILLE (1926), STUTZER (1926), BUBNOFF (1937), und JURASKY (1936). Die Entstehung von Kohlenflözen wird hier vorrangig auf tektonische Bewegungen im Untergrund zurückgeführt.

Wichtige frühe Beiträge zur Klassifizierung, Petrographie, Genese und moorfaziellen Entwicklung der Kohlen Deutschlands stammen von TEICHMÜLLER (1950, 1958, 1978) und THOMSON (1958). Einzelne Arbeiten zur petrographischen Einordnung von Braunkohlen verschiedener Reviere lieferten in den 1950/60-er Jahren UNGER (1957), TEICHMÜLLER (1958) und SÜSS et al. (1966).

Im Ostteil Deutschlands erfuhr die Entwicklung der Systematik der petrographischen Nomenklatur der Weichbraunkohlen, der faziellen Einordnung und mikropetrographischen Untersuchungsverfahren mit den 1970-er Jahren hinsichtlich ihrer Verknüpfung mit rohstoff- und erkundungstechnologischen Aspekten einen merklichen Aufschwung. Wegweisende Arbeiten lieferten GLÄSER (1968), SEIFERT et al. (1979), RASCHER et al. (1980), HILLE et al. (1984) und BOENISCH et al. (1977).

Mit der geochemischen Charakterisierung sowie der allgemeinen Zusammensetzung von Braunkohlen haben sich LISSNER et al. (1952, 1956), OELSCHLEGEL (1964), RÖSLER et al. (1977), RAMMLER et al. (1984) sowie BLANKENBURG (1987) eingehender beschäftigt. Es wird erkannt, dass die Basis für die stofflichen Eigenschaften der Braunkohlen bereits im frühen Moorstadium in Abhängigkeit von den sich gegenseitig bedingenden paläogeographischen, paläoklimatischen und paläobotanischen Faktoren gelegt wird. Davon hängen die Parameter des chemischen-geochemischen Milieus (pH, Eh) im Moor ab. Die Braunkohlen werden von den Autoren als eine Einheit dreier Teilsysteme betrachtet:

- organisches Teilsystem, welches auf Substanzen basiert, die im unveränderten pflanzlichen Material (Zellulose, Lignin, Wachse, Harze) vorkommen und die in Folge des biochemischen Abbaues des pflanzlichen Ausgangsmaterials (Huminstoffe) entstehen
- anorganisches Teilsystem, wozu nach BLANKENBURG (1987) klastische, chemogene und biogene anorganische Komponenten gezählt werden
- Teilsystem der Braunkohlenwässer, welches hauptsächlich durch das in Porenräumen vorkommende Wasser gebildet wird.

Mit der biochemischen Inkohlung befassten sich JACOB (1956, 1961), GINDORF et al. (1980), ROSELT (1981), SCHNEIDER (1986) und PÄTZ et al. (1986). Die biochemische Inkohlung wird hier als ein Prozess zunehmender Destruktion des organischen Materials und seiner Homogenisierung dargestellt. Die Gelifikation wurde als wichtiger kolloidchemischer Prozess in der Kohlengense erkannt.

Die Rolle und Eigenschaften der Huminstoffe besonders auch hinsichtlich ihrer Fähigkeit Metalle oder Nichtmetalle zu binden, wird eingehend bei WILDENHAIN (1969), BOUSKA (1981), STEVENSON (1982), BARWISE et al. (1983), KREJCI-GRAF (1984), GIVEN et al. (1987) und ABBT-BRAUN (1987) beschrieben. Bei WOLF (1990) werden die oben behandelten Fragen zur Genese und zur stofflichen Zusammensetzung zusammenfassend dargestellt. Gleichzeitig wird ein Beitrag über die Bindungsformen von anorganischen Komponenten in Braunkohlen des Merseburger Reviers erbracht. Durch WOLF (1990) werden auch Fragen der Genese von Alkalimetallen behandelt. Aus dieser Arbeit geht hervor, dass in den Braunkohlen des Flözes Bruckdorf Alkalimetalle sowohl als metallorganisch gebundene Komponenten und auch als Ionen vorkommen können. Es wird ein Überblick über die Möglichkeiten des Eintrags von Alkalimetallen und Chlor in die organische Substanz gegeben.

Mit der rohstofftechnologischer Charakteristik und der Genese von Salzkohlen beschäftigten sich intensiv JACOB (1961), HILLE (1977) und REUTER et al. (1981). Die Herkunft der Natriumgehalte der Mitteldeutschen Braunkohlen wird fast ausschließlich auf den syngenetischen und epigenetischen Einfluss mineralisierter Wässer aus dem Zechsteinsalinar zurückgeführt (ZIEGENHARDT et al. 1967, 1968 1972, HÜBNER 1977 u. v. a.). Bei FJODOROFF (1983) und IVANOVA (1985) wird dagegen für Kohlen des Donezbeckens eine primäre marin-brackische Genese der Natriumgehalte nachgewiesen. ZIMMERMANN (1992) erwägt nur theoretisch diesen Bildungsmechanismus als Möglichkeit zur Erklärung der erhöhten Natriumgehalte der Bruckdorfer Braunkohlen.

Bis weit in die 1980-er Jahre wurden im Osten Deutschlands Untersuchungen über die Nutzbarkeit (STOLPER 1956, 1960; MUCKE & LEGLER 1984), ökologische Aspekte (DÄSSLER et al. 1976; BÖRTITZ 1976) sowie über allgemeine Gesetzmäßigkeiten der Verteilung von Spurenelementen (auch Mikroelemente genannt, im Vergleich zu den Makroelementen – den chemischen Hauptkomponenten mit deutlich über 0,1 % Anteil am Aschegehalt) in den mitteldeutschen Braunkohlen durchgeführt. Arbeiten dazu existieren beispielsweise von DARBINJAN et al. (1987), DARBINJAN (1988) und ZIMMERMANN (1992), aus denen Erkenntnisse über genetische Sachverhalte, über die Bindungsformen und den Stoffhaushalt in Braunkohlen hervorgehen.

Untersuchungen im Ausland über rohstoffliche und ökologische Aspekte der Elementgehalte der Kohlen führten beispielsweise TAUPITZ (1984, Uran), ESKENAZY et al. (1982, Wolfram), HOKR (1977, Arsen) und KRICKO et al. (1984, Germanium, Gallium) durch.

Die eingehendste und immer noch zeitgemäße Arbeit über Fragen der Genese und der Verteilungsgesetzmäßigkeiten der anorganischen Makro- und Mikroelemente in Kohlen stammt von JUDOVIČ (1985). Auf der Basis einer genetischen Betrachtungsweise stellt er die verschiedenen Bindungsmöglichkeiten anorganischer Komponenten dar und liefert eine Klassifikation der mineralischen Komponenten nach genetischen Aspekten. JUDOVIČ ermittelte mathematisch-statistisch untermauerte weltweite Mittelwerte für die Spurenelementgehalte. Eine ähnlich umfangreiche Monographie über die Genese mineralischer Komponenten in Kohlen stammt von KOROBETZKI & ŠPIRT (1988).

Über die Herkunft des Schwefels in den Kohlen herrscht in der Gegenwart die ungeteilte Meinung, dass der größte Teil des Gesamtschwefels aus den Produkten der bakteriellen Sulfatreduktion stammt (VULPIUS et al. 1987, IVANOV et al. 1985, BRINKMANN 1977, BROWN et al. 1995 u. a.). Bei KISIL'ŠTEJN (1984, 1987) wurden neben Untersuchungsergebnissen über die Genese des Schwefels in Kohlen auch Regressionsgleichungen auf hohem Signifikanzniveau (95 %) vorgestellt, mit deren Hilfe eine Prognose von Schwefelgehalten verschiedener Bindungsformen sowie zahlreicher Mikroelementgehalte ermöglicht wird.

Ein völlig neues Verständnis von Kohlen als heterogene organische Stoffe wird bei PEN'KOFF (1996) gezeigt, wo die organische Substanz der Kohlen bzw. auch das gesamte mineralorganische System als Stoffdisperser chemischer Struktur verstanden wird (s. Kap. 7).

Weitere Informationen zum Kenntnisstand über bestimmte Teilgebiete werden in den jeweiligen folgenden Abschnitten gegeben.

5. Datenbasis

5.1 Herkunft der Daten

Die in der Arbeit verwendeten Daten stammen aus den unten aufgeführten Erkundungsvorhaben:

Erkundungsprojekt Braunkohle Brehna (1982 – 1984/ (SPANGENBERG et al. 1984). Hier erfolgte unter der Mitarbeit des Autors die geologische Feldbearbeitung und Probenahme an den getauften Bohrungen. Im Zusammenhang mit den Auswertungsarbeiten wurde die Bearbeitung des Ergebnisberichtsteils „Qualitative Rohstoffkennzeichnung“ (Braunkohlengologie, Braunkohlenpetrographie, Braunkohlenchemie, Braunkohlenphysik) als Grundlage für die Vorratsberechnung federführend vom Autor wahrgenommen.

Erkundungsprojekt Zörbig (1985 - 1988)/(HARTMANN et al. 1988). Hier oblagen dem Verfasser die Bearbeitung der Flözdocumentation und die Beprobung der Braunkohlen. Neben der Gesamtleitung der Auswertungsarbeiten wurde durch den Verfasser der Ergebnisberichtsteil „Qualitative Rohstoffkennzeichnung“ erstellt.

Erkundungsprojekt Delitzsch NW-II (1987 - 1989)/(PAPKE et al. 1989). Die Abarbeitung dieses Vorhabens erfolgte in einem Zeitraum, als der Autor zeitweise als Leiter der Betriebsabteilung eingesetzt war, innerhalb derer die Bearbeitung verschiedener Erkundungsprojekte so auch des genannten Projektes abgewickelt wurde. Durch den Verfasser vorliegender Arbeit bzw. unter seiner Leitung wurde hier wiederum der Ergebnisberichtsteil „Qualitative Rohstoffkennzeichnung“ angefertigt.

Aus Tab. 1 geht die Anzahl der im Rahmen der oben beschriebenen Erkundungsvorhaben geteuf-ten Bohrungen bzw. der in die Auswertung eingegangenen Altbohrungen hervor (Abb. 2).

Tab. 1: Anzahl der verwendeten Neu- und Altbohrungen im Untersuchungsgebiet

Bezeichnung des Untersuchungsgebietes	Anzahl der neu geteuf-ten Bohrungen	Anzahl der verwendeten Altbohrungen	Gesamtbearbeitungszeit
Brehna 1984	55	600	1982-1985
Zörbig 1988	211	512	1985-1987
Delitzsch NW II 1989	332	1182	1986-1989

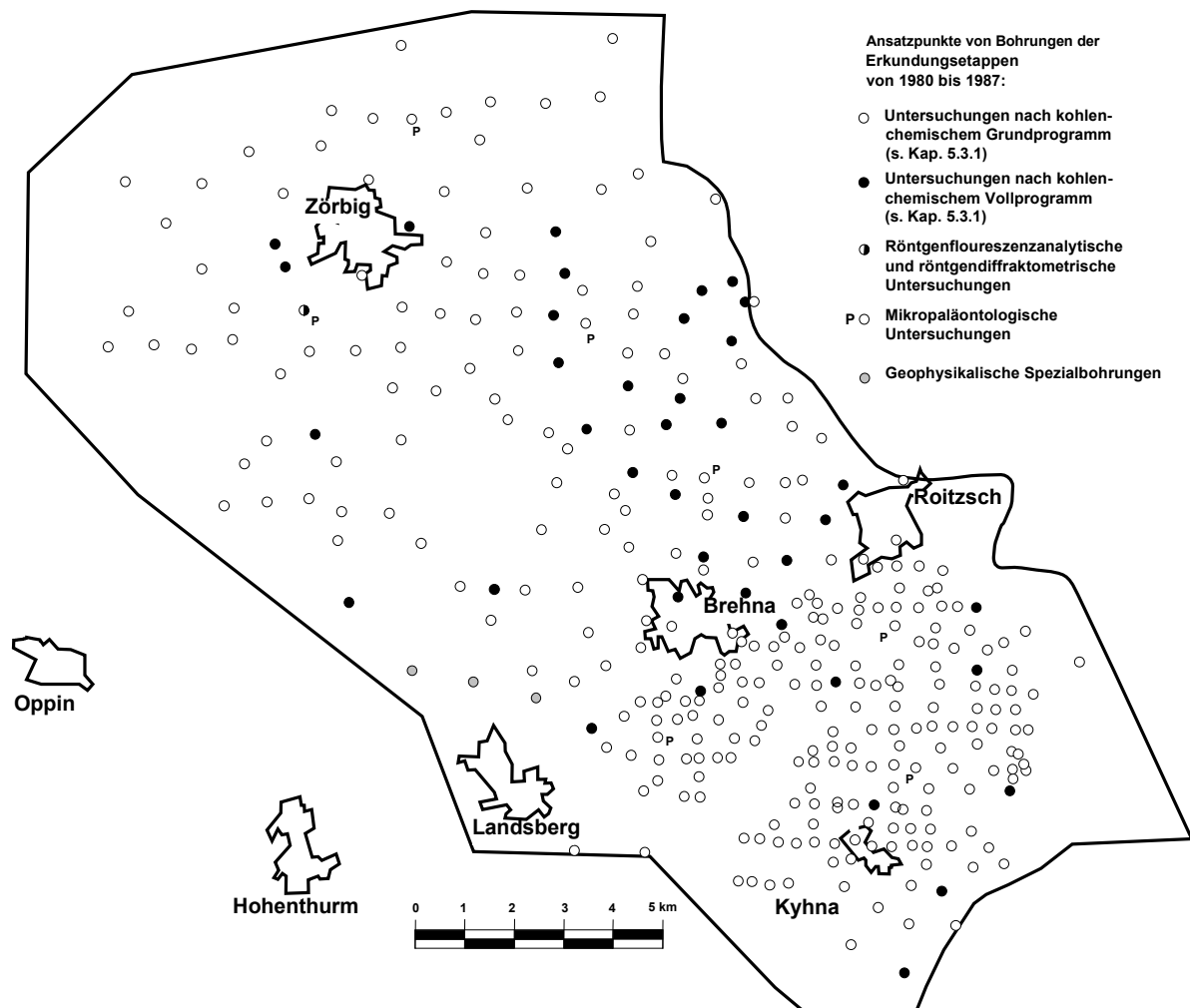


Abb. 2: Lage der verwendeten Neuaufschlüsse im Untersuchungsgebiet

Das Hauptziel der Erkundungsarbeiten bestand in der allgemeinen und qualitätsbezogenen Ermittlung der Braunkohlenvorräte der Flözkomplexe Bitterfeld, Gröbers und Bruckdorf. Insgesamt waren die Erkundungsarbeiten so angelegt, dass die geplanten Untersuchungen neben der Ermittlung der Braunkohlenvorräte auch die Erstellung von Vorratsberechnungen aller potentiell nutzbaren Stoffe und Komponenten erlaubte. Außer den rohstoffbezogenen Fragestellungen wurden im Rahmen der Erkundungsarbeiten alle für die spätere Abbautechnologie relevanten ingenieurgeologischen, hydrogeologischen sowie auch bodenkundlichen Sachverhalte bearbeitet. Alle neu geplanten Bohrungen wurden im Gegensatz zu vielen Altbohrungen bis in den prätertiären Untergrund verteuft und bohrlochgeophysikalisch vermessen (s. unten). Im Zuge der Projektierung bzw. im Vorfeld der Erkundungsarbeiten erfolgte eine umfassende Kenntnisstandsanalyse, in die alle verfügbaren Informationen über die Geologie der zu erkundenden Flächen einfließen. Diese Daten sind hauptsächlich folgender Herkunft:

- Angaben aus allen staatlich beauftragten Kartierungsbohrungen seit Ende des 19. Jahrhunderts aus staatlichen Archiven (Zentrales Geologisches Institut Berlin, Bezirksstellen für Geologie, VEB Geologische Forschung und Erkundung, Geologische Kommission (ehem. staatliche Einrichtung))

In Form von Schichtenverzeichnissen, Ergebnisberichten mit Vorratsberechnungen, bohrlochgeophysikalischen Messkurven, Analysenwerten u. v. a. gelangten folgende Angaben zur Auswertung:

- Angaben aus allen früher durchgeführten Braunkohlenerkundungen seit Beginn des 20. Jahrhunderts (Archiv des damaligen Braunkohlenkombinates Bitterfeld in Leipzig/heute LMBV GmbH in Bitterfeld)
- Angaben aus allen früher durchgeführten Erkundungen auf Trink- und Brauchwasser seit Beginn des 20. Jahrhunderts (Archiv der damaligen Wasserwirtschaftsdirektion Halle/heute Landesverwaltungsamt Sachsen-Anhalt)
- Angaben aus allen früher durchgeführten Erkundungen auf Baurohstoffe und Rohstoffe für grob- und feinkeramische Zwecke seit Beginn des 20. Jahrhunderts (Zentrales Geologisches Institut - heute FUGRO Consult Berlin, Bezirksstellen für Geologie - heute Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt, Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie, VEB Geologische Forschung und Erkundung Halle – heute GFE Consult GmbH)
- Angaben aus Bohrungen, die durch die SDAG-Wismut zur Erzerkundung durchgeführt wurden
- Angaben aus allen vorhandenen wissenschaftlichen Kartenwerken, die bis zum damaligen Zeitraum über geologische Sachverhalte im Untersuchungsgebiet erstellt wurden (Hydrogeologisches Kartenwerk 1 : 50 000; Lithofazieskarte Quartär, geologische Messtischblätter).

Vor Beginn der Bohrarbeiten wurden die Erkundungsgebiete mit oberflächengeophysikalischen Messungen untersucht. Dabei wurden Verfahren der Gravimetrie, der Nahseismik und der vertikalen elektrischen Tiefensondierung kombiniert eingesetzt. Alle in den 1980-er Jahren geteuften Bohrungen wurden gemäß dem Standardprogramm für die Braunkohlenerkundung (Kaliber, Gamma-/Gamma-Gamma-Log, Neutron-Neutron-Log, LN-Log und elektrischer Widerstand) vermessen. Diese Messergebnisse hatten das Primat bei der bohrungsbezogenen Festlegung der Schichtgrenzen. Außerdem dienten die bohrlochgeophysikalischen Messergebnisse als quantitative Interpretation der Komplettierung ingenieurgeologischer (Dichte, Wassergehalt, Wassersättigungsgrad, Porenvolumen), kohlenchemischer (Aschegehalt, Heizwert) und kohlenphysikalischer Laboruntersuchungen.

5.2 Datenaufbereitung und Datenauswertung

Im Zuge der Auswertung der Erkundungsarbeiten wurden die gewonnenen Daten aus den Bohrungen (geologische Schichtdaten, bohrlochgeophysikalische Daten, chemische und physikalische Analysenwerte, petrographische und paläontologische Untersuchungsergebnisse), die Ergebnisse oberflächengeophysikalischer Untersuchungen sowie relevante Altdaten verarbeitet. Die Dokumentation der Bohrungen (Koordinaten, absolute Höhen der Schichtgrenzen, Mächtigkeiten, Schichtbeschreibung) wurden auf elektronischen Datenträgern erfasst. Die so entstandene gebietsspezifische Datenbank fand Eingang in die in den 1980-er Jahren aufgebauten zentralen Datenbanken DSE (Datenbank der Braunkohlenindustrie), Datenspeicher Känozoikum (Datenbank im ehemaligen ZGI Berlin) und HYRA (hydrogeologische Datenbank). Dezentral wurden für alle anderen Belange der Rohstofferkundung auf der Grundlage der angefallenen Analysenwerte (Ingenieurgeologische Kenngrößen, Wasseranalysen, kohlenchemische, kohlenphysikalische Analysen und andere rohstoffbezogene Qualitätsparameter) entsprechende Datenbanken aufgebaut. Mit Hilfe dieser gebietsspezifischen Datenbanken wurde die rechnergestützte Ausgabe der erforderlichen thematischen Karten (Mächtigkeitskarten, Isolinienkarten des Liegenden und des Hangenden wichtiger Horizonte, Verbreitungskarten, Schnittdarstellungen u. a.) ermöglicht. Es soll hervorgehoben werden, dass im betrachteten Gebiet eine sehr hohe Untersuchungsdichte vorliegt. Damit wird eine hohe Sicherheit in der Darstellung des örtlichen geologischen Modells erreicht.

5.3 Untersuchungen an Braunkohlenproben

Alle verwendeten kohlenchemischen und kohlenphysikalischen Analysen wurden in den Jahren von 1981 bis 1989 durch das kohlenchemische Labor Freital im damaligen VEB GFE Freiberg erstellt.

5.3.1 Kohlenchemische Untersuchungen

Aus Tab. 2 sind die Inhalte der durchgeführten kohlenchemischen Untersuchungen ersichtlich.

Tab. 2: Übersicht über Art und Umfang kohlenchemischer Untersuchungen*

Parameter	Symbol	Maßeinheit	Anzahl d. Unters.	TGL-Norm Gruppe 11200	Bemerkungen
Aschegehalt	A ^d	Masse-%	3691	9493	Veraschung bei 815 °C
<u>Schwelanalyse</u>				15385	Verschwelung bis max. 520 °C
<i>Schwelteergehalt</i>	T _{sk} ^d	Masse-%	3011		
<i>Schwelgasanteil*</i>	G _{sk} ^d	Masse-%	3011		
<i>Schwelkoksanteil*</i>	S _{sk} ^d	Masse-%	3010		
<i>Schwelwasser *</i>	W _{sk} ^d	Masse-%	3010		
Bitumen	B ^d	Masse-%	1382	33671	Extraktion mit Benzol
Gesamtschwefel	S _t ^d	Masse-%	1435	14481	Aufschluss nach ESCHKA
Alkaligehalt	Na ₂ O _g	Masse-%	2375	Gruppe 11200	Summe aus K ₂ O u. Na ₂ O
Unterer Heizwert*	Q _i ^d	MJ/kg	3687	9494	in kalorimetrischer Bombe

* Die in Tab. 2 und Tab. 3 benutzten Abkürzungen sind im Glossar (Abkürzungsverzeichnis) erläutert.

Fortsetzung Tab. 2

Parameter	Symbol	Maßeinheit	Anzahl d. Unters.	TGL-Norm Gruppe 11200	Bemerkungen
<u>Kohleelementaranalyse</u>				Gruppe 11200	
Kohlenstoff	C ^d	Masse-%	1087	14479	
Wasserstoff	H ^d	Masse-%	1087	14479	
verbr. Schwefel	Sc ^d	Masse-%	985	14481	
Sauerstoff*	O ^d	Masse-%	171		verbrennt bei 815 °C
Stickstoff*	N ^d	Masse-%	176		als Differenz zu (H ^d + N ^d)
Sulfidschwefel	S _p ^d	Masse-%	605	14481	entweicht als H ₂ S mit HCl
Sulfatschwefel	S _{so4} ^d	Masse-%	604	14481	geht mit HCl in Lösung
<u>Ascheelementaranalyse</u>				Gruppe 11200	
	SiO ₂	Masse-%	557		
	Al ₂ O ₃	Masse-%			
	CaO MgO	Masse-%			
	Na ₂ O	Masse-%			
	TiO ₂	Masse-%			
	Fe ₂ O ₃	Masse-%			
	K ₂ O	Masse-%			
	SO ₃	Masse-%			
An Natrium gebundenes Chlor	Cl ⁻	Masse-%	1214	Gruppe 11200	nasschemisch
flüchtige Komponenten*	V ^d	Vol %	171	Gruppe 11200	
Sandgehalt*	Sg	Masse-%	1351	Gruppe 11200	Rückstand unlöslich in HCl
Remissionsgrad*	Rem		1882	Gruppe 11200	Messung der Lichtreflexion
Phosphorgehalt*	P ₂ O ₅	Masse-%		14482	nasschemisch
<u>Ascheschmelzverhalten*</u>				Gruppe 11200	
Glühpunkt	t _a	°C	831		
Schmelzpunkt	t _b	°C	718		
Fließpunkt	t _c	°C	623		
<u>Bestimmung von Spurenelementgehalten</u>	Li, Hg, Ba, Ge, U, Ga, Sb, Sn, Pb, Zn, Cd, Cu, Zi, Ag,	ppm	249		verschiedene Methoden: AAS; NAA; RFA, nasschemisch; Spektralanalyse

(* wegen fehlender Relevanz in der vorliegenden Arbeit nicht berücksichtigt)

Alle während der Feldarbeiten entnommenen Proben aus den Flözbereichen wurden kohlenchemischen Untersuchungen unterzogen. Die Mehrzahl der Untersuchungen wurde nach dem folgendem „Standardprogramm“ ausgeführt:

Aschegehalt (A^d), Unterer Heizwert (Q_i^d), Gesamtschwefelgehalt (S_t^d), Schwelanalyse (T_{sk}^d, G_{sk}^d, S_{sk}^d, W_{sk}^d), Bitumengehalt (B^d), Alkaliegehalt (Na₂O_g)

Das „Vollprogramm“ der kohlenchemischen Untersuchungen beinhaltet neben den Analysen des „Standardprogramms“ die Kohleelementaranalyse und die Ascheelementaranalyse (Tab. 2).

Diese Untersuchungen wurden an Proben einer begrenzten Auswahl von Bohrungen durchgeführt. Analysen aller weiteren in Tab. 2 aufgeführten Größen wurden über die zu erkundenden Flächen an ausgewählten einzelnen Proben durchgeführt. Alle zur Untersuchung gelangten Proben wurden nach Lithotypen über die Gesamtmächtigkeit der Straten als Punktschlitzprobe entnommen. Dabei liegen die Mächtigkeiten einzelner Probensektionen grundsätzlich zwischen 10 und 100 cm.

Aus allen drei genannten Erkundungsfeldern (Tab. 1, Kap. 5.1) wurden durch den Autor zur Verwendung in vorliegender Arbeit ausschließlich Analysen aus Bohrungen ausgewählt, die nach

dem oben genannten „Vollprogramm“ untersucht wurden. Konkret handelt es sich hierbei um insgesamt 557 untersuchte Einzelproben aus 42 Bohrungen, die sich auf den Flözkomplex Bruckdorf beziehen. Die Beschränkung der Datenauswahl aus den seiner Zeit erkundungsfeldbezogen erstellten-kohlenchemischen Datenbanken auf die Daten gemäß „Vollprogramm“ hat u. a. den Hintergrund, dass bei einer statistischen Bearbeitung eine Datenbank ohne Fehlstellen vorliegt. Somit entfällt hier eine spezielle Fehlstellenbehandlung („missing value treatment“). Dadurch kann von vornherein das Einbringen zusätzlicher statistischer Unsicherheiten minimiert werden.

Außer den genannten Parametern sind in der selektiven Datenbank Identdaten (Bohrungsbezeichnung, Koordinaten und absolute Höhen der Probenintervalle), die Mächtigkeiten der Probenintervalle und Lithotypenbezeichnungen je Probenintervall enthalten. Die Datenbank ist die Grundlage für die Aussagen, die in den Kapiteln 7.2, 7.3 und 8 dargestellt werden.

5.3.2 Kohlenphysikalische Untersuchungen

In Tab. 3 sind die durchgeführten kohlenphysikalischen Untersuchungen aufgeführt.

Tab. 3: Übersicht über Art und Umfang kohlenphysikalischer Untersuchungen

Parameter/Maßeinheit	Symbol	Anzahl	TGL-Norm	Bemerkungen
Rohdichte [g/cm ³]	ρ_r	130	11462	natürliche Dichte
Trockenrohichte [g/cm ³]	ρ^d	130	11462	
Rohwassergehalt [M-%]	w_r	130	11462	natürlicher Wassergehalt
Wassersättigungsgrad [%]	S_r	130	11462	
natürl. Porenvolumen [%]	e_n	130	11462	
Aschegehalt [M%]	A^d	130	9493	

Die kohlenphysikalischen Untersuchungen wurden an einzelnen ungestörten Proben vorgenommen, die aus allen Bereichen des Flözkomplexes (in der Fläche wie im Profil) stammen. Eine Charakteristik der kohlenphysikalischen Eigenschaften des Bruckdorfer Flözkomplexes wird in Kap. 7.3 gegeben.

5.3.3 Sonstige Untersuchungen

Zur Klärung technologischer Eigenschaften der Braunkohlen dienten größere Probenmengen als Sammelprobe der Untersuchung von Brikettiereigenschaften. Ebenfalls zum Zweck der Bestimmung technologischer Eigenschaften wurden an einer geringen Anzahl von lithotypenspezifischen Proben quantitative mikropetrographische Bestimmungen vorgenommen („Quantitative mikropetrographische Analyse“ - QMA/QMAT; SCHNEIDER 1980, 1984, KÜNSTNER et al. 1986, SCHNEIDER in SPANGENBERG et al. (1984) und in HARTMANN et al. 1988)

Röntgenfluoreszenzanalytische Untersuchungen wurden außerhalb der regulären Erkundungsarbeiten im Rahmen der vorliegenden Arbeit an 5 Proben aus dem Flöz Bruckdorf aus der Bohrung *Zör 100/85* durchgeführt. Diese Analysen wurden an der unveraschten Substanz auf die Elemente Zr, Ce, Ge, Ga, Cu, Ni, Fe, Co, Rb, Ta, F, Cl, Se, Cd, Zn, Sn, Sr sowie für die chemischen Hauptkomponenten SiO₂, Al₂O₃, TiO₂, Fe₂O₃, CaO, MgO, Na₂O, K₂O und SO₃ durchgeführt. Die Untersuchungen wurden durch Herrn Dipl.-Geochem. B. Stottmeister (GFE Halle) ausgeführt (s. Anl. 5). Röntgendiffraktometrische Untersuchungen als halbquantitative Methode zur Bestimmung der mineralischen Bestandteile wurden aus dem Material der oben genannten Proben im unveraschten Zustand sowie an den Aschen der Proben ausgeführt. Diese Untersuchungsarbeiten wurden von Herrn Dipl.-Chem. L. Hettstedt (GFE Halle) vorgenommen (Anl. 6).

6. Geologischer Aufbau des Untersuchungsgebietes

6.1 Regionalgeologisch-geotektonische Einordnung des Untersuchungsgebietes

Entsprechend der regionalgeologischen Grundgliederung (KATZUNG et al. 1983, 1993) befindet sich das Untersuchungsgebiet im Südwestteil der Halle-Wittenberger-Scholle (Abb. 3c/KNOTH & SCHWAB 1972). Im Südwesten wird das Gebiet durch die NW-SE verlaufende Hallesche Störung von der Lützenscher Tiefscholle getrennt. Die Nordwestsächsische Hochscholle, abgegrenzt durch die Hallesche und die Rötthaer Störung, bildet im weiteren Sinne die regionale südwestliche Begrenzung des Arbeitsgebietes (direkte Begrenzung durch die Rhyolithauftragungen von Löbejün-Petersberg-Landsberg-Zwöckau). Die Nordostgrenze wird durch die Köthen-Bitterfelder Störungszone gekennzeichnet (Abb. 3).

Das Arbeitsgebiet befindet sich im Nordteil des Saxothuringikums unmittelbar an der Grenze zum Rhenoharzynikum. Damit liegt das Untersuchungsgebiet mit seinem Nordteil auf der Mitteldeutschen Kristallzone und mit seinem Südteil auf der Niederlausitzer Synklinalzone. Entsprechend der Grundgebirgsgliederung (Variszikum) liegt das Arbeitsgebiet im Grenzbereich zwischen der Thüringisch-Nordsächsischen Antiklinalzone und der Südostharz-Antiklinalzone. Über dem Grundgebirge lagern die Gesteine des Übergangsstockwerkes (Permokarbon) und bilden dabei im betrachteten Raum die Füllung der Halleschen und Südanhaltischen Mulde, die ihrerseits Bestandteil der Mitteldeutschen Senkenzone sind (Abb. 3b).

Diese regionale Gliederung, die sich hauptsächlich aus der Strukturierung paläozoischer Bildungen ergibt, prägte die Anlage von tertiären Sedimentationsbecken. Innerhalb dieses Sedimentationsbeckens befindet sich das Untersuchungsgebiet (LOTSCH 1979, HENNINGSEN & KATZUNG 1992) nördlich der Westsächsisch-Anhaltischen Tertiärsenke im Südwesten der Anhaltischen Teilsenke (Abb. 3c).

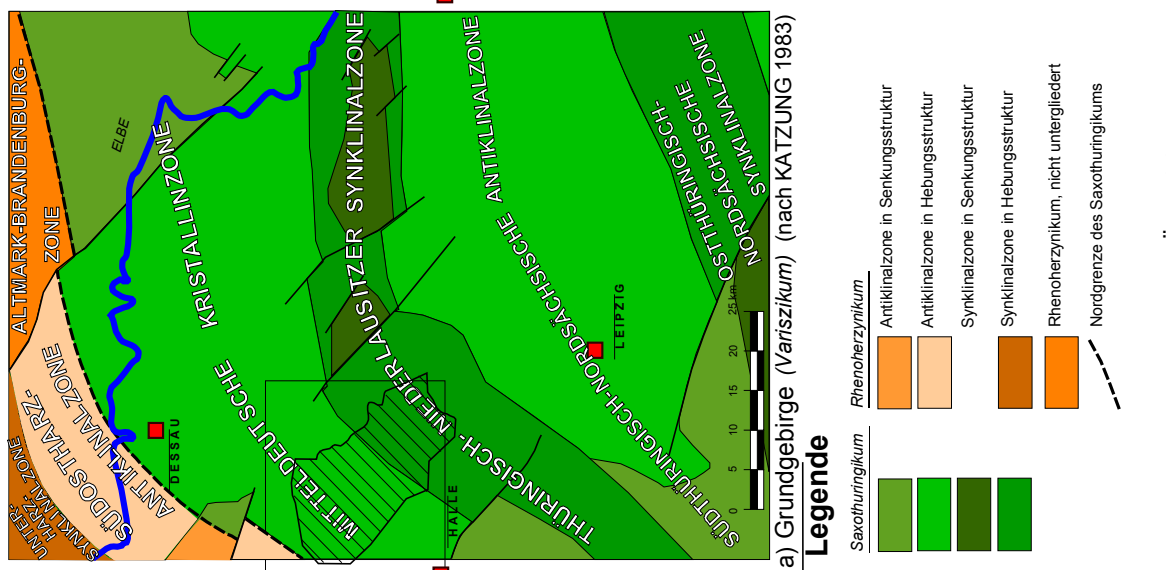
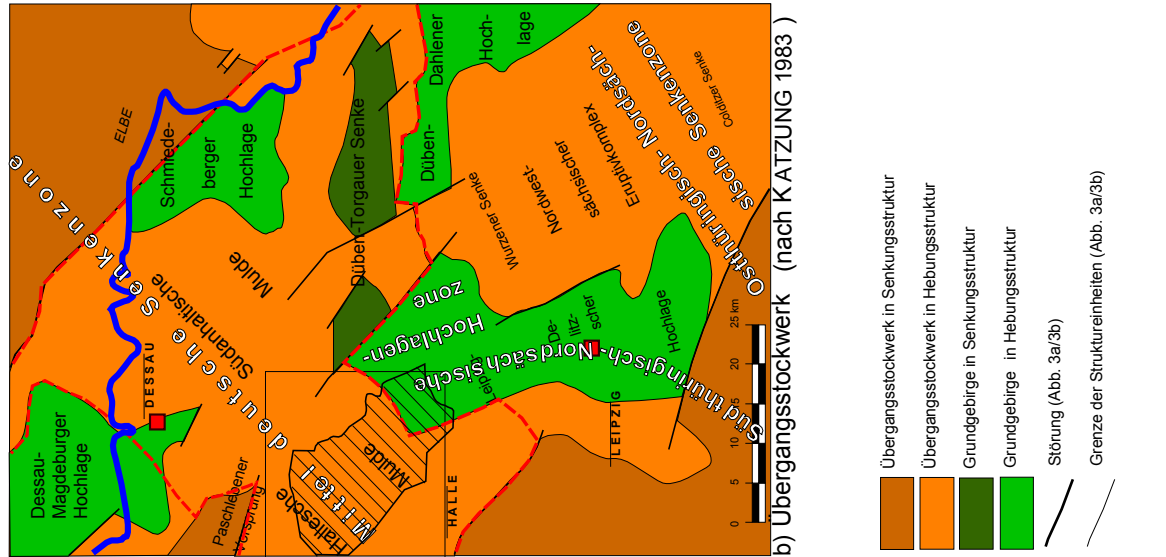
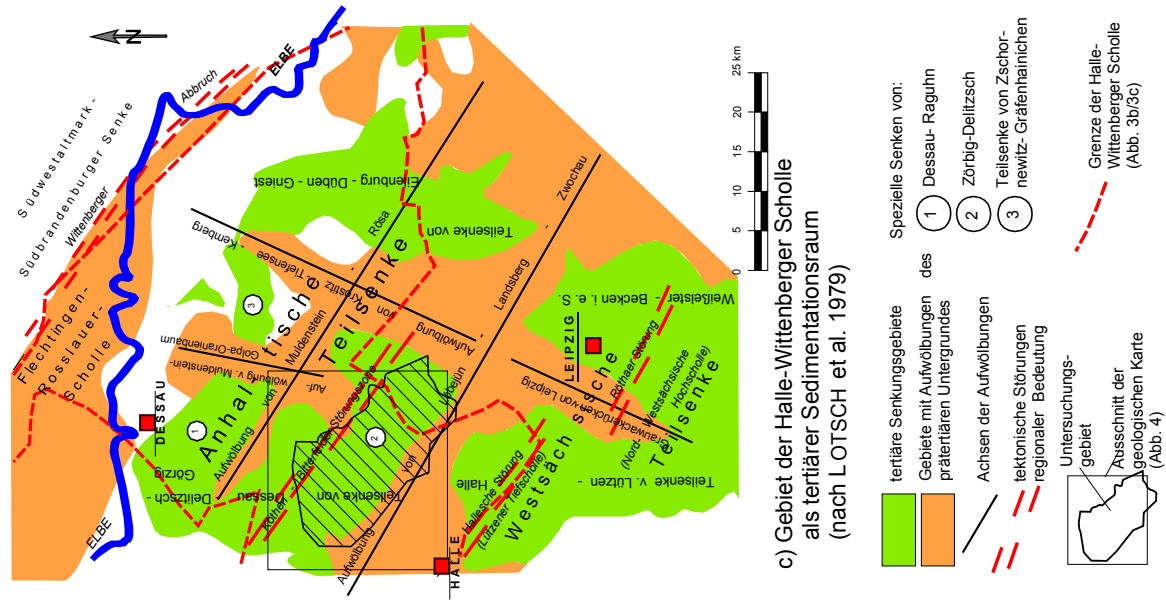


Abb. 3: Regionalgeologische Übersicht

6.2 Tektonik

Der prätertiäre Untergrund stellt sich in tektonischer Hinsicht als ein kompliziert gebautes Schollenmosaik dar. Es wird vorrangig von herzynisch (flach- und steilherzynisch) streichenden Störungen gebildet und dabei von erzgebirgisch verlaufenden Querstörungen durchkreuzt. Die Störungen wurden mit Bohrungen und oberflächengeophysikalischen Untersuchungen (Nahseismik, Gravimetrie, Geoelektrik, Geomagnetik) nachgewiesen (SPANGENBERG et al. 1984, HARTMANN et al. 1988, PAPKE et al. 1989). Über die Versätze und das Einfallen der Störungen liegen keine gesicherten Kenntnisse vor. Die tektonischen Bewegungen, welche das heute vorliegende Bruchschollenbild maßgeblich prägten, setzten im Unterperm einhergehend mit starker vulkanischer Tätigkeit ein und fanden weitgehend ihren Abschluss in weiteren bruchtektonischen Aktivitäten zum Ende des Mesozoikums. Dabei muss davon ausgegangen werden, dass die wichtigsten Störungen bzw. Störungszonen bereits prävariszisch angelegt waren.

6.3 Geologie und Lagerungsverhältnisse

Die geologischen Verhältnisse des Prätertiärs im Untersuchungsgebiet werden durch die geologische Karte ohne känozoische Bildungen (Abb. 4, Anl. 7) sowie durch 4 geologische Schnitte (Abb. 6-9) illustriert. Diese Unterlagen werden in dieser Form erstmals vorgelegt und wurden im Rahmen der vorliegenden Arbeit vom Autor bearbeitet bzw. neu erstellt.

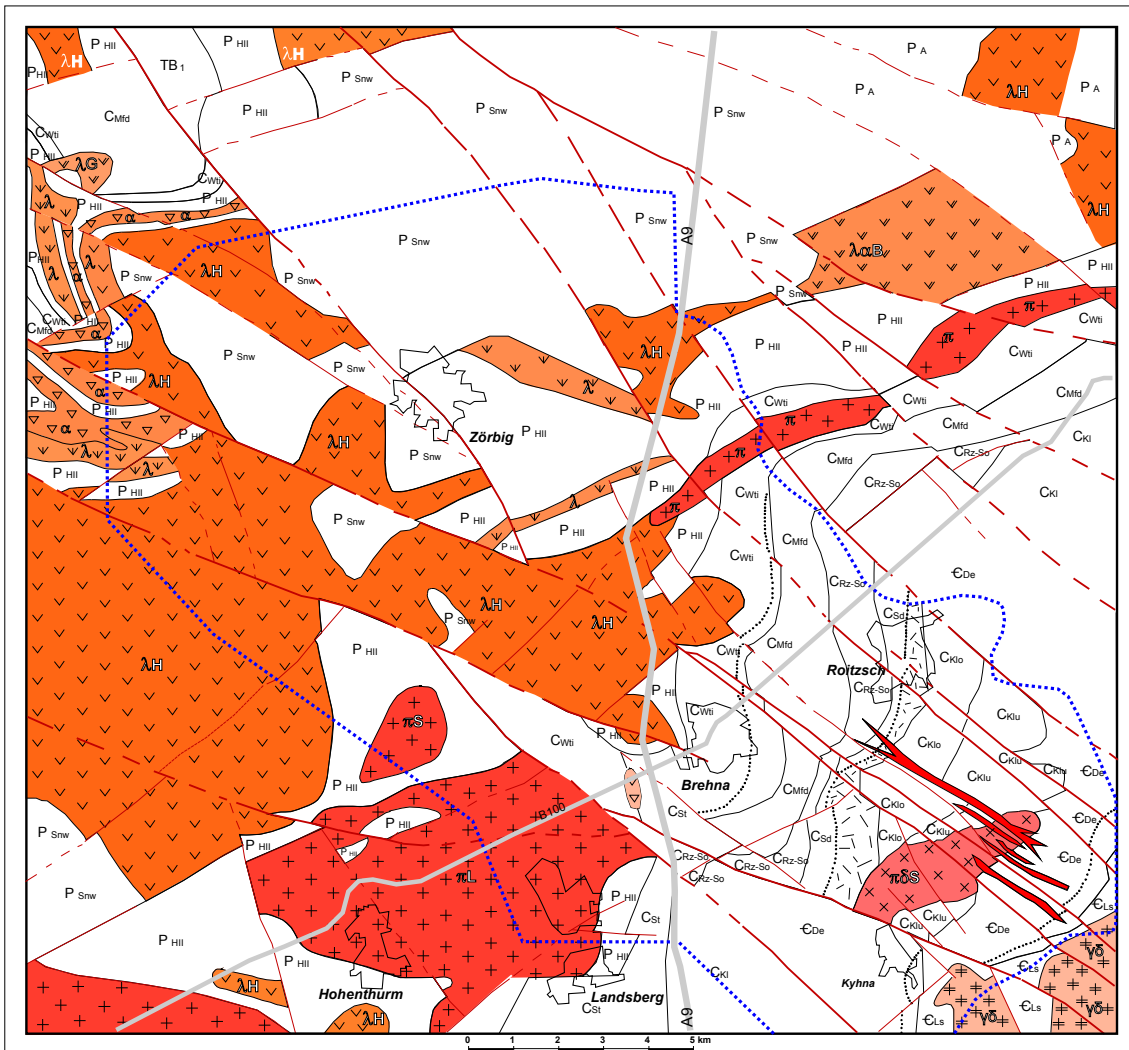
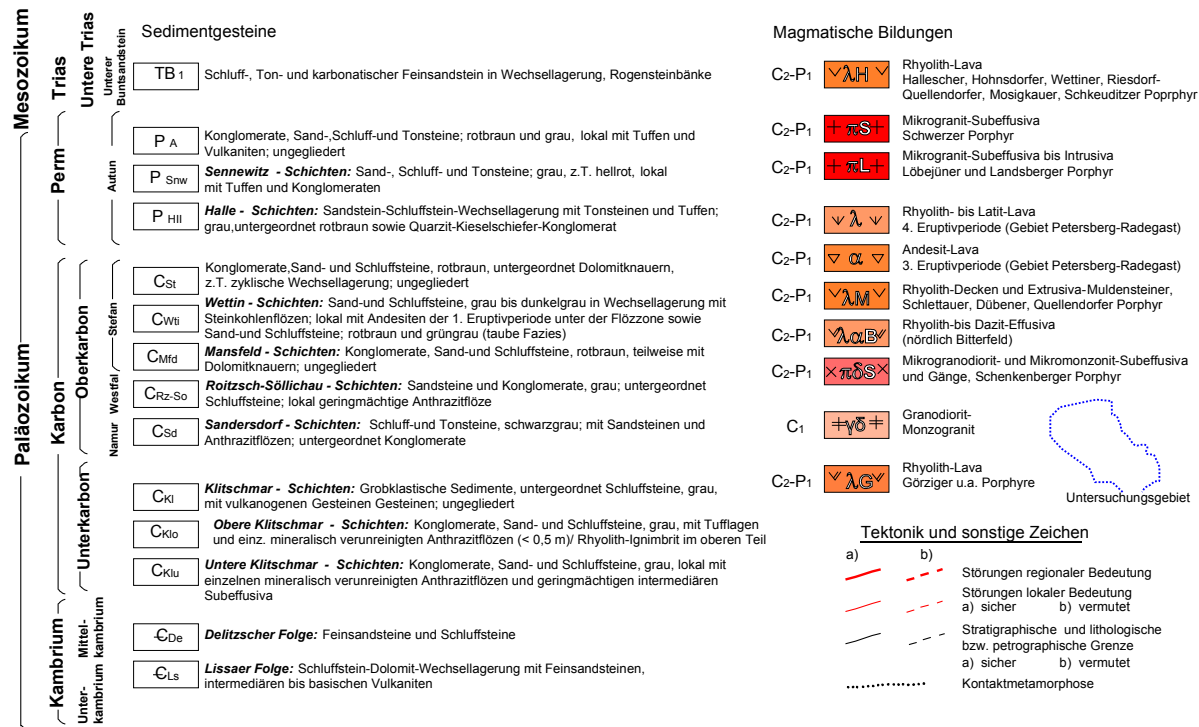


Abb. 4: Abgedeckte geologische Karte des Untersuchungsgebietes (ohne känozoische Bildungen; zusammengestellt nach Unterlagen der SDAG WISMUT 1987)

Legende



Legende zu Abb. 4

6.3.1 Prätertiär

Grundgebirge, Übergangsstockwerk und Tafeldeckgebirge sind im Untersuchungsgebiet am Aufbau der prätertiären Oberfläche beteiligt. Das Grundgebirge ist im Südosten des Gebietes im Bereich des so genannten Delitzscher Massivs (Abb. 4) herausgehoben. Außerhalb des betrachteten Raumes tritt das Grundgebirge im Norden bei der Ortschaft Klein Paschleben (Landkreis Köthen) direkt zu Tage und bildet den Paschlebener Vorsprung als südliche Spitze der Flechtingen-Roßlauer Scholle (Abb. 3b, 3c/BANKWITZ et al. 2001).

Im Bereich des Delitzscher Massives stehen leukokrate Granite im intrusiven Kontakt mit kambrischen Sedimentgesteinen, hauptsächlich Sand- und Schluffsteine, Dolomite und untergeordnet intermediäre vulkanogene Bildungen (Abb. 4, Anl. 7). Im Kontaktbereich treten hier infolge metasomatischer Veränderungen Wolfram-Molybdän-Vererzungen auf (SEIDEL & HARTMANN 1985).

Am Aufbau der prätertiären Oberfläche des Untersuchungsgebietes sind größtenteils die Bildungen des Übergangsstockwerkes beteiligt. Die das Untersuchungsgebiet im Südwesten begrenzenden Aufragungen der Rhyolithe von Löbejün-Petersberg-Landsberg-Zwochau untergliedern die so genannte „Mitteldeutsche Senkenzone“ (KATZUNG et al. 1983, 1993) in die Hallesche Mulde im Südwesten und in die Südanhaltische Mulde im Norden/Nordosten (Abb. 3b). Im Südwest-, Nordwest- bis Westteil des Gebietes werden die Sedimentgesteine des Permokarbon von den Bildungen des Halleschen Eruptivkomplexes umrahmt (meist saure Effusiva und Subeffusiva). Dabei werden die Sedimentgesteine des Aktun und Stefan im Westen durch eine flachherzynisch streichende Störung begrenzt. Im südlichen Teil des Gebietes fallen die Karbonsedimente nach Nordwesten ein und lehnen sich im südlichen Gebietsteil am hier herausgehobenen Grundgebirge mehr oder weniger steil an (EHLING in BACHMANN et al., in Vorbereitung/Abb. 4, Anl. 7).

Mesozoische Gesteine des Tafeldeckgebirges kommen im unmittelbaren Untersuchungsgebiet nicht vor. Lediglich ca. 2 km nördlich des Nordrandes des Untersuchungsgebietes sind Schluff-, Ton- und Sandsteine in Wechsellagerung mit Rogensteinbänken anzutreffen. Diese Wechselfolge wird dem Unteren Buntsandstein zugeordnet.

6.3.2 Känozoikum

In Anl. 9 sind Petrographie, stratigraphische Stellung, Mächtigkeitsangaben und Charakteristika der Verbreitung der Schichten aufgeführt.

Zur Klärung stratigraphischer und fazieller Sachverhalte wurden in allen drei genannten Erkundungsfeldern palynologische Proben und andere mikropaläontologische Proben untersucht. Die Bohrungen aus denen die Proben entstammen sind in Abb. 2 dargestellt. Diese Untersuchungsergebnisse bestätigen die im nachfolgenden Text gezeigte stratigraphische Einordnung der ausgehaltenen känozoischen Schichten (BLUMENSTENGEL in KUNERT et al. 1985 und HARTMANN et al. 1988, BLUMENSTENGEL et al. 1996, BLUMENSTENGEL in BACHMANN et al., in Vorbereitung).

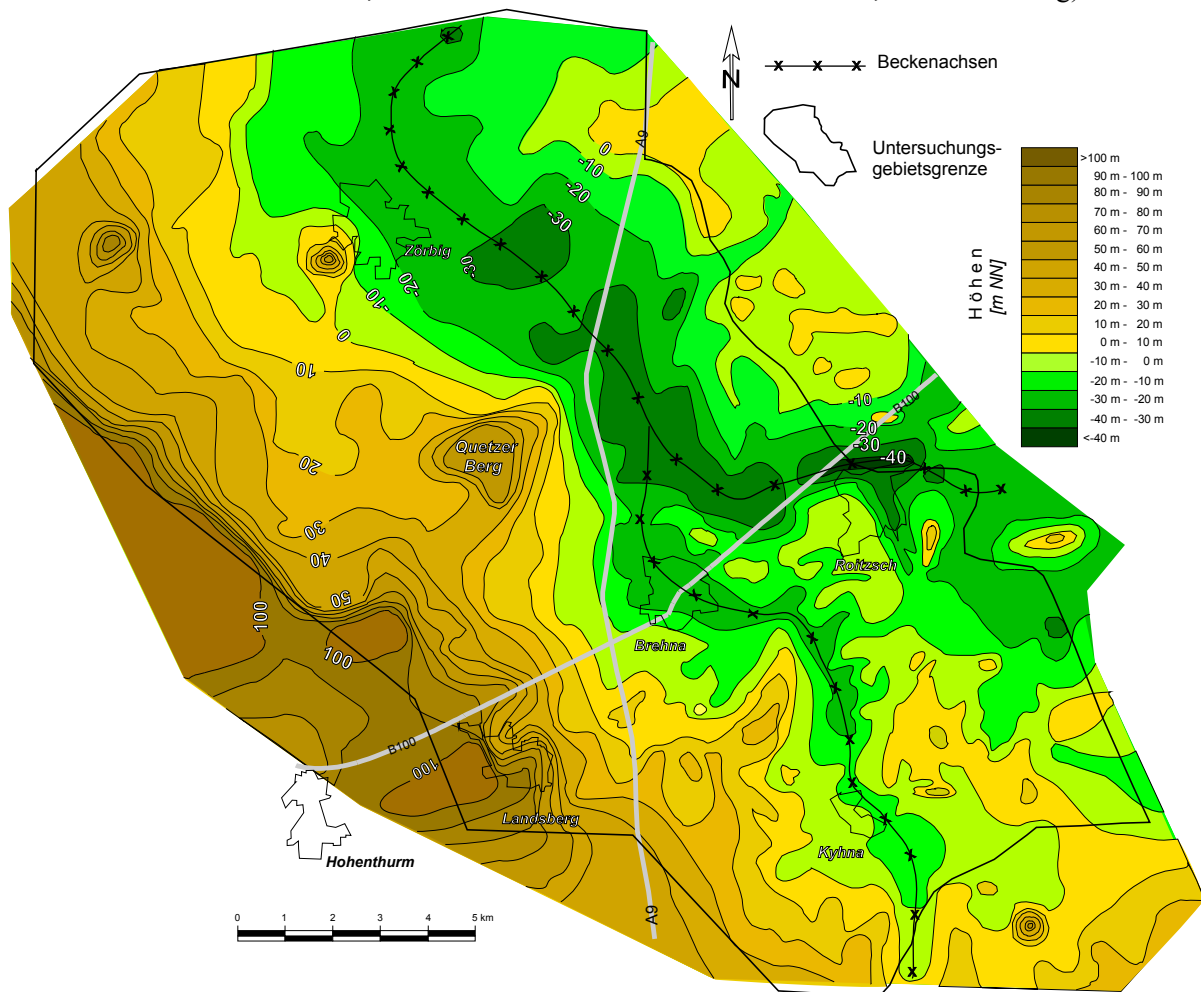


Abb. 5: Relief der Prätertiäroberfläche

Die primäre Verbreitung der känozoischen Sedimente wird durch die Strukturelemente der prätertiären Oberfläche geprägt. Die ältesten Tertiärsedimente im Untersuchungsgebiet sind in den tiefen Bereichen einer herzynisch streichenden Senke vorzufinden (Abb. 5).

Die anhand von Abb. 5 beschriebenen Strukturelemente der Prätertiäroberfläche bestimmen maßgeblich die Verteilung der känozoischen Schichtmächtigkeiten.

Lokale Muldenstrukturen (grüne Farbtöne)

- Die Achse der Hauptstruktur verläuft vom NE der Stadt Zörbig nach SE bis an den Nordrand des Ortes Roitzsch, um von dort aus in östlicher Richtung das Untersuchungsgebiet zu verlassen. Die Senkungsachse bewegt sich auf einer Höhe von ca. -30 bis -20 m NN.
- Die Achse einer weiteren Muldenstruktur beginnt im Norden von Brehna, verläuft von dort nach SSE in Richtung Kyhna. In genannter Richtung taucht die Achse von Brehna aus von ca. -30 m NN bis auf ca. -10 m NN bei Kyhna auf.

Lokale Rückenstrukturen (braune und gelbe Farbtöne)

- Der Haupt Rücken wird durch die Rhyolithauftragungen gebildet, die den östlichen und südöstlichen Rand des Gebietes darstellen. Diese Reliefformen sind Teil der Schwelle der Auftragungen von Löbejün-Landsberg-Zwochau.
- Eine weitere wichtige Rückenstruktur verläuft zwischen den beiden Senken westlich von Delitzsch aus in NW-Richtung. Am SW-Rand des Untersuchungsgebietes ragt von der Schwelle mit den Auftragungen von Löbejün-Landsberg-Zwochau eine etwas kleinere Rückenstruktur in NE-Richtung in das Gebiet (östlich von Landsberg) und schließt sich somit an die oben beschriebene westliche Senkenstruktur von Westen her an.
- Eine selbständige kuppelartige, im Scheitel sedimentfreie Hochlage bildet der Quetzer Berg zwischen den Städten Landsberg und Zörbig als nach NE ragender Vorsprung der Schwelle der Auftragungen von Löbejün-Landsberg-Zwochau.
- Einzelne markante Auftragungen der Schwelle von Löbejün-Landsberg-Zwochau sind der Kapellenberg in Landsberg und der Schwerzer Berg nördlich von Hohenthurm.
- Eine weitere kuppelartige Auftragung kommt direkt am Südrand von Zörbig als relativ isolierte Bildung in niedrigerer Größenordnung vor.

Durch den Halleschen Vulkanitkomplex (Rhyolithe, Andesite) mit seinen inselbergartigen Auftragungen wird die natürliche Verbreitung der känozoischen Bildungen unterbrochen (Schwerzer und Quetzer Berg nördlich von Landsberg, Linie der Auftragungen von Löbejün-Landsberg-Zwochau, Abb. 5, 17, 18, Anl. 8). Bis zur Ablagerung des Rupeltons im Unteroligozän bleibt das Relief der Prätertiäroberfläche für die Morphologie der verschiedenen Sedimentpakete bestimmend, wobei dieser Einfluss vertikal, von unten nach oben betrachtet, abnimmt. Vom Unteroligozän bis zum Untermiozän wird das Relief durch den Rupelton und die Bitterfelder Glimmersande weitestgehend ausgeglichen. Für die Morphologie und Verbreitung der Flöze des Bitterfelder Komplexes bestand die Vorbedingung in Senken- und Rückenstrukturen der Oberfläche der Bitterfelder Glimmersande mit erzgebirgischer Streichrichtung (PESTER 1967, ALISCH 1987, 1990, KUNERT et al. 1982, PAPKE 1989). Der Nordwestsächsische Schwämmfächer und der Roitzscher Flusslauf bestimmten die Lagerungsverhältnisse der jüngsten Tertiärsedimente (Bitterfelder Decktonkomplex, Roitzscher Flussandzone) im Arbeitsgebiet (ALISCH 1987, 1990, SPANGENBERG et al. 1984, PAPKE 1989).

Im Quartär wurden die Lagerungsverhältnisse durch Prozesse völlig anderen Charakters als im Tertiär gestaltet. In ihrem Resultat zeigten sie stark reliefverändernde Wirkung. Es handelt sich hier um Prozesse, die im engen Zusammenhang mit dem Wechsel von Warm- und Kaltzeiten stehen. Im Verlaufe des Vorstoßes, Rückzuges und Abtauens von Gletschern wurde eine Abfolge von Grundmoränen, Schmelzwassersanden und Flussschottern hinterlassen, die durch ein System von zum Teil tief eingeschnittenen Erosionsrinnen und durch die Auswirkungen periglazialer Prozesse (Kryoturbation, Molisoldiapirismus, Eiskeilbildung u. a.; EISSMANN 1978, 1981) kompliziert werden.

6.3.2.1 Stratigraphie, Petrographie, Verbreitung und Entstehung der Schichten

Die nachfolgenden Abbildungen geben einen Überblick über die Abfolge, Verbreitung und Morphologie der känozoischen Lockersedimente im Untersuchungsgebiet. Der Schnitt A-B (Abb. 6) folgt einer Senkenstruktur im Zentralteil des Untersuchungsgebietes, der Schnitt C-D (Abb. 7) quert eine tertiäre Senkenstruktur im Norden, Schnitt E-F (Abb. 8) verläuft aus einer Senke in Richtung einer Hochlage im Südosten des Arbeitsgebietes und Schnitt G-H (Abb. 9) quert eine Senkenstruktur im Süden.

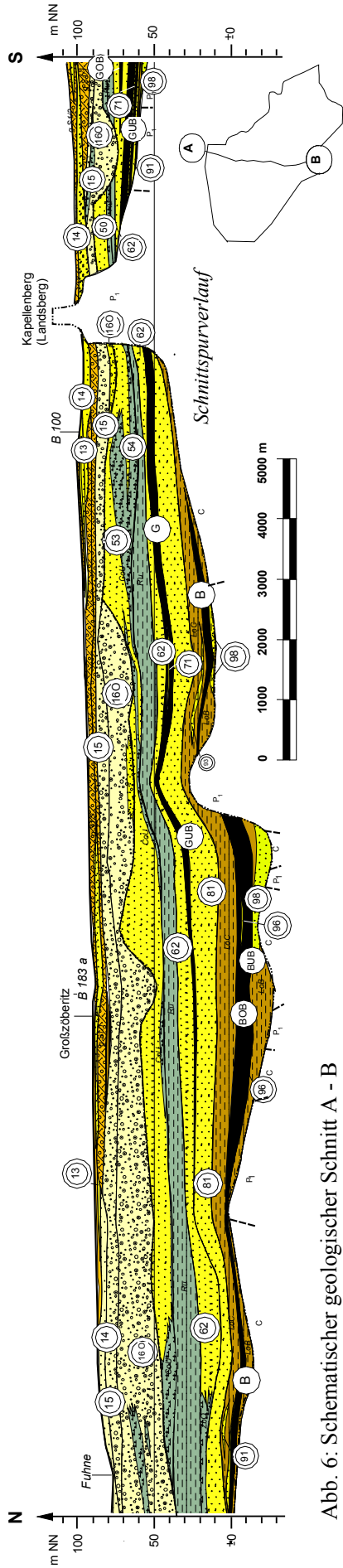


Abb. 6: Schematischer geologischer Schnitt A - B

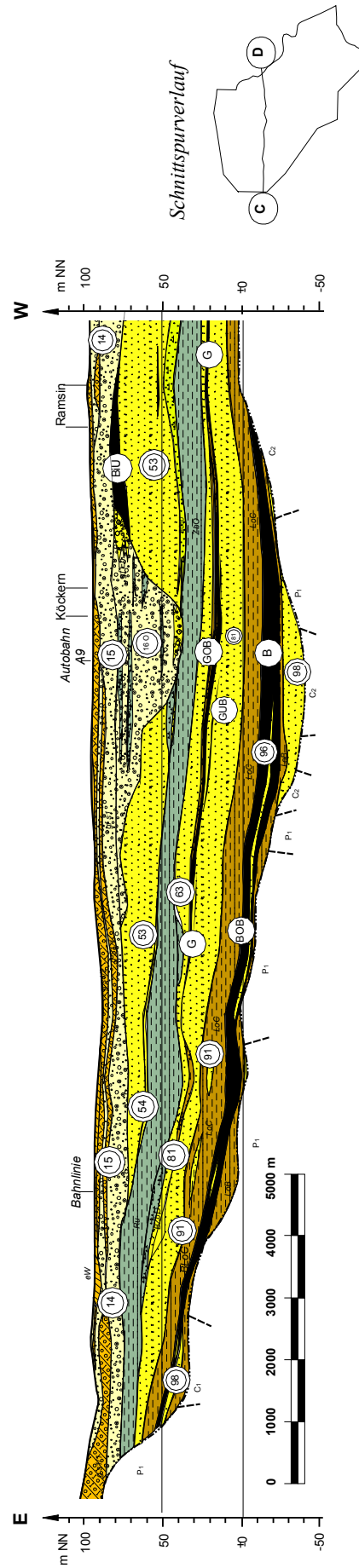


Abb. 7: Schematischer geologischer Schnitt C - D

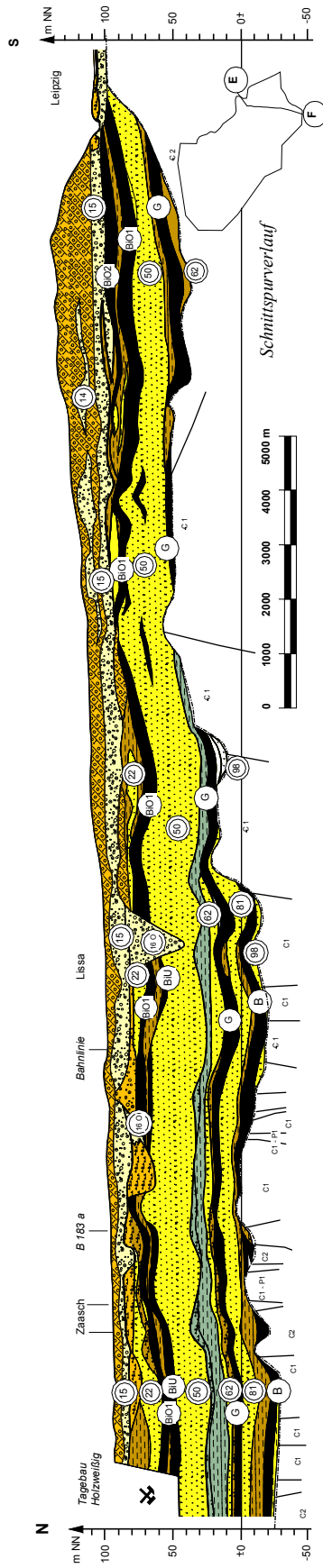


Abb. 8: Schematischer geologischer Schnitt E - F

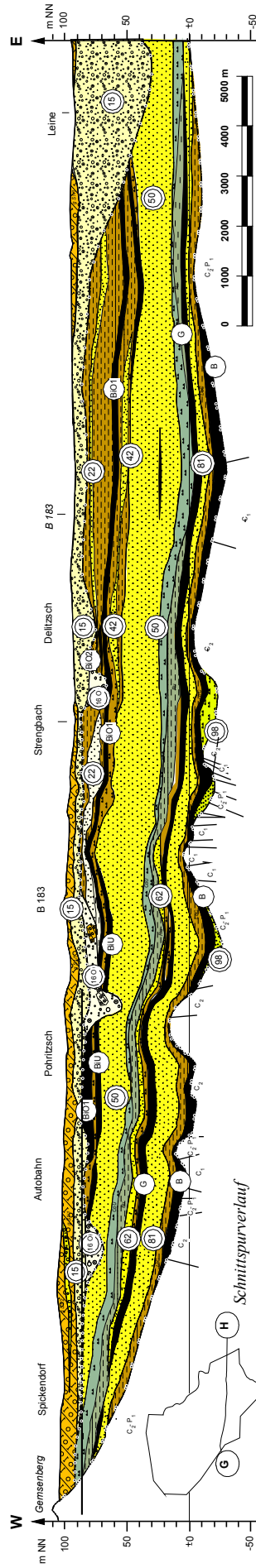
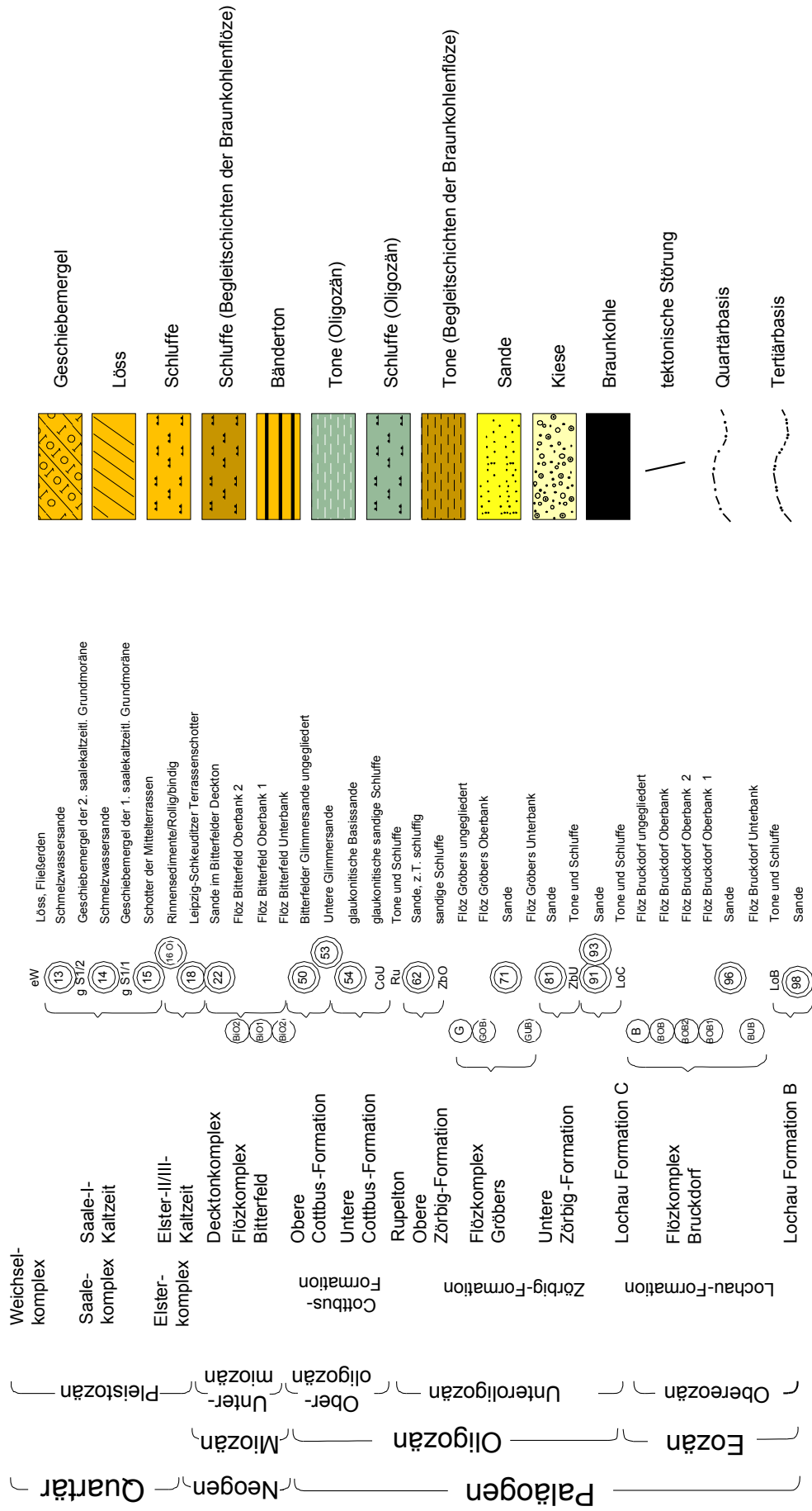


Abb. 9: Schematischer geologischer Schnitt G - H

Legende zu den geologischen Schnitten



Eozän

Obereozän (Priabonium)

Lochau Formation B

Die Lochau Formation B besteht an der Tertiärbasis aus den Kapseltonen, aus Sanden und Schluffen als Liegendes des Flözkomplexes Bruckdorf sowie dem Flözkomplex Bruckdorf selbst.

Kapseltone

Die so genannten Kapseltone stellen die ältesten im Untersuchungsgebiet nachgewiesenen tertiären Sedimente dar. Sie sind als Umlagerungsprodukt der tonigen Verwitterungskruste der Prätertiärbildungen anzusehen. Sie kommen im Hangenden der Gesteine des Halleschen Eruptivkomplexes vor. Die Kapseltone sind graue ungeschichtete, häufig kaolinische Tone. Aus dem Raum um den Petersberg bei Halle, wo die Kapseltonen oberflächennah lagern, sind gut auskristallisierte Gipseinlagerungen bekannt.

Flözliegendes

Die Sande und Schluffe der Lochau Formation B bilden das Liegende des Flözkomplexes Bruckdorf. Die meist grauen bis graubraunen Sande kommen in Senkenbereichen als mehr oder weniger mächtige isolierte Körper, aber häufig auch als geringmächtige Linsen innerhalb der Liegendenschluffe vor. Der Körnung nach sind sie als fein bis grobkörnige Sande mit Schluff und Feinkiesanteilen einzustufen. Die Sande sind weitgehend monomineralische Quarzsande mit sehr häufig auftretenden bipyramidalen Quarzkörnern.

Die Liegendenschluffe weisen in der Regel geringe Anteile an organischem Material auf. Davon zeugt ihre meist helle Färbung (beige Farbtöne). Diese entstand infolge von Bleichungen. In Flöznähe sind häufig Wurzelkanäle mit organischer Füllung (z. B. Braunkohlengale) erkennbar. Auch wurden konkretionsartige Retinitanhäufungen und Eisensulfid (Pyrit oder Markasit) beobachtet. Charakteristisch für die Liegendenschluffe ist ein schwefelwasserstoffartiger Geruch im bergfrischen Zustand.

Im Liegenden des Flözkomplexes Bruckdorf kommen lokal dezimetermächtige hellgraue Quarzitbänke (Tertiärquarzit) als Sekundärbildung vor. Die Quarzitbänke sind oft direkt am Liegendkontakt des Flözes Bruckdorf vorzufinden

Flözkomplex Bruckdorf

Die Bildungen des Flözkomplexes Bruckdorf sind im Untersuchungsgebiet fast flächendeckend verbreitet. Die Verbreitung dieser Sedimente wird lediglich lokal im Bereich von Aufragungen der prätertiären Oberfläche unterbrochen. Die natürliche Verbreitungsgrenze bilden im Südwesten des Untersuchungsraumes die Rhyolithaufragungen der Schwelle Löbejühn-Petersberg-Landsberg-Zwischau. Die östliche Verbreitungsgrenze des Braunkohlenkomplexes ist erosiv und weitgehend identisch mit der Grenze des Untersuchungsgebietes.

Braunkohlen

Die Braunkohlen des Flözkomplexes Bruckdorf sind nach ihrem äußeren Erscheinungsbild typisch farbbetonte Braunkohlen. Sie werden makropetrographisch hauptsächlich nach ihrer Farbe charakterisiert. Dementsprechend werden bei den Braunkohlen des Bruckdorfer Flözkomplexes gelbe, braune und schwarze Lithotypen unterschieden. Im Untersuchungsgebiet dominieren gelbe und braune Lithotypen mit z. T. deutlich rhythmischer Bänderung. Schwarze Kohlen treten selten auf. Typisch ist für die Bruckdorfer Braunkohlen ein geringer Anteil an makroskopisch gut erkennbaren pflanzlichen Gewebefragmenten. Als Gefügebildner treten akzessorisch Xylite, Rinden und Blattgewebe auf.

Hauptsächlich der hohe Anteil an feindetritischem Material verursacht massive Texturen der Braunkohlen des Flözkomplexes Bruckdorf. Neben dem höheren Diageneseegrad der paläogenen Braunkohlen steht damit auch ihre grobstückige bis bankige (massive) Ausbildung in Verbindung. Als mineralische akzessorische Komponenten wurden Pyrit in konkretionärer und disperser Form sowie im Durchmesser millimetergroße milchige Sekundärquarzkörner beschrieben (HARTMANN et al. 1988). Die Braunkohlenflöze sind im Bereich ihrer Hangend- und Liegendkontakte mit dem kohlefreien Nebengestein mineralisch verunreinigt. Dies spiegelt sich in einem höheren spezifischen Gewicht und auch z. T. in einer Graunuancierung der Kohlefarbe wider.

Zwischenmittel

Die Verbreitung von kohlefreien Zwischenmitteln, meist Schluffe auch Sande und sehr selten Quarzit, beschränkt sich hauptsächlich auf den Gebietsteil mit den geringsten absoluten Höhen der Prätertiäroberfläche (Abb. 5). Dort sind maximal drei Zwischenmittel anzutreffen, die das Flöz Bruckdorf in bis zu vier Flözbänke aufspalten. Die Mächtigkeit der kohlefreien Zwischenmittel schwankt von einigen Zentimetern bis zu maximal 7,8 m. Dabei sind die höheren Mächtigkeiten für das unterste Zwischenmittel typisch.

Entstehung

Im früheren Obereozän erfolgte die Sedimentation terrestrischen Materials von SE her in die herzynisch streichende lokale Senke und in die zu dieser Zeit noch deutlich erkennbaren aber untergeordneten Teilsenken mit hauptsächlich NE-Streichrichtung (seltener NNE-Richtung und EW-Richtung). Es handelt sich um den Schwämmfächer der „Urelster“ und „Ursaale“ (nach STEINMÜLLER & ORTMANN 1970), der aus südöstlicher Richtung über die Lützenscher Tiefscholle in das Untersuchungsgebiet hineinreicht (LAUER 1983).

Neben der Ablagerung von tonig-schluffigem Material kamen in den zentralen tiefsten Beckenteilen Sande und z. T. feinkiesige Bildungen zur Sedimentation. Dabei handelt es sich um Ablagerungen eines Flusslaufes, der dem Verlauf des herzynisch streichenden lokalen Beckens folgte (BRENDDEL 1957). Mit der Verlangsamung der Absenkungsbewegungen bzw. des Meeresspiegelanstieges und dem Einstellen eines stetigen hydrogeologischen Regimes, welches die Moorbildung begünstigte, setzten die ersten Ablagerungen von Torf in zentralen Beckenteilen ein. Diese Phase ist im Nordteil des Untersuchungsgebietes durch die Bruckdorfer Unterbank 1 und im Bereich der tertiären Hauptsenke im Südteil des Gebietes durch den untersten Flözbereich vertreten. Zeitweise stärkere Absenkungen des prätertiären Untergrundes konnten nicht mit der Ablagerung organischen Materials kompensiert werden. Deshalb lagerte sich besonders in den zentralen Beckenbereichen fein- und grobklastisches Material ab. Damit im Zusammenhang stehend, liegt die Bruckdorfer Unterbank im zentralen nördlichen Beckenbereich als vertaubtes Flöz vor. Das zeitweise Vordringen des Meeres nach Süden hatte eine Verschiebung der Fazies zur Folge, wodurch an die Stelle des Moores marin beeinflusste schluffige bis sandige Bildungen traten. Nach den Torfablagerungen, die zur Ausbildung der Bruckdorfer Unterbank führten, geriet der Nordteil des Untersuchungsgebietes unter den Einfluss mariner Sedimentation, so dass weiträumig klastische (tonig, schluffige und sandige) Sedimente die ältesten obereozänen Moorbildungen in den tiefen Beckenlagen überdecken konnten. Damit erfolgte ein weitgehender Reliefausgleich. Dies bildete die Voraussetzung dafür, dass die nun folgende Moorbildungsphase weit über den Rand des lokalen Beckens hinausgriff. Somit konnte sich die Bruckdorfer Oberbank über größere Flächen ablagern. Die Verbreitung der Bruckdorfer Oberbank rückte dementsprechend im Südwesten und Westen bis an die Schwelle der Vulkanitaufragungen von Löbejün-Landsberg-Zwochau und des Petersberges nördlich von Halle vor.

Als ständige Insel tritt dabei der Quetzer Berg (Abb. 5, 11-15, 17) auf. In dessen nächster Umgebung erfolgte bis in die Gegenwart keine Sedimentation. Das natürliche Ausgehende des Moores im späteren Obereozän ist mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit etwas weiter nordöstlich von der heutigen Verbreitung des Flözkomplexes Bruckdorf zu sehen. Auf den erosiven Charakter der Verbreitungsgrenze weisen die relativ geringen mittleren Aschegehalte im marginalen nordöstlichen Flözbereich bei geringen Flözmächtigkeiten hin (Abb. 13, 19). Im nordöstlichen Flözverbreitungsgebiet fehlt über große Flächen der mineralisch verunreinigte Hangendbereich des Flözes, was als Hinweis auf eine Erosion gelten kann. Erosionsprozesse wirkten offensichtlich während der gesamten Zeit der Moorgenese. Ein wichtiger Hinweis dafür besteht im Vorkommen von häufig im Flözbereich angetroffenen brecciösen bis konglomeratartigen Bildungen aus resedimentativen Braunkohlenklasten

und sandig-schluffigen Bestandteilen, wie sie in der Flözdokumentation inmitten von ungespaltenen Flözbänken beschrieben wurden (HARTMANN et al. 1988, HARTMANN & UHLIG in PAPKE et al. 1989). Diese Erscheinungen (Kap. 6.8) sind horizontbezogen bisher in keiner Weise parallelisierbar. Aller Wahrscheinlichkeit nach stehen sie im Zusammenhang mit der Wirkung von Oberflächenwässern wie z. B. Fluss- und Bachläufen (BRENDDEL 1957) sowie auch saisonär auftretenden Wasserläufen im Bereich der Moore.

Insbesondere in den Lagerungsverhältnissen des Flözkomplexes Bruckdorf, d. h. in der Verbreitung und Morphologie der Zwischenmittel sowie der einzelnen Flözbänke, spiegeln sich die tektonischen Besonderheiten des prätertiären Untergrundes deutlich wider. Im konkreten Fall heißt das, dass das Bewegungsregime im südöstlichen Teil des Untersuchungsgebietes durch eine tektonisch geringere Mobilität gekennzeichnet ist: Im Gegensatz zum Nordwestteil des Untersuchungsgebietes wurde im südlichen Teil im prätertiären Untergrund das Grundgebirge herausgehoben (Anl. 7). Die Feststellung einer geringeren Mobilität wird dadurch untermauert, dass im Südteil des Untersuchungsgebietes keine großflächigen Flözzwischenmittel eingeschaltet sind und relativ großräumige Bereiche ohne Moorbildung auf einer plateauartigen Fläche im Raum zwischen Roitzsch und Delitzsch vorliegen (Abb. 11, 17).

Lochau Formation C

Die Lochau Formation C stellt ein Schichtpaket aus z. T. kohligen Schluffen mit nur zwei lokal verbreiteten Sandhorizonten dar (Abb. 6, 7, 8, 9, Anl. 9; Symbole teoRZ, teoRS). Dem Alter nach wird dieses Sedimentpaket dem Obereozän/Unteroligozän zugeordnet. Nach der revidierten Stratigraphie von BLUMENSTENGEL et al. (1996) liegt die Grenze vom Obereozän zum Unteroligozän in der Lochau Formation C oberhalb des Flözes Zöschen. Lithologisch wie paläontologisch konnte diese Grenze unter Feldbedingungen bisher nicht fixiert werden (u. a. auch eigene Beobachtungen).

Der Flözkomplex Bruckdorf ist im gesamten Untersuchungsgebiet von einem vorrangig aus Schluffen bestehenden Schichtpaket mit einer durchschnittlichen Mächtigkeit von ca. 20 m überdeckt. In diese Schluffe sind im unteren Viertel bzw. im oberen Drittel zwei fein bis grobsandige Horizonte mit unsteter Verbreitung eingebettet. Die Mächtigkeit beider Horizonte bewegt sich um 1,5 m.

Im Untersuchungsgebiet sind die faziellen Vertreter der Flöze Schkeuditz und Zöschen (SPANGENBERG et al. 1984) ständig im Profil der Lochau Formation C anzutreffen. Diese Folge wird auch als Bruckdorfer Schluffhorizont bezeichnet. Der Vertreter des Flözes Schkeuditz ist im unteren Drittel des Bruckdorfer Schluffhorizontes mit Mächtigkeiten um 2 m vorzufinden. Der fazielle Vertreter des Flözes Zöschen belegt einen Bereich im oberen Viertel des Profils mit Mächtigkeiten um 3 m. Die beiden Flözvertreter bestehen aus Schluffen mit oft sehr hohen organischen Anteilen, die eine starke Braunfärbung verursachen. Die Vertreter der Flöze Schkeuditz und Zöschen treten im Untersuchungsgebiet prinzipiell gemeinsam im Profil der Lochau Formation C auf. Auch im Falle einer ungenügend differenzierbaren Kerndokumentation sind diese beiden Horizonte immer als äußerst charakteristische Extremwerte in den Gamma-Gamma-Kurven der geophysikalischen Bohrlochmessung wieder zu finden und damit als Leithorizonte nutzbar.

Entstehung

Das Ende der Torfablagerung wird durch das weitere Vordringen des Meeres nach Süden eingeleitet. Im gesamten Untersuchungsgebiet wird der Flözkomplex Bruckdorf mit den Ablagerungen der Lochau Formation C (Bruckdorfer Schluffhorizont, LOTSCH et al. 1979) überdeckt. Durch BLUMENSTENGEL (in HARTMANN et al. 1988) wurden innerhalb des Bruckdorfer Schluffhorizontes brackische Einflüsse nachgewiesen. Auch SOMMERWERK (1990) beschrieb im Tagebau Merseburg-Ost im Hangenden des Flözkomplexes Bruckdorf sandige Wattsedimente, die eindeutig von einer direkten marinen Beeinflussung zeugen. Der Bruckdorfer Schluffhorizont verkörpert somit den unteren transgressiven Teil eines unvollständig erhaltenen oder unvollständig ausgebildeten Sedimentationszyklus. Zur Zeit der Wende zwischen dem Eozän und dem Oligozän wurden im Untersuchungsgebiet die Deckschichten des Flözkomplexes Bruckdorf teilweise wieder abgetragen.

Oligozän

Untero oligozän (Rupelium)

Das Untero oligozän setzt sich im Untersuchungsgebiet aus den Bildungen der Unteren Zörbig-Formation, dem Flözkomplex Gröbers, den Sedimenten der Oberen Zörbig-Formation und dem Rupelton zusammen.

Untere Zörbig-Formation

Im gesamten Untersuchungsgebiet bedecken die Sande der Unteren Zörbig-Formation (lokale Bezeichnung für den Rupelbasissand) diskordant den Bruckdorfer Schluffhorizont (Lochau Formation C). Die Untere Zörbig-Formation besteht aus grauen, gelblichgrauen Fein bis Mittelsanden, in die bänderartig vereinzelte Horizonte mit erhöhter Glaukonitführung eingelagert sind (SPANGENBERG et al. 1984, HARTMANN et al. 1988, PAPKE et al. 1989). Die Mächtigkeit der Sande beträgt bis zu 28 m. Die Durchschnittsmächtigkeit liegt bei 11 m.

Flözkomplex Gröbers

Das Typusprofil des Flözkomplexes Gröbers besteht im Untersuchungsgebiet aus zwei Flözbänken einschließlich Liegend und Deckschluffen. Das Zwischenmittel ist teilweise sandig ausgebildet. Die Verbreitung der unteren Flözbank folgt im Nordosten des Gebietes in etwa dem Verlauf der A9 und endet im Norden etwa auf der Höhe der Stadt Zörbig. Im nordwestlichen Teil des Gebietes vertaubt diese Flözbank und kommt nur noch lokal vor. Die Verbreitung der Oberbank beschränkt sich in etwa auf das Gebiet westlich der A 9 und südlich der B 100. Deck- und Liegendeschluff fehlen großflächig. Die Verbreitung des Deckschluffs befindet sich in einem zusammenhängenden Gebiet im Zentralteil des Untersuchungsgebietes. Die durchschnittliche Mächtigkeit des Flözkomplexes liegt bei ca. 4 m. Die mittleren Mächtigkeiten der Ober und Unterbank betragen ca. 1,5 m bzw. 2 m.

Die Braunkohlen des Flözkomplexes Gröbers unterscheiden sich im petrographischen Sinne prinzipiell nicht von den Bruckdorfer Braunkohlen. Die Lithotypen der Braunkohlen sind fast ausschließlich stark mineralisch verunreinigt. Schwarze Lithotypen kommen im Flözkomplex Gröbers etwas häufiger, gelbe Lithotypen seltener vor. Die Gröbers-Oberbank unterscheidet sich signifikant von der Unterbank durch generell höhere Mineralanteile. Auffällig für den Flözkomplex Gröbers sind für das Untersuchungsgebiet sehr hohe Werte der Eigenradioaktivität, was aus den Gamma-Kurven der geophysikalischen Bohrlochmessung ablesbar ist (Kap. 7, Tab.17). Aus Tab. 17 geht hervor, dass im Untersuchungsgebiet für den Flözkomplex Gröbers die Urangehalte mit 9 ppm gegenüber den Flözkomplexen Bruckdorf und Bitterfeld mit 1,1 bzw. 0,2/1,2 ppm am höchsten sind.

Obere Zörbig-Formation

Fast lückenlos lagern die stark schluffigen Feinsande der Oberen Zörbig-Formation (lokale Bezeichnung für den Rupelbasis-Sand oder Brauner Sand) auf dem Flözkomplex Gröbers. In den Gebieten, wo der Flözkomplex Gröbers nicht verbreitet ist, stehen die Sande in direktem Kontakt mit den Bildungen der Unteren Zörbig-Formation. Innerhalb dieses Horizontes sind oft verfestigte Schlufflagen z. T. mit Glaukonitführung anzutreffen. Die Mächtigkeiten der Oberen Zörbig-Formation schwanken um 8 m.

Rupelton

Die im gesamten Untersuchungsgebiet verbreiteten Schluffe (die Bezeichnung „Rupelton“ ist petrographisch nicht exakt) weisen unterschiedlichste Ton und Sandgehalte auf. Im Untersuchungsgebiet liegt der untere Teil als reduziertes Profil vor, wie aus paläontologischen Befunden hervorging

(NUGLISCH in HARTMANN et al. 1988). Der Rupelton kann im Untersuchungsgebiet vertikal in zwei Bereiche untergliedert werden. Eine deutliche Grenzziehung ergibt sich im Falle der Ausbildung einer sandig bis kiesigen durchschnittlich ca. 0,6 m mächtigen Zwischenschicht. Auch im Falle des Fehlens dieses Horizontes lässt sich die Zweiteilung in der Regel auch sehr gut anhand bohrlochgeophysikalischer Gamma-Messkurven nachvollziehen. Für das gesamte Profil des Rupeltons ist als farblicher Grundton eine Graufärbung typisch, die häufig mit wechselnder Variation durch grünliche, bräunliche und bläuliche Nuancen einhergeht. In allen Profilbereichen sind millimetergroße Pyritkonkretionen anzutreffen. Häufig sind pyritisierte Schalenreste. Ein typisches makroskopisches Merkmal des Rupeltons ist das Vorkommen von detritischen kalkigen Schalenresten. Für den unteren Profilteil des Rupeltons ist das häufige Auftreten bräunlich gefärbter Partien charakteristisch. Häufig sind dort intensive Grünfärbungen aufgrund von Glaukonitführung anzutreffen. Typisch sind auch Einlagerungen von Konkretionen, so genannter Tonsteinseptarien (BURCHARDT 1995). Der untere Teil der Rupeltone weist erhöhte Sandgehalte auf.

Die Textur der Rupeltone ist relativ inhomogen. Sie können ungeschichtet, flaserig, linsenförmig und undeutlich eng parallel geschichtet auftreten. Die beiden letzteren Gefügetypen werden durch Linsen oder Lagen sehr feiner grauer Sande verursacht. Die Mächtigkeiten der Lagen und Linsen liegen dabei oft deutlich unter 1 mm. Linsenförmige und flaserige Gefüge treten auch durch dunkler oder heller gefärbte Einschlüsse in einer Matrix des gleichen Materials in Erscheinung. Die Mächtigkeit des Horizontes erreicht maximal 30 m und beträgt durchschnittlich 14 m.

Entstehung

Die Basissande der Rupelschichten, die man im Untersuchungsgebiet als Untere Zörbig-Formation bezeichnet, wurden im Zuge der regressiven Phase eines im Untersuchungsraum erhaltenen Sedimentationszyklus 3. Ordnung abgelagert (s. Kap. 6.5). Der unteroligozäne Flözkomplex Gröbers (Unterbänk und Oberbänk, Gesamtflöz) oberhalb der Unteren Zörbig-Formation bildet den Abschluss des genannten tertiären Sedimentationszyklus im Untersuchungsgebiet. Der Flözkomplex verkörpert also den oberen Teil der regressiven Phase dieses Sedimentationszyklus und markiert damit das Ende des Meeresvorstoßes. Das Meer zog sich in nördlicher Richtung zurück. Dies führte zur weiträumigen Verlandung zuvor vom Meer belegter Bereiche und der damit einhergehenden Bildung von Mooren. Ein erneuter Meeresvorstoß im späteren Unteroligozän leitete den nächsten tertiären Sedimentationszyklus ein. Im Resultat dieser Transgression (Rupeltransgression) wurden die Torfbildungen des Flözkomplexes Gröbers durch die Sande und Schluffe der Oberen Zörbig-Formation („Braune Sande“ der Rupelfolge) überdeckt. Im Prozess des weiteren Vordringens des Meeres gerät das Untersuchungsgebiet in relativ küstenferne Bereiche. Allmählich gehen die grobklastischen Sedimente der Oberen Zörbig-Formation in die unteroligozänen „Rupeltone“ über. Der Rupelton vertritt die jüngsten unteroligozänen Sedimente. Sie stellen den oberen Bereich des unteren tertiären Sedimentationszyklus ohne den regressiven oberen Profilteil dar.

Oberoligozän (Chattium)

Cottbus-Formation

Die Cottbus-Formation ist in zwei Teile gliederbar. Die Sedimente der Unteren Cottbus-Formation unterscheiden sich von denen der Oberen Cottbus-Formation durch Glaukonitführung und höhere Schluffgehalte.

Untere Cottbus-Formation

Die Ablagerungen der Unteren Cottbus-Formation stellen eine Wechselfolge glaukonitführender Sande und Schluffe dar, die im Raum nördlich von Landsberg Mächtigkeiten bis zu 18 m

annehmen kann. Im Mittel beträgt die Mächtigkeit etwa 5 m. Die Sedimente dieser Wechselfolge sind im Untersuchungsgebiet lückenhaft verbreitet. Die Glaukonitgehalte sind mitunter sehr hoch. Sie sind hinsichtlich der Glaukonitführung sowie ihrer faziellen Ausbildung sehr wechselhaft (vgl. RABITZSCH, HARTMANN & KNUTH 1995). Im Raum südlich der Ortschaft Roitzsch treten im Basalbereich der Unteren Cottbus-Formation gelbe Quarzitbänke (Mächtigkeiten um 1 cm) in Wechsellagerung mit grasgrünen Schluffen auf, die pyritisierte Schalenreste führen (eigene Feldbeobachtungen 1983).

Obere Cottbus-Formation

Glimmersande

Die als Bitterfelder Glimmersande bezeichneten überwiegend mittelsandigen leicht schluffigen gelblichen Feinsande bilden einen fast im gesamten Untersuchungsgebiet mit Mächtigkeiten um 32 m verbreiteten Horizont. Die Bitterfelder Glimmersande werden im Bereich des Horizontes Breitenfeld in einen unteren und oberen Teil untergliedert (Glimmersande A und B).

Horizont Breitenfeld

Die Sedimente des Horizontes Breitenfeld und die darüber lagernden Oberen Glimmersande wurden bisher in das Untermiozän gestellt (HARTMANN et al. 1988, BLUMENSTENGEL et al. 1996). Nach BLUMENSTENGEL (in BACHMANN et al., in Vorbereitung) wird diese Schichtsequenz jedoch dem Oberoligozän zugeordnet. Hier angetroffene Pollen, Sporen und Phytoplankton sprechen noch für oberoligozänes Alter (Eochatt). Der Horizont Breitenfeld wurde fast im gesamten Untersuchungsgebiet nachgewiesen und weist Mächtigkeiten bis 1 m auf. Dieser Horizont ist z. T. als Braunkohlenflöz ausgebildet. Meistens besteht er jedoch aus braunen stark glimmerhaltigen z. T. glaukonitführenden Schluffen (Mächtigkeiten meist um 1 cm) mit mehr oder weniger hohen Anteilen organischer Substanz. Auch weit außerhalb des Verbreitungsgebietes des Bitterfelder Bernsteinschluffes ist der Horizont Breitenfeld bekannt für das Vorkommen von Bernstein (SPANGENBERG et al. 1984, HARTMANN et al. 1988, PAPKE et al. 1989). Bis in die jüngste Vergangenheit war dieser Bernstein im Zusammenhang mit der Braunkohlengewinnung im Tagebau Goitzsche (außerhalb des Untersuchungsgebietes im Osten bei Bitterfeld) Gegenstand bergbaulicher Tätigkeit.

Entstehung

Mit Beginn des Oberoligozäns erfolgte die transgressive (weltweite Chatt-Transgression) Akkumulation der z. T. sehr stark glaukonitführenden, heute großflächig, aber lückenhaft verbreiteten Schluffe und schluffigen Sande (Untere Cottbus-Formation). Die petrographisch recht homogene Folge der Oberen Bitterfelder Glimmersande kommt im Untersuchungsgebiet fast lückenlos zur Ablagerung. Mit dem allmählichen Rückzug des Meeres im weiteren Verlaufe des Oberoligozäns bis zum Untermiozän nach Norden gelangt das betrachtete Gebiet mehr und mehr unter terrestrische Einflüsse. Es setzen Verlandungen ein. Die Ablagerungen der Bitterfelder Glimmersande sind damit dem regressiven Teil eines weiteren Sedimentationszyklus 3. Ordnung zuzuordnen.

Miozän

Untermiozän (Aquitanium)

Die miozänen Ablagerungen beginnen mit den Ablagerungen des Flözkomplexes Bitterfeld.

Flözkomplex Bitterfeld

Der Flözkomplex Bitterfeld ist aus drei Flözbänken aufgebaut: Bitterfeld-Unterbank, Bitterfeld-Oberbank 1 und dem Flöz Bitterfeld-Oberbank 2. Die Bitterfeld Unterbank ist von bräunlichen Schluffen unterlagert (Mächtigkeiten um 0,4 m). Die Zwischenmittel können als Sand aber auch als toniger Schluff ausgebildet sein. Die Mächtigkeit der Zwischenmittel liegt zwischen 2 und 3 m.

Die Verbreitung des Bitterfelder Flözkomplexes konzentriert sich im Untersuchungsgebiet auf die Flächen östlich der Autobahn A 9 und südlich der B 100. Im Ostteil wurde der Bitterfelder Flözkomplex durch quartäre Ausräumungsprozesse vollständig abgetragen. Die Verbreitung der Bitterfeld Unterbank wird von Rücken und Senkenstrukturen mit ENE-/ WSW-Streichen auf der Oberfläche der Bitterfelder Glimmersande (Abb. 8, 9) kontrolliert (ALISCH 1987, 1990, KUNERT et al. 1982, PAPKE et al. 1989). Im Bereich quartärer Ausräumungszonen, die als lineare Strukturen mit vertikaler Erstreckung z. T. bis in den Bereich des Prätertiärs auftreten, ist der Flözkomplex mitunter vollständig gestört (Abb. 6, 7, 8, 9-Horizont 16O). Die Unterbank, Oberbank 1 und Oberbank 2 weisen durchschnittliche Mächtigkeiten von entsprechend 2,8 m, 2,3 m und 1,5 m auf. Die Mächtigkeit des gesamten Flözkomplexes beträgt im Mittel 11,6 m.

Kohlenpetrographisch entsprechen die Bitterfelder Braunkohlen einem texturreichen Braunkohlentypus. Gewebereste wie Blattgewebe, Rindenreste u. a. treten hier häufig als Gefügebildner auf. Danach können Moorfazies differenziert ausgehalten werden. Die Braunkohlen weisen einen überwiegend stückigen Habitus auf. Bankige Partien fehlen vollständig. Im Hangendbereich des Flözkomplexes wurden häufig erdige („mulmige“) Braunkohlen beschrieben. Dieser Sachverhalt wird mit der Einwirkung von Permafrost im Quartär in Verbindung gebracht (EISSMANN 1978, 1981, KUNERT et al. 1982, PAPKE et al. 1989). Die Bitterfelder Oberbank 1 und 2 unterscheiden sich petrographisch im Wesentlichen nicht voneinander. Die Bitterfelder Unterbank hat höhere Anteile an schwarzen Kohlen sowie mehr mineralische Beimengungen.

Roitzscher Flusssandzone

Von Osten her reicht in das Untersuchungsgebiet im Raum der Ortschaft Roitzsch die Roitzscher Flusssandzone (EISSMANN 1975). Es handelt sich um die Ablagerungen eines untermiozänen Flusslaufes, die dem Bitterfelder Flözkomplex erosiv auflagern. Bei der Roitzscher Flusssandzone handelt es sich um graue Mittelsande mit für diesen Horizont typischen vereinzelt auftretenden rosafarbenen Feldspäten. Die Mächtigkeiten der Roitzscher Flusssande liegen im Untersuchungsgebiet durchschnittlich bei etwa 3 m.

Bitterfelder Decktonkomplex

Der Bitterfelder Decktonkomplex ist in seiner vollständigen Ausbildung eine Abfolge von schluffigen Tonen, Schluffen, darin eingebetteten Sanden sowie zwei Flözhorizonten (Decktonflöz im unteren Profilteil im eigentlichen Deckton der Bitterfelder Oberbank 2 und dem Flöz Brandis im oberen Teil des Decktonkomplexes). Die Verbreitung der Ablagerungen des Bitterfelder Decktonkomplexes beschränkt sich auf den SW-Teil des Untersuchungsgebietes. Das Decktonflöz und das Flöz Brandis kommen nur in sehr begrenzter lokaler Ausbildung im Raum um die Stadt Roitzsch vor. Die durchschnittliche Gesamtmächtigkeit des Decktonkomplexes beträgt ca. 15 m.

Entstehung

Als erste großflächig im Untersuchungsgebiet verbreitete neogene Braunkohlenbildung stehen die Braunkohlen der Bitterfelder Unterbank, die sich vorrangig in nordöstlich-südwestlich streichenden Muldenstrukturen im Hangenden der Bitterfelder Glimmersande herausbildeten (KUNERT et al. 1982, ALISCH 1987). Die Bildung des Moores, aus dem im Prozess der Inkohlung später die Bitterfelder Unterbank entstand, stellt den Anfang der Entstehung des Bitterfelder Flözkomplexes dar. Ähnlich dem Bruckdorfer verkörpert der Bitterfelder Flözkomplex eine Phase langandauernder Moorbildungen, die zeitweise infolge von Meeresspiegelschwankungen durch weiträumige Einschaltungen von tonigen bis sandigen Zwischenmitteln (besonders fluviatile) unterbrochen wurde. Die Bitterfelder Unterbank, Bitterfelder Oberbank 1 und Oberbank 2 als Vertreter des Bitterfelder Flözkomplexes

waren in ihrer primären Verbreitung aller Wahrscheinlichkeit nach im gesamten Untersuchungsgebiet ausgebildet. Die Phase der Moorbildung, vertreten durch den Bitterfelder Flözkomplex, wird im tiefen Unter Miozän zeitweise von der Wirkung des Nordwestsächsischen Schwämmfächers abgelöst. Dieser hatte sich von Südosten her in das Untersuchungsgebiet verlagert.

Im südlichen Teil des Untersuchungsgebietes hat dieser Schwämmfächer einen Schichtkomplex von Deltabildungen hinterlassen, der sich in seiner räumlichen Geometrie durch eine unstete Verteilung toniger und sandiger Horizonte charakterisieren lässt (KUNERT et al. 1982, SPANGENBERG et al. 1984, HARTMANN et al. 1988).

Im Untersuchungsgebiet repräsentiert diese Schichtenfolge, die als Bitterfelder Decktonkomplex bezeichnet wird, die jüngsten erhaltenen tertiären Bildungen im Untersuchungsgebiet. Der Bitterfelder Decktonkomplex stellt damit Ablagerungen eines dritten tertiären Sedimentationszyklus als unvollständig erhaltene zyklische Bildung dar.

Quartär

Die quartäre Sedimentation hinterließ Lockergesteine, die sich im Komplex betrachtet, deutlich von den tertiären Bildungen unterscheiden. Nach ihrem äußeren Erscheinungsbild zeichnen sich die quartären Ablagerungen durch größere Inhomogenitäten der Kornspektren mit häufiger Dominanz grobklastischer Anteile sowie durch die Vielfalt der klastogenen Gesteinskomponenten der Sedimente aus. Im Untersuchungsgebiet sind pleistozäne Abfolgen von Schmelzwassersanden, Terrassenschottern, Rinnensedimenten, Bändertonen, Geschiebemergeln, Fließerden und Lössen der Elster, Saale und Weichselkaltzeit anzutreffen. Auenablagerungen in den Gebieten von Fluss- und Bachläufen sowie die holozänen Humusböden sind in großflächiger Verbreitung (z. B. Schwarzerden) die jüngsten natürlichen Bildungen (MAHNHENKE et al. 1970, SPANGENBERG et al. 1984).

Die jüngste Epoche der geologischen Entwicklung im Untersuchungsgebiet ist eng mit der Tätigkeit des Menschen verbunden. Ein Großteil des Territoriums unterliegt seit geschichtlichen Zeiten intensiver landwirtschaftlicher Nutzung. Im Norden des Gebiets wurden bis 1965 im Tiefbau die Braunkohlen des Flözkomplexes Bruckdorf im Revier Weißsand-Gölzau abgebaut. Im Osten des Untersuchungsraumes im Gebiet Delitzsch/Bitterfeld/Wolfen entstanden seit der Wende zum 20. Jahrhundert Großindustrien mit stark umweltverändernden Einflüssen. In diesem Zusammenhang waren bis in die jüngste Vergangenheit die Braunkohlen des Bitterfelder Flözkomplexes Gegenstand bergbaulicher Tätigkeit (Tagebaue Köckern, Goitzsche, Delitzsch SW; Alttagbaue Freiheit, Grube Johannes, Grube Antonie u. a.), wodurch der natürliche Verband der Lockersedimente und das Grundwasserregime stark gestört wurden. Dabei sind die Auswirkungen von Kontaminationen als Folge der industriellen Tätigkeit des Menschen im betrachteten Gebiet eindeutig bis auf die Oberfläche des Rupeltons nachweisbar (HARKSEN & HARTMANN 1995) und reichen vermutlich noch tiefer.

6.4 Kontrollfaktoren der Sedimentation und der Kohlebildung im Alttertiär

Die Ausgangssituation für die Sedimentation im Känozoikum wird durch die vorhandene geomorphologische Situation im Untersuchungsgebiet bestimmt. Das bedeutet, dass die Anlage primärer Sedimentationsräume vom vorliegenden Relief abhängig war. Damit ist das vor Einsetzen der Sedimentation bestehende Relief als prägenetischer Faktor zu bezeichnen.

Die hohe Übereinstimmung der Formen des Prätertiärreliefs und der Flözbasis, die sich in nahezu identischer Lage ihrer Beckenachsen und Hochlagen widerspiegelt, wurde von vielen Autoren für den Lausitzer Raum (BRAUSE 1979, VULPIUS 1986), den Raum südwestlich der Halleschen Störung (VETTER 1932, LEHMANN 1953, SPELTER 1966, HÜBNER & BEUGE 1980, BELLMANN & STARKE 1986, LAUER 1983) und für das Untersuchungsgebiet (BRENDEL 1958) beschrieben.

Für den Charakter und den Verlauf der Sedimentation im Tertiär des Untersuchungsgebietes sind hauptsächlich Meeresspiegelschwankungen verantwortlich. Diese können in Folge von Klimaveränderungen und weiträumigen Bewegungen der Erdoberfläche auftreten. Beide Faktoren können sowohl unabhängig voneinander als auch gleichzeitig wirken. Welches Gewicht jeder der beiden Faktoren bei der Sedimentation im Untersuchungsgebiet hat, kann in der vorliegenden Arbeit nicht geklärt werden. Es gibt keine Anhaltspunkte dafür, dass das Wirken ausschließlich eines einzigen Faktors in Betracht zu ziehen ist. Die wodurch auch immer hervorgerufenen Meeresspiegelschwankungen führten zur Rhythmizität der Ablagerungen des Lockersedimentstockwerkes. Als syngenetischer Faktor können lokale tektonische Blockbewegungen das Sedimentationsgeschehen modifizieren.

Eine wesentliche Rolle spielten die klimatischen Bedingungen besonders für die Kohlebildung hinsichtlich des Vorhandenseins eines langfristig konstanten hydrogeologischen Regimes (Wasserstände) als weiterer syngenetischer Faktor, so dass eine weiträumige und kontinuierliche Ablagerung pflanzlichen Materials in der Moorfazies vonstatten gehen konnte.

Subrosions- und Salzabwanderungserscheinungen sind im Arbeitsgebiet für die tertiäre Sedimentation und Flözbildung nicht von Bedeutung (Anl. 7-9). Den Gegensatz dazu bilden die südwestlich gelegenen Gebiete der Verbreitung alttertiärer Braunkohlen (HÜBNER & BEUGE 1980, EISSMANN & LITT 1975, LAUER 1983), das Amsdorfer Revier (EICHNER et al. 1990), der Raum um Bad Dübren (PAPKE et al. 1985) im Osten des Arbeitsgebietes sowie beispielsweise die Egelner Mulden im Nordosten (ZIEGENHARDT & KRAMER 1968, 1972). Davon zeugt auch das Fehlen lokaler Mächtigkeitsanomalien der braunkohleführenden Schichten (Kesselstrukturen, Gebiete mit häufigen Flözaufspaltungen). Neben den genannten Faktoren existiert eine Reihe anderer Faktoren wie z. B. geochemische und biochemische, die für die stoffliche Zusammensetzung und die weitere Entwicklung der Torfmasse von Bedeutung sind.

6.5 Zyklizität und Paläogeographie

Die tertiären Lockersedimente im Untersuchungsgebiet entstanden innerhalb von drei unvollständig erhaltenen Sedimentationszyklen (Superzyklen), die durch Rhythmen kleinerer Ordnung modifiziert werden. Der erste gestörte große Zyklus beginnt mit der Ablagerung der Deckschichten des Flözkomplexes Bruckdorf und endet mit der Sedimentation der Sande der Unteren Zörbig-Formation. Der zweite ebenfalls unterbrochene Zyklus wird mit der Rupeltransgression (Sande der Oberen Zörbig-Formation, Rupelton) eingeleitet. Dieser Zyklus findet sein Ende mit der Ablagerung der Oberen Glimmersande (Glimmersande B) und dem Bitterfelder Flözkomplex. Der jüngste tertiäre Teilzyklus beginnt im Untersuchungsgebiet mit der Überdeckung des Bitterfelder Flözkomplexes durch die Sedimente des Decktonkomplexes.

Zwischen den Flözkomplexen Bruckdorf und Gröbers ist die lithologische Abfolge des Deckschluffs (Bruckdorfer Schluffhorizont), Sand (Untere Zörbig-Formation) und Liegendenschluff vorzufinden. Diese Abfolge repräsentiert die Zeit in der vom Obereozän bis zum Unteroligozän das Meer in das Untersuchungsgebiet vordrang und sich auch wieder zurückzog. Der Profilabschnitt zwischen den Flözkomplexen vertritt ein Zeitintervall, in dem die Sedimentüberdeckung eines Torfpaketes bis zum Beginn der Entstehung eines weiteren Moores erfolgte. Auf diese Weise markiert die Bildung von Mooren den Anfang bzw. das Ende eines Sedimentationszyklus. Der älteste im Untersuchungsgebiet nachweisbare tertiäre Teilzyklus wird dementsprechend durch die Sedimente des Flözkomplexes Bruckdorf und seinen Deckschichten verkörpert. Der transgressive Teil dieses Teilzyklus endet im Untersuchungsgebiet mit den Ablagerungen kleinerer Zyklen um die Flözvertreter Schkeuditz und Zöschen. Letzterer weist die höchste Marinität (BLUMENSTENGEL in BACHMANN et al., in Vorbereitung) auf. Die Deckschichten des Flözkomplexes Bruckdorf entstanden im Zuge des Vorrückens der Bucht von Helmstedt-Egeln-Halle (Abb. 10) nach Südosten. Sie stellen somit Altersäquivalente der Silberberg Schichten im Raum Helmstedt und der Sedimente des Latdorf i. e. S. weiter südöstlich dar (BLUMENSTENGEL in BACHMANN et al., in Vorbereitung).

Nach einer Schichtlücke, die wahrscheinlich schon tiefstes Rupel betreffen, setzen regressiv die Sande der Unteren Zörbig-Formation ein. Sie repräsentieren den regressiven Teil eines weiteren Zyklus 3. Ordnung (im Sinne von HAQ et al. 1987), dessen Abschluss durch den Flözkomplex Gröbers markiert wird. Der nächste im Untersuchungsgebiet nachweisbare tertiäre Sedimentationszyklus 3. Ordnung beginnt mit der der transgressiven Überdeckung des Flözkomplexes Gröbers (Rupeltransgression/ BLUMENSTENGEL in BACHMANN et al. in Vorbereitung). Diese Sedimentsequenz baut sich aus den Elementen Sand (Obere Zörbig-Formation) und Schluff/Ton (Rupelton) auf. Die Sande der Oberen Zörbig-Formation und der Rupelton stellen demnach den transgressiven Teil dieses Profils dar.

Nach einer Schichtlücke oberhalb des Rupeltons beginnt ein Teilzyklus mit den transgressiven glaukonithaltigen Schluffen und Sanden der Unteren Cottbus-Formation, die regressiv mit den Bitterfelder Glimmersanden der Oberen Cottbus-Formation überdeckt werden. Die Glimmersande untergliedern sich in die älteren Glimmersande A und die jüngeren Glimmersande B. Die Grenze zwischen beiden Gliedern liegt etwas unterhalb des fast im ganzen Untersuchungsgebiet verbreiteten Horizontes Breitenfeld, der z. T. als Braunkohlenflöz oder als Bernstein führender Horizont ausgebildet ist. Im Zuge der weltweiten Regression am Ende des Eochatt kam es lokal zu einer Aufarbeitung von Sedimenten und zur Anreicherung von Bernstein (BLUMENSTENGEL in BACHMANN et al., in Vorbereitung). Im weiteren Verlauf des Meeresrückzuges entwickelte sich im Untersuchungsgebiet der Bitterfelder Flözkomplex.

Die Bildungen des jüngsten tertiären Teilzyklus sind im Untersuchungsgebiet die Sedimente des Decktonkomplexes – eine Abfolge von schluffigen Tonen, Schluffen, darin eingebetteten Sanden sowie zwei Flözhorizonten. Damit endet die tertiäre Abfolge im Untersuchungsgebiet.

Mit Tab. 4 wird ein Überblick über die Korrelierung der lokal vorkommenden Schichten mit überregionalen lithologischen Einheiten gegeben.

Tab. 4: Korrelationsschema tertiärer Schichten

Stratigraphie	Lithostratigraphie			Dinozystenzone (nach KÖTHER 2001)	Kalknannoplanktonzone	Pollen/Sporenzone (nach BLUMENSTENGEL 2004)
	Halle-Bitterfeld	Helmstedt-Egeln	NE-Sachsen/Lausitz			
Untermiozän (Aquitanium)	- Decktonkomplex - Flözkomplex Bitterfeld		4. Lausitzer Flözhorizont Spremberg-Formation			
Oberoligozän (Chattium)	- Obere Cottbus-Formation - Untere Cottbus-Formation		- Obere Cottbus-Formation - Untere Cottbus-Formation		NP 25	SPP 20 H SPP 20 G
Unteroigozän (Rupelium)	- Rupelton - Oberere Zörbig-Formation - Flözkomplex Gröbers - Untere Zörbig-Formation	Rupelton Rupelbasissand	Rupelton Rupelbasissand	D 14 na-nb D 13 D 13	NP 23 -24 NP 22	SPP 20 SPP 20 A-C
Obereozän (Priabonium)	Lochau-Formation: - Flöz(vertreter) Zöschen - Flöz(vertreter) Schkeuditz - Flözkomplex Bruckdorf	- Magdeburger Grünsand - Silberberg Schichten - Gehlberg Schichten	Raum südl. Leipzig Bornaer Hauptflöz und Begeleit-schichten	D 12 nc D 10-D 12nc	NP 21 NP 21 NP 19/20	SPP 19 SPP 18

Die vorliegenden Verhältnisse entstanden aufgrund dessen, dass im Verlaufe des gesamten Tertiärs im Mitteldeutschen Raum ein ständiges Zusammenspiel von Transport terrestrischen Materials aus dem Süden (Nordrand der Böhmisches Masse/LOTSCH in HOHL 1985) und mehrfach wechselnden

Transgressionen und Regressionen eines Meeres vorherrschten, dessen Uferlinien im Mitteleuropäischen Raum in etwa W-E-Richtung verliefen.

In Abb. 10 ist die Verteilung von Land und Meer im Eozän/Oligozän dargestellt. Hier wird die Lage des Untersuchungsgebietes im südlichen Einflussbereich eines Meeres gezeigt, welches weite Bereiche des Norddeutsch-Polnischen Beckens (Paratethys, SCHULZ 2003) belegte und zeitweise mit dem Dnepr-Donetz-Becken im Osten verbunden war. Das Untersuchungsgebiet befand sich während des Mittel- bis Obereozäns im SW-Teil der NW-SE-streichenden so genannten Helmstedt-Egeln-Halle-Bucht (Mitt. Dr. BLUMENSTENGEL 2003). Das Gebiet stand somit während der obereozänen Moorbildung und dem Einfluss von Meeresingressionen aus nördlicher-nordwestlicher Richtung.

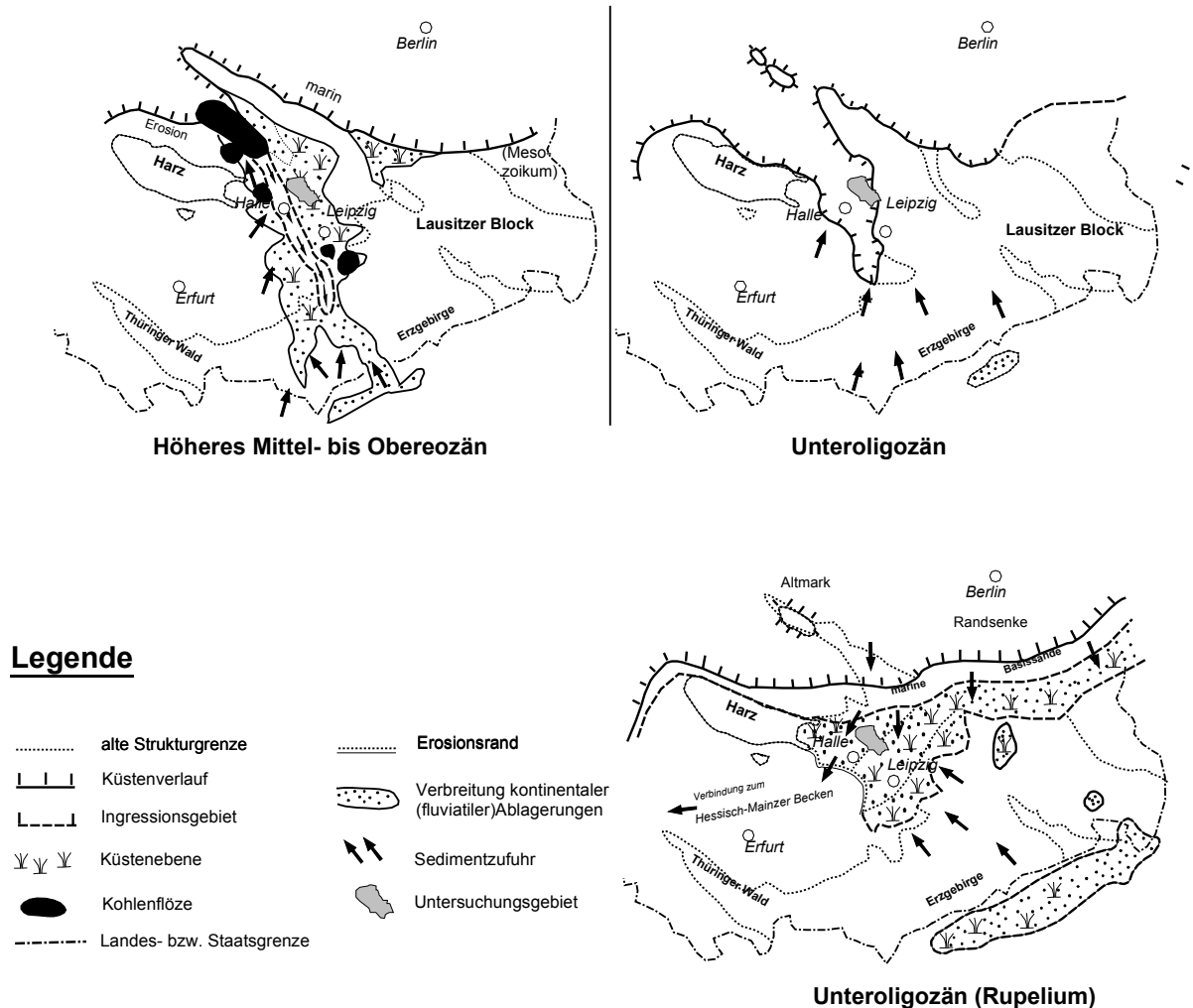


Abb. 10: Paläogeographie im Eozän/Oligozän (nach KRUTZSCH 1992)

Die im Untersuchungsgebiet vorliegende Abfolge der tertiären Sedimente, ihre Morphologie, Mächtigkeitsverhältnisse und Verbreitung sind eine Widerspiegelung der Schwankungen des Niveaus der Festlands oberfläche bzw. des Meeresspiegels, die zur Rhythmizität der Sedimentpakete führen. Dabei sind Abweichungen im Aufbau der einzelnen zyklischer Profile durch differenzierte Bewegungen von tektonisch unterschiedlich stabilen Bereichen des Bruchschollenmosaiks bedingt. Dies hatte eine unterschiedliche Ausbildung der Mächtigkeiten, Anzahl und des Baues von Rhythmen zur Folge. Dies zeigt sich beispielsweise an den unterschiedlichen Lagerungsverhältnissen des Flözkomplexes Bruckdorf innerhalb des Arbeitsgebietes. So sind im Süden innerhalb des Flözkomplexes Bruckdorf um den Bereich des Delitzscher Massivs (Abb. 4) keine Zwischenmittel ausgebildet. Dort ist auch die Flözlagerung ruhiger als im Nordteil (Abb. 9-W-Seite, Abb. 7-E-Seite). Eben durch den tektonischen Bau des prätertiären Untergrundes und seine geophysikalische Differenziertheit konnte sich das allgemeine gesetzmäßige Bild der Zyklizität in Raum und Zeit entwickeln (READ 1965 in IVANOV 1985, 1975).

6.6 Entwicklung der Schichtmorphologie im Alttertiär

Wie weiter oben bereits erklärt wurde, wird die Ausgangssituation der tertiären Sedimentation hinsichtlich der Schichtmorphologie maßgeblich von der vorliegenden Reliefform der prätertiären Oberfläche vorbestimmt. In Abb. 11 ist die Geomorphologie der prätertiären Oberfläche im Untersuchungsgebiet dargestellt.

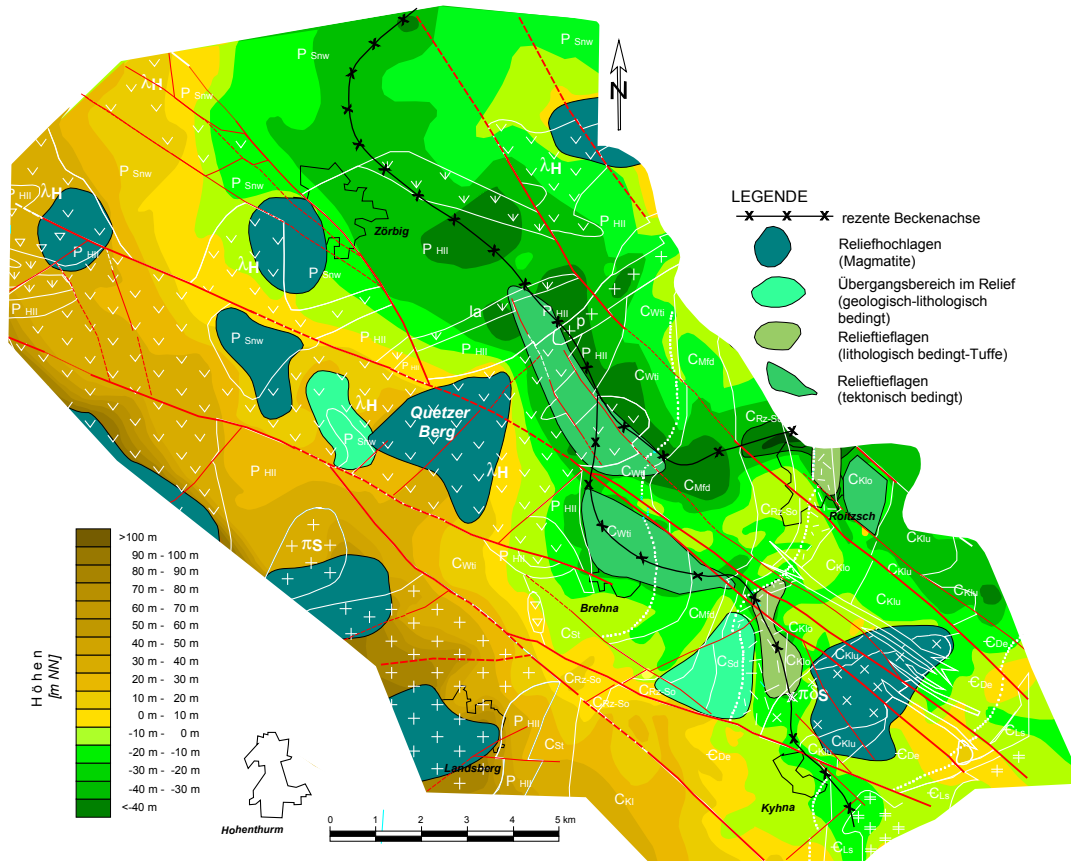


Abb. 11: Geomorphologie des prätertiären Untergrundes (Legende s. Abb. 4)

Abb. 11 stellt das prätertiäre Relief mit ausgewählten Elementen der Geologie und der tektonischen Gliederung dar. Anhand der Form der dunkelgrün ausgehaltenen Flächen ist zu erkennen, dass das Streichen der Hauptbeckenachsen (Achse in dunkelgrünen Flächen) weitestgehend parallel zu den tektonischen Störungen herzynischer Streichrichtung verlaufen. Die Reliefteflage lehnt sich dabei an einen größeren Block genannter Ausrichtung an, der vom Nordrand bis an den Südostrand des Untersuchungsgebietes reicht. Im Gebiet dieser Struktur sind markante Reliefteflagen mit Karoschraffur gekennzeichnet. Zwei Areale, zum einen im Westteil der Ortschaft Roitzsch und zum anderen nördlich von Kyhna konnten als Reliefteflagen ausgehalten werden, die im Bereich von Tuffen lokalisiert sind (diagonale Karoschraffur). Es wurde damit festgestellt, dass Reliefteflagen vorrangig im Verbreitungsgebiet der Sedimentgesteine des Karbons anzutreffen sind. Der Grund dafür ist in der geringeren Widerstandsfähigkeit dieser Gesteine gegen Verwitterung und Abtragung zu suchen. Dagegen ist zu verzeichnen, dass Reliefhochlagen (braune Farbtöne) fast ausschließlich an die Verbreitung der Rhyolithe gebunden sind.

Die Untersuchung der Entwicklung der Schichtmorphologie basiert auf einer Mächtigkeitsanalyse der alttertiären Schichten. Dabei wurden die Schichten im Flözliegenden, der Flözkomplex selbst sowie die Hangendschichten des Flözkomplexes Bruckdorf (Bruckdorfer Schluffhorizont) zu

jeweils einem Komplex zusammengefasst. Die Isopachen dieser Schichtpakete geben auf diese Weise die Lage der Sedimentationszentren wieder. So kann festgestellt werden, ob und in wie weit sich die Sedimentationszentren in der entsprechenden Zeit verschoben haben.

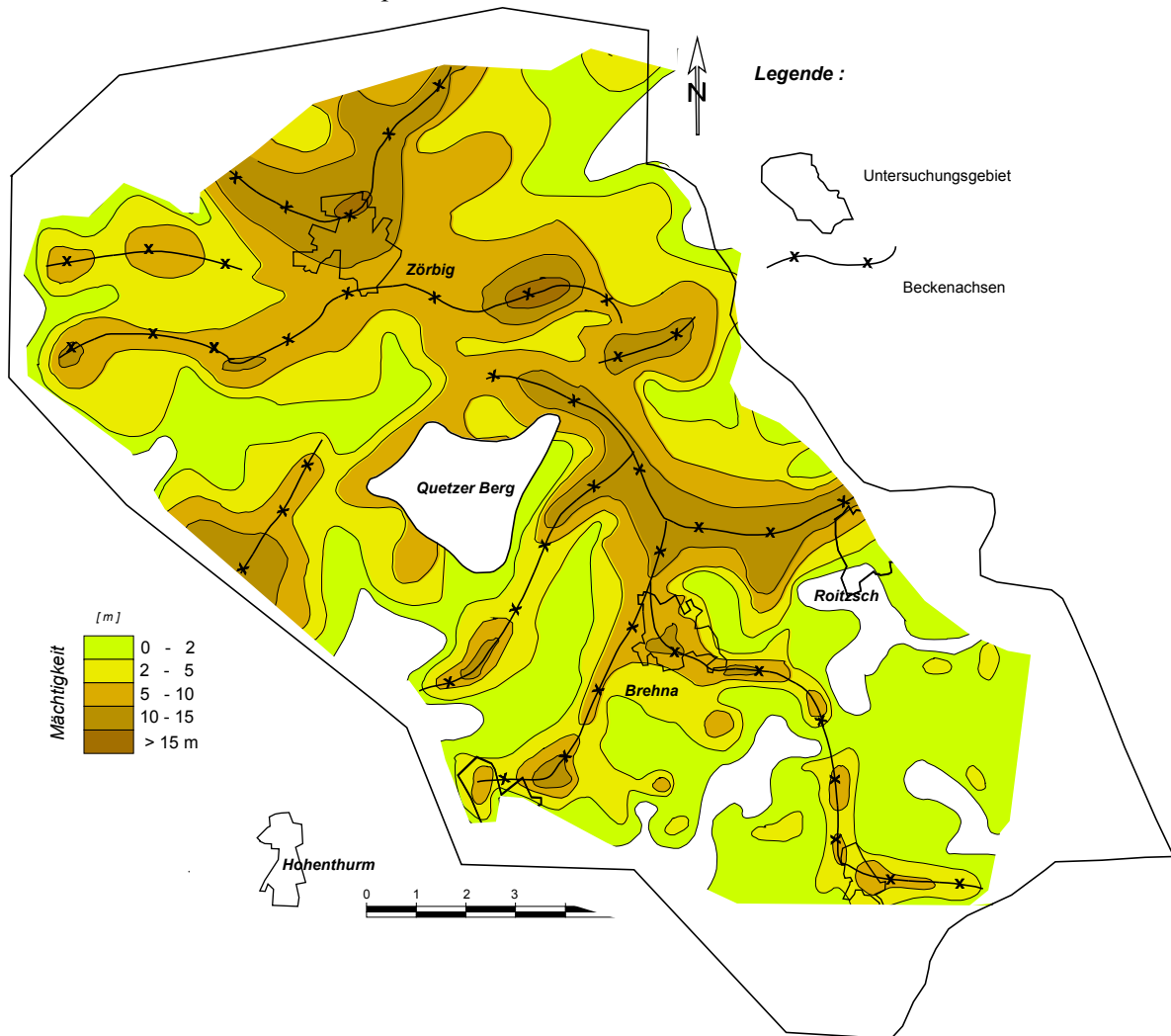


Abb. 12: Isopachen der tertiären Schichten im Liegenden des Flözkomplexes Bruckdorf

Ein Vergleich der Abbildungen 5 und 12 ergibt, dass sich die Maximalmächtigkeiten (braune bis dunkelbraune Farbtöne) der ältesten im Untersuchungsgebiet erhaltenen tertiären Ablagerungen weitestgehend auf das Beckenzentrum der rezenten Prätertiäroberfläche konzentrieren. Die nördlich von Brehna und Roitzsch sowie die südlich von Brehna in Richtung Kyhna verlaufenden Beckenachsen mit NW-SE- Ausrichtung sind nahezu identisch mit den Strukturverläufen auf der Prätertiäroberfläche. Es bestehen jedoch Unterschiede, die sich bei den Liegendschichten (Abb. 12) im Vorhandensein von Strukturelementen mit etwa E-W-Streichrichtung (Achsen südlich und nördlich von Zörbig) sowie mit SW-NE-Ausrichtung (Achsen von Brehna in Richtung Hohenthurm, südlich/ südöstlich sowie nordöstlich des Quetzer Berges) zeigen. Diese Achsen kleinerer Ordnung bilden Abzweigungen zu der in etwa NW-SE-Richtung verlaufenden Hauptbeckenachsen. Dieser Sachverhalt zeugt davon, dass auf dem Paläorelief strukturbestimmende negative Reliefformen mit E-W- und NE-SW- Streichrichtungen existierten, auch wenn sie auf der rezenten Prätertiäroberfläche nicht oder sehr undeutlich ausgeprägt sind.

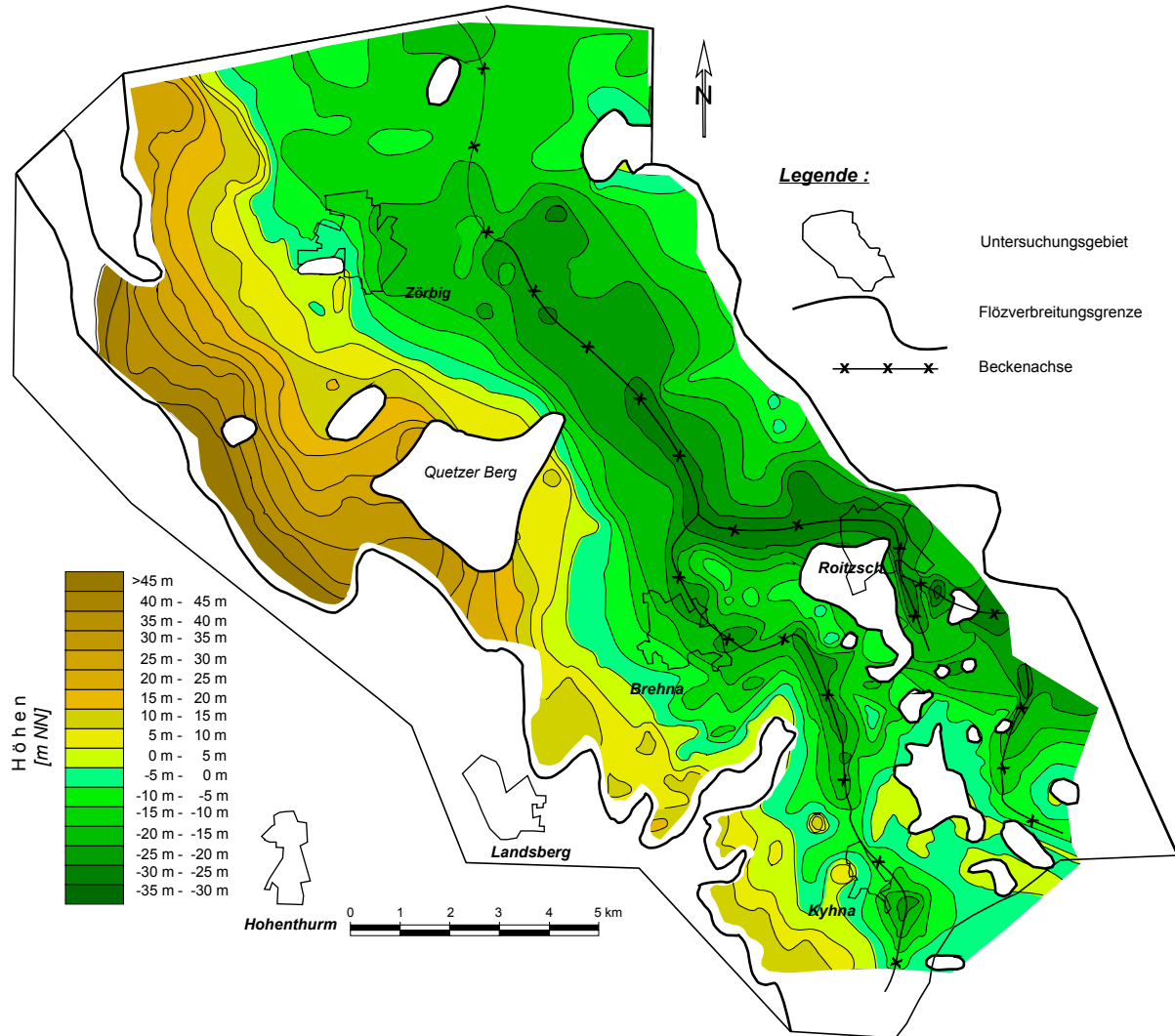


Abb. 13: Isohypsen der Basis des Bruckdorfer Flözkomplexes

Der Vergleich der Abb. 5 (bzw. auch Abb. 11) und 13 verdeutlicht eine fast vollkommene Konformität des Prätertiärreliefs und der Flözbasis. Diese Konformität wurde von vielen Autoren für den Lausitzer Raum (BRAUSE 1979, VULPIUS 1986), den Raum südwestlich der Halleschen Störung (HÜBNER 1982, BELLMANN & STARKE 1986, LAUER 1987) und für das Untersuchungsgebiet (BRENDDEL 1958) beschrieben. Strukturen mit E-W- und NE-SW- Ausrichtung sind in der Form der Flözbasis nicht ausgeprägt.

Beim Vergleich der Flözbasis (Abb. 13) und der Flözisopachen (Abb. 14) ist ein hoher Grad der Übereinstimmung festzustellen. Jedoch kennzeichnet sich das Bild der Isopachen des Flözkomplexes Bruckdorf wiederum (wie im Vergleichsfall zwischen Prätertiärrelief und Isopachen der Schichten des Flözliegenden) durch die die NW-SE-Hauptachse zusätzlich modifizierenden E-W verlaufenden Strukturen. Die dafür o. g. Gründe gelten auch in diesem Falle. Die Intensität der E-W streichenden Strukturen ist hier etwas geringer.

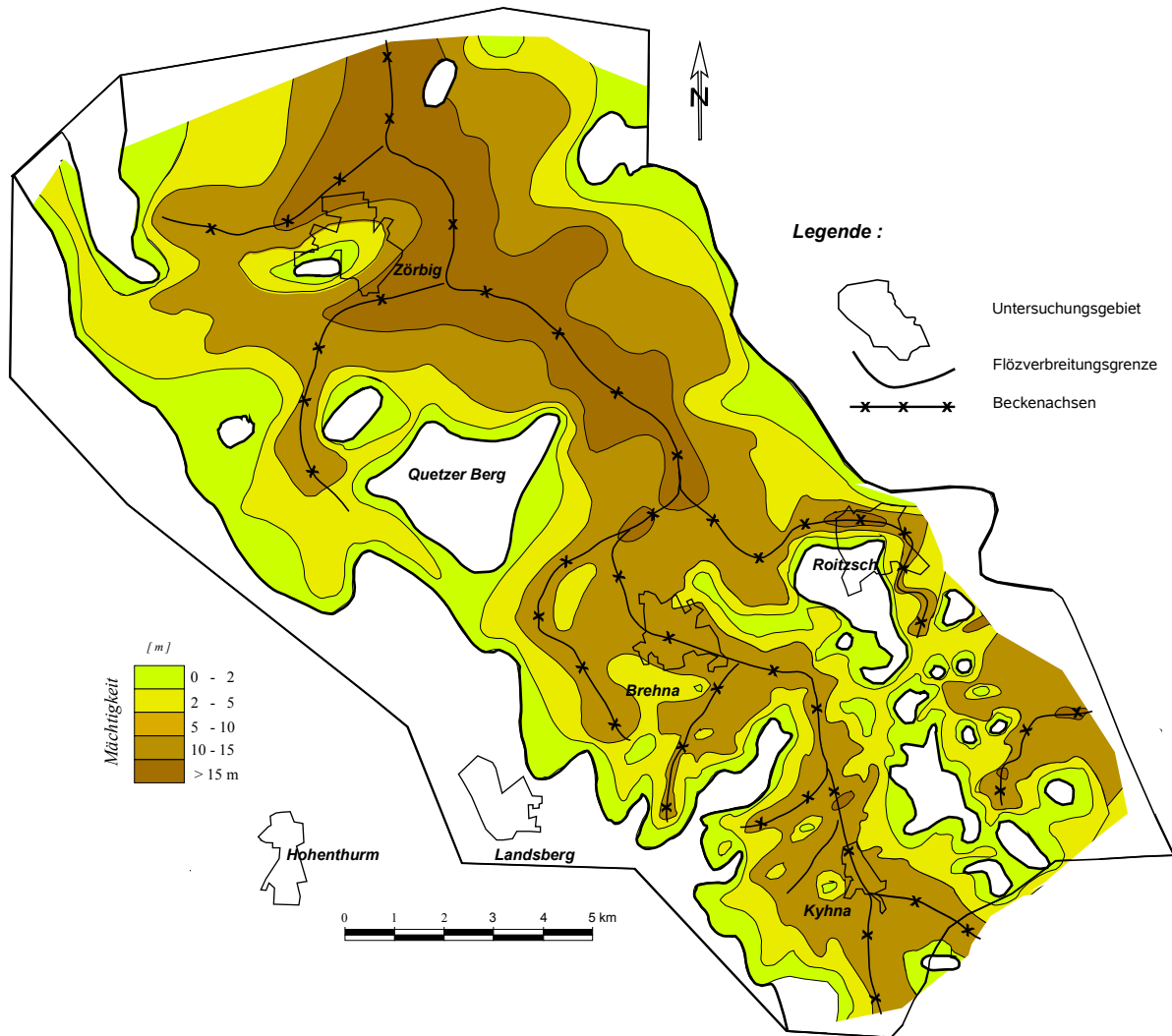


Abb. 14: Isopachen des Flözkomplexes Bruckdorf

Diese Strukturen überlagern die gleichen NE-SW-ausgerichteten randlichen Senkenbereiche wie bei den Liegendsedimenten. Der Unterschied besteht jedoch darin, dass im Falle der Flözisopachen diese Achsen als Strukturelemente niedrigerer Ordnung mit den zentralen Achsen höherer Ordnung in Verbindung stehen. D. h., dass sich zum Ende der Moorbildung im Untersuchungsgebiet ein fast vollständig zusammenhängendes Becken mit einer mehr oder weniger starken randlichen Gliederung im Südwesten formiert hatte. Das weist auf einen im Zuge der Sedimentation fortlaufenden Reliefausgleich hin.

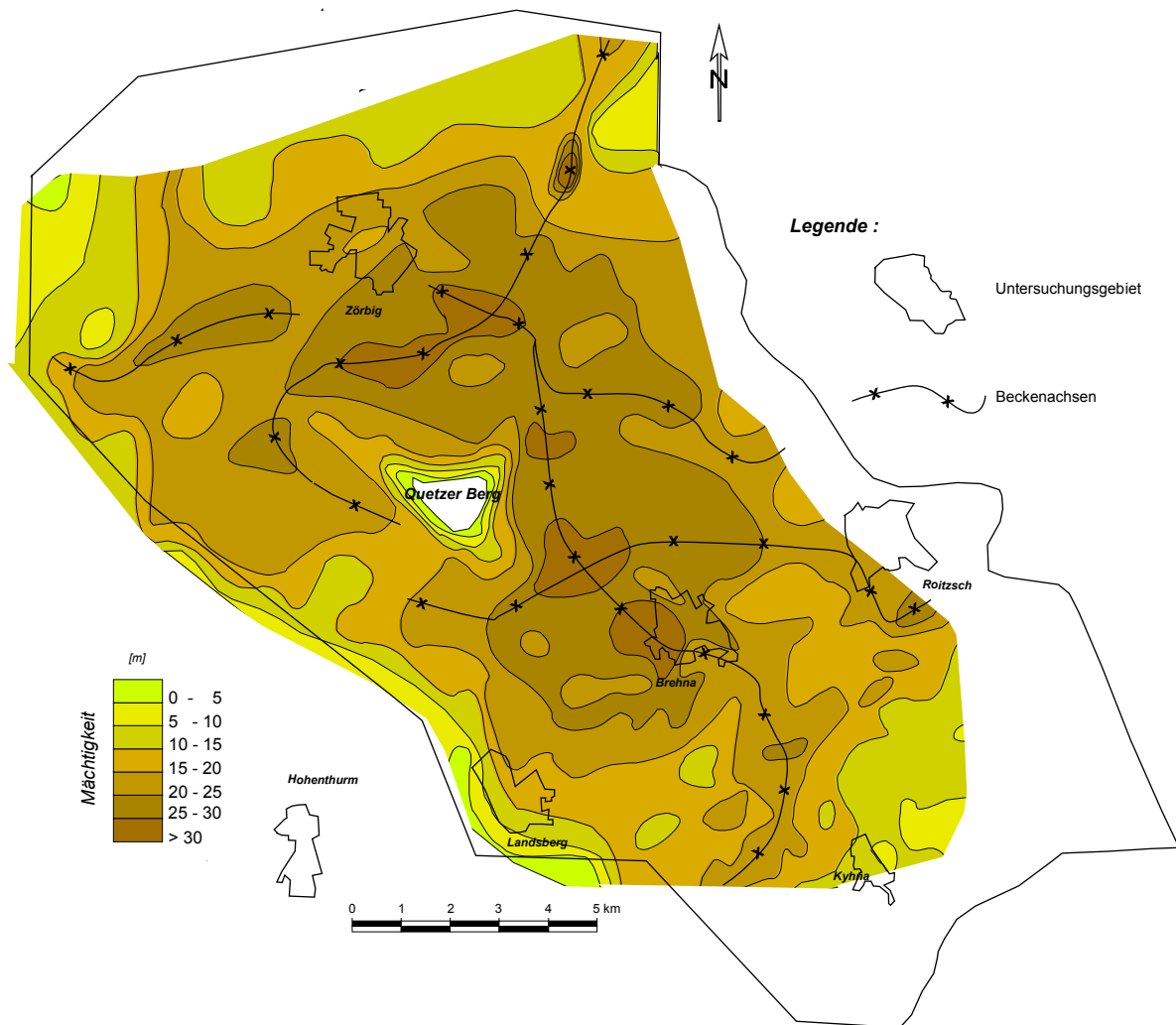


Abb. 15: Isopachen der tertiären Schichten im Hangenden des Flözkomplexes Bruckdorf

Die Darstellung der Isopachen der Hangendschichten des Flözkomplexes Bruckdorf (Bruckdorfer Schluffhorizont/Abb. 15) gibt die Strukturen aus dem Bereich der Prätertiäroberfläche nur noch unscharf wieder. Die in Abb. 5 dargestellten Strukturen haben im Gebiet östlich von Zörbig und nördlich von Brehna und Roitzsch ihren linearen Charakter verloren. Die Räume mit maximalen Mächtigkeiten (braune bis dunkelbraune Farbtöne) weisen eher rundliche Formen auf. Von der ursprünglichen Beckenstruktur im Nordwestteil des Untersuchungsgebietes ist nur noch ein größeres Mächtigkeitsmaximum zwischen Zörbig und dem Quetzer Berg erhalten geblieben. Der Sedimentationsraum hatte sich insgesamt verflacht und verlor seine ursprüngliche detailreiche Gliederung. Auffällig ist der Verlauf der seit Beginn der tertiären Sedimentation erhalten gebliebenen Struktur mit einem Achsenverlauf von Brehna nach Süden in Richtung Kyhna. Zu Beginn der tertiären Sedimentation querte die Achse noch den Ort Kyhna von NW nach SE (Abb. 5, 12, 13, 14). Jedoch zur Zeit der Ablagerung des Bruckdorfer Schluffhorizontes hatte sich diese Achse von Kyhna aus um ca. 2 km nach Westen verschoben.

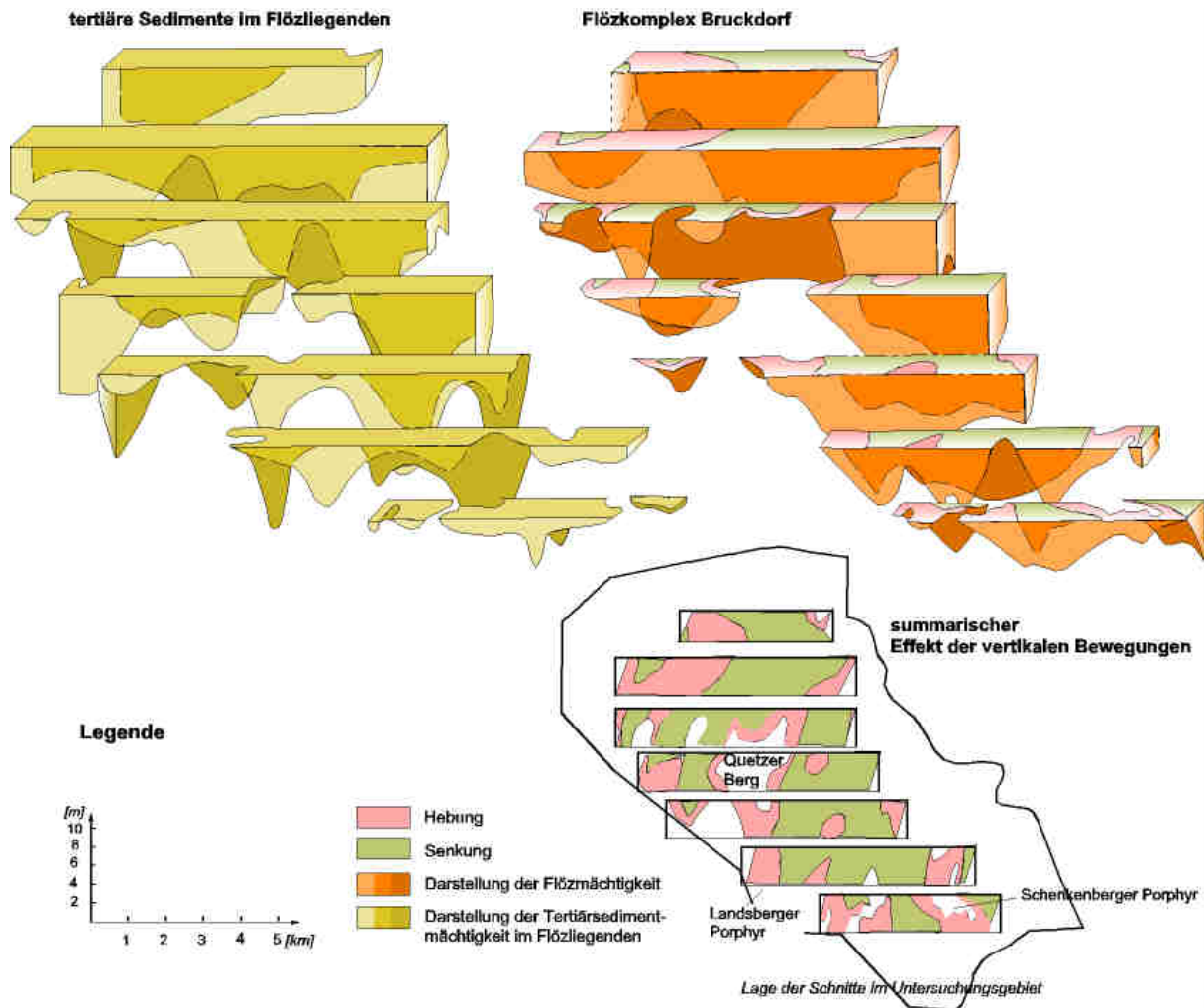


Abb. 16: Schema der summarischen Hebungs- und Senkungseffekte im Alttertiär

In Abb. 16 sind zur weiteren Untermauerung der vorbeschriebenen Sachverhalte als räumliches Schema die Mächtigkeit der Tertiärsedimente im Flözliegenden (linke Seite Abb. 16) und die Flözmächtigkeit (rechte Seite Abb. 16) dargestellt. Zur Hervorhebung der relativen Bewegungsrichtungen wurden die Mächtigkeiten von einem Höhenbezugsniveau aus nach unten angetragen. Der summarische Effekt wird im unteren Schema gezeigt. Er ergibt sich aus der kombinierten Verarbeitung der Mächtigkeitsdaten des Flözliegenden und des Flözkomplexes. Es erweist sich dabei, dass sich die Gebiete mit einer Dominanz der Hebung im Wesentlichen (rot gekennzeichnet) auf flözfreie Räume um die Bereiche der Rhyolithauftragungen an der West-/Südwestgrenze des Untersuchungsgebietes konzentrieren. Besonders markante Bereiche mit Hebungstendenzen befinden sich im Gebiet der Schenkenberger und Landsberger Porphyre (Abb. 4). Die so ausgegliederten Gebiete sind offensichtlich langfristig aktive Hebungsstrukturen bzw. deren Teile.

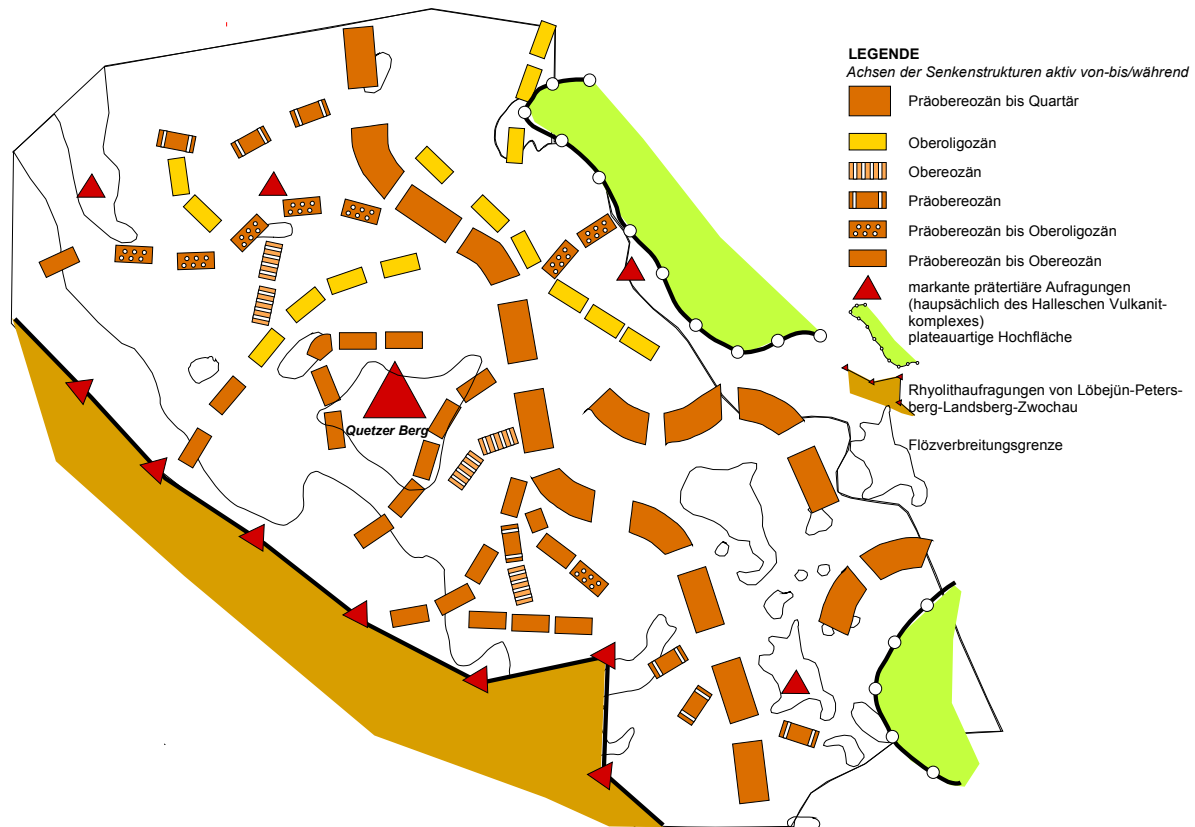


Abb. 17: Schema der zeitlichen Einordnung tektonischer Bewegungen im Alttertiär

Abb. 17 stellt die Verallgemeinerung der Mächtigkeitsanalyse dar. Die Erhebungen des Halleschen Eruptivkomplexes blieben weitgehend unberührt von der känozoischen Sedimentation (rote Dreiecke). Die herzynische Streichrichtung der Beckenachsen (breite Balken – „Präobereozän bis Quartär“) der Sedimentationsräume blieb während des Känozoikums erhalten. Erzgebirgische Streichrichtungen (schmalere gelbe und braune Balken) verloren allmählich mit Beginn des Oligozäns an Bedeutung.

6.7 Hydrogeologische Verhältnisse

Die hydrogeologischen Verhältnisse werden hier unter dem Aspekt betrachtet, dass die im Gebiet vorhandenen Grundwässer Bestandteil des braunkohleführenden Profils sind. Die hydrogeologischen Verhältnisse sind deshalb ein untrennbarer Bestandteil des Regimes, unter dem die Flözgenese verläuft. Das heißt, dass die im Gebiet vorkommenden Grundwässer mit ihrem hydraulischen Regime und ihrem Chemismus die im Profil eingebetteten Braunkohlenflöze ständig beeinflusst haben.

Die känozoische Lockergesteinshülle stellt insgesamt das obere Grundwasserstockwerk dar, welches sich durch den Wechsel von grundwasserführenden Sedimenten (Sande, Kiese) mit grundwasserstauenden bindigen pelitischen Bildungen (Schluffe, Tone) sowie den Braunkohlenflözen (Grundwasserstauer) auszeichnet. Die hydrogeologischen Verhältnisse der Grundwasserstockwerke des prätertiären Untergrundes sind im Untersuchungsgebiet weitgehend unbekannt. Zurzeit ist es nur möglich Rückschlüsse darüber in Analogie zu Kenntnissen aus einzelnen Bohrungen (Bereich des Bitterfelder Grabens im Osten des Untersuchungsgebietes oder aus Bergbauregionen (Mansfelder Mulde)) zu ziehen. Basierend auf bisher durchgeführten Erkundungsarbeiten ist es sehr wahrscheinlich, dass das känozoische Grundwasserstockwerk vom prätertiären Untergrund durch mehr oder weniger mächtige Laterite isoliert ist (SPANGENBERG et al. 1984, HARTMANN et al. 1988, PAPKE et al. 1985, 1989, BÖTTGER 1992). Das nachstehende Schema zeigt die oben beschriebene Abfolge in Übereinstimmung mit der stratigraphischen Tabelle (Anl. 9). Außerdem kann die Lage der Grundwas-

serleiter und Grundwasserstauer im Profil sowie ihre Bezeichnungen den geologischen Schnitten (Abb. 6-9) entnommen werden. Die verwendete Nummerierung der Grundwasserleiter basiert auf der Nomenklatur der „Erkundungsmethodik Braunkohle“ (BOCHMANN & MITZINGER 1985). Die tertiären Hauptgrundwasserleiter stellen die Unteren Zörbig-Formation (GWL 81), die Oberen Zörbig-Formation (GWL 62), die Cottbus-Formation (GWL 50) sowie die saalekaltzeitlichen Terrassenschotter (GWL 15) mit den sie bedeckenden Schmelzwassersanden (GWL 14). Alle anderen in Abb. 18 dargestellten Grundwasserleiter spielen im Untersuchungsgebiet nach ihrer Verbreitung und Wasserführung eine untergeordnete Rolle. Die wichtigsten Grundwasserstauer sind der Bruckdorfer Flözkomplex mit seinen schluffigen Deckschichten (Trennung von GWL 81 und GWL 98), der Flözkomplex Gröbers (Trennung von GWL 81 und GWL 62), der Rupelton (Trennung von GWL 62 und GWL 50), der Bitterfelder Flözkomplex i. w. S. (Trennung von GWL 50 und GWL 15/14) und die saalekaltzeitlichen Geschiebemergel (Trennung der GWL 15 und GWL 14 von Oberflächenwässern). Der Rupelton ist dabei ein Grundwasserstauer regionaler Bedeutung. Er verhindert beispielsweise das weitere Eindringen von Kontaminanten aus dem Industrieraum Bitterfeld-Wolfen in den tieferen Untergrund als wirksame Barriere.

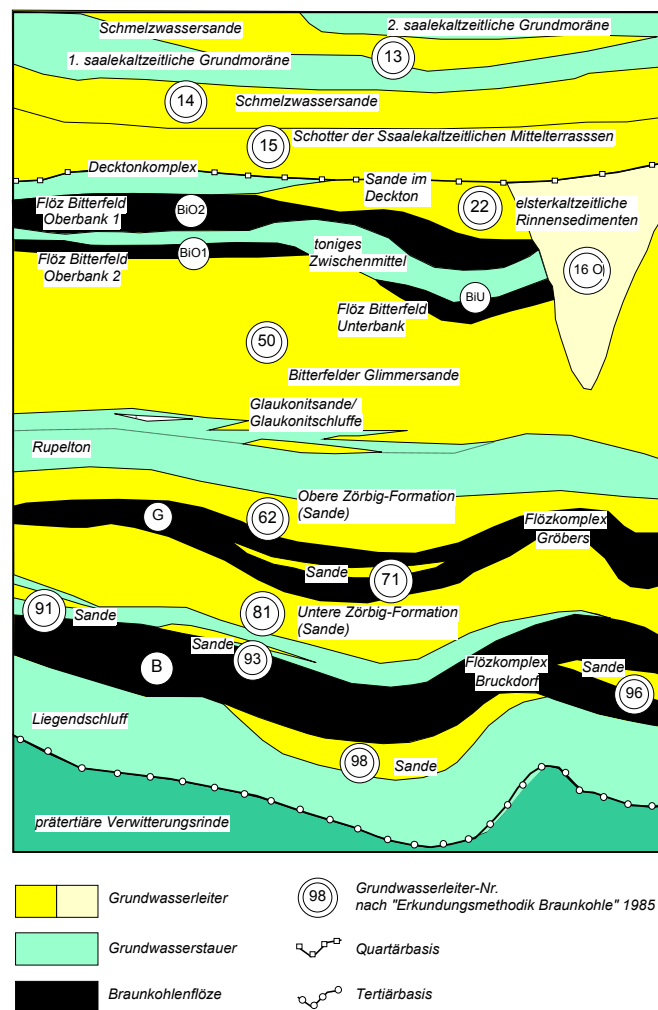


Abb. 18: Räumliche Lage von Grundwasserleitern und Grundwasserstauern im Untersuchungsgebiet

In Abb. 18 sind als wichtige quartäre Strukturen elsterkaltzeitliche Rinnen dargestellt (Symbol 160). Über diese Strukturen kommunizieren die quartären mit den tertiären Grundwässern. Diese Rinnen können sich mitunter bis in den prätertiären Untergrund einschneiden. Ein weiterer, im Schema nicht dargestellter Kommunikationsweg, besteht in der Oberfläche von obertägig anstehenden Rhyolithauftragungen, die im Untergrund stellenweise grusig verwittert sind. Über diese Wegsamkeit (grusige, schotterartige Verwitterungsdecke) können Oberflächenwässer in alle anderen Grundwasserleiter infiltrieren. Über diesen Verwitterungshorizont existieren in der Literatur hinsichtlich seiner hydrogeologischen Eigenschaften keine näheren Angaben. Die Rhyolithauftragungen sowie die genannten Rinnensysteme sind die Strukturen, über welche in relativ kurzen geologischen Zeiträumen

ein weitgehender Ausgleich der Druckniveaus der einzelnen Grundwasserleiter erfolgte. Ausgenommen sind isoliert lagernde Grundwasserleiter wie der Grundwasserleiter 98 (Abb. 6-9) im Liegenden des Flözes Bruckdorf. Der Chemismus der Grundwässer charakterisiert sich durch ein Ansteigen der Gesamtmineralisation in Abhängigkeit von der Teufenlage der jeweiligen Grundwasserleiter. Dabei ist zu beobachten, wie sich in den quartären Grundwässern (Grundwasserleiter 15 und 160, Abb. 6-9) die Dominanz von Kalzium- und Sulfationen bei den tertiären Wässern mit zunehmender Teufe zu Gunsten von Natrium- und Chloridionen wandelt.

In Tab. 5 sind die Gehalte der wichtigsten Wasserinhaltsstoffe der Grundwässer als Mittelwerte aufgeführt.

Tab. 5: Chemismus der Grundwässer im Untersuchungsgebiet

Komponente	Mittlere Gehalte in mg/l nach Grundwasserleitern-Nr.					
	15	160	50	63	81	98
Abdampfrückst.	1589,6	1087,5	1057,6	956,6	1556,7	2569,8
Na ⁺	83,9	179,2	183,2	244,6	348,4	535,1
K ⁺	18,0	15,6	14,2	15,8	10,9	11,0
Ca ²⁺	238,3	115,8	102,0	70,8	87,2	106,2
Mg ²⁺	45,6	26,2	25,8	18,7	22,8	24,2
Fe _{ges.}	19,0	3,3	3,8	11,2	17,0	1,4
Mn _{ges.}	0,3	0,6	0,3	0,1	0,2	0,3
NH ₄ ⁺	1,4	0,4	0,5	0,6	0,6	0,2
NO ₂ ⁻	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,6
NO ₃ ⁻	18,6	0,8	2,4	0,7	1,1	4,1
Cl ⁻	145,4	126,6	152,0	155,8	304,2	874,9
SO ₄ ²⁻	598,1	230,4	270,4	147,2	232,7	279,8

Der Vergleich der aquiferbezogenen Daten aus Tab. 5 zeigt, dass die durchschnittlichen Einzelwerte der Grundwasserleiter für die GWL 15, 160 und 50 sowie die beiden GWL 63 und 81 untereinander im hydrochemischen Sinne durchaus Werte einer Größenordnung aufweisen bzw. sich sehr ähnlich sind. Wesentlich von allen anderen Wässern unterscheiden sich dagegen die Grundwässer des obereozänen Grundwasserleiters 98 vor allem durch das starke Übergewicht von Na⁺- und Cl⁻-Ionen. Deutliche Trends für den Anstieg der Konzentrationen vom Hangendem zum Liegenden bestehen für Na⁺- und Cl⁻-Ionen. Die Ca²⁺-Konzentrationen reichern sich dagegen in dieser Richtung ab. Im Bericht (HARTMANN, E. in HARTMANN et al. 1988) zur Braunkohlenerkundung im Gebiet Brehna werden Ergebnisse über die Untersuchung von Brom und Chlor gezeigt. Danach ergibt sich entsprechend den abgeleiteten Koeffizienten für die Verhältnisse von Chlor zu Brom (300 bis 400) eine marine Genese der Wässer der GWL 81 und 98. Die ermittelten Chlor-Brom-Verhältnisse zeigen außerdem, dass diese Wässer nicht von Wässern aus dem Zechsteinsalinar beeinflusst wurden. Diese Aussage untermauert die Schlussfolgerung, dass die erhöhten Na₂O-Gehalte in den Braunkohlen des genannten Flözkomplexes hauptsächlich mariner Herkunft sind.

6.8 Lokale Strukturen

Der Flözkomplex Bruckdorf wird in seiner Lagerung von der Morphologie und der strukturellen Entwicklung der Prätertiäroberfläche kontrolliert. Die Flözmächtigkeiten sind reliefkonform entwickelt. Die Verbreitung und Morphologie des Flözkomplexes wird durch die in Kap. 6.3.2 beschriebenen Senken- und Rückenstrukturen der Prätertiäroberfläche maßgeblich bestimmt (Abb. 5, 19, 20).

Die Rücken und Aufragungen der prätertiären Oberfläche bestimmen die primäre Flözverbreitung für den Flözkomplex Bruckdorf. In Richtung zu den Senken nimmt die Flözmächtigkeit zu. Dabei differenziert sich der Flözaufbau, d.h. ein Wechseln der Abfolge verschiedener Kohlenlithotypen wird häufiger. Nur lokal werden schnellere Absenkungen des Untergrundes durch die Ablagerung klassischer Zwischenmittel kompensiert (Abb. 19).

Der Flözkomplex besteht in der Südhälfte des Arbeitsgebietes im Wesentlichen aus einer nicht aufgespaltenen einheitlichen Flözbank. Nur lokal treten Zwischenmitteleinlagerungen auf. Im Nordteil des Gebietes dagegen spaltet sich der Flözkomplex in bis zu 4 Flözbänke auf (Abb. 19, 20). Für den Flözkomplex Bruckdorf bedeutet dies eine Zunahme der Zahl der Rhythmen mit der Dominanz von gelben Lithotypen. Gelbe Kohlen konzentrieren sich dabei besonders auf die Flankenbereiche der Senkenstrukturen (HARTMANN in SPANGENBERG et al. 1984). Als weiterer Faktor treten Erosionserscheinungen auf. Sie gliedern sich in zwei Gruppen:

- intratertiäre Flözabtragung
- quartäre Flözabtragung im Bereich von Ausräumungsgebieten (Rinnen).

Der Flözkomplex Bruckdorf unterlag im Tertiär der Erosion. Hinweise sind dafür konglomeratartig ausgebildete Lagen (tonig-schluffige-sandige Matrix mit gerundeten Kohlebrocken), nicht mächtiger als ca. 3 dm in verschiedenen Flözbänken und Bereichen des Flözkomplexes Bruckdorf. Dies erklärt sich durch die erosive Tätigkeit von fließenden Gewässern (Flussläufe, saisonbedingte Wasserläufe).

Erosion im Quartär ist im Niveau des Flözkomplexes Bruckdorf die Ausnahme. Im Arbeitsgebiet wurde lediglich eine Stelle durch Bohrungen nachgewiesen, wo Ausräumungsvorgänge, die mit der Elsterkaltzeit datiert werden (HARTMANN et al. 1988), den Flözkomplex Bruckdorf erreicht und zu seiner vollständigen Abtragung geführt haben. Dieser erodierte Bereich nimmt eine Fläche von weniger als 2000 m² im äußersten Norden des Untersuchungsgebietes ein (Abb. 13 und 14).

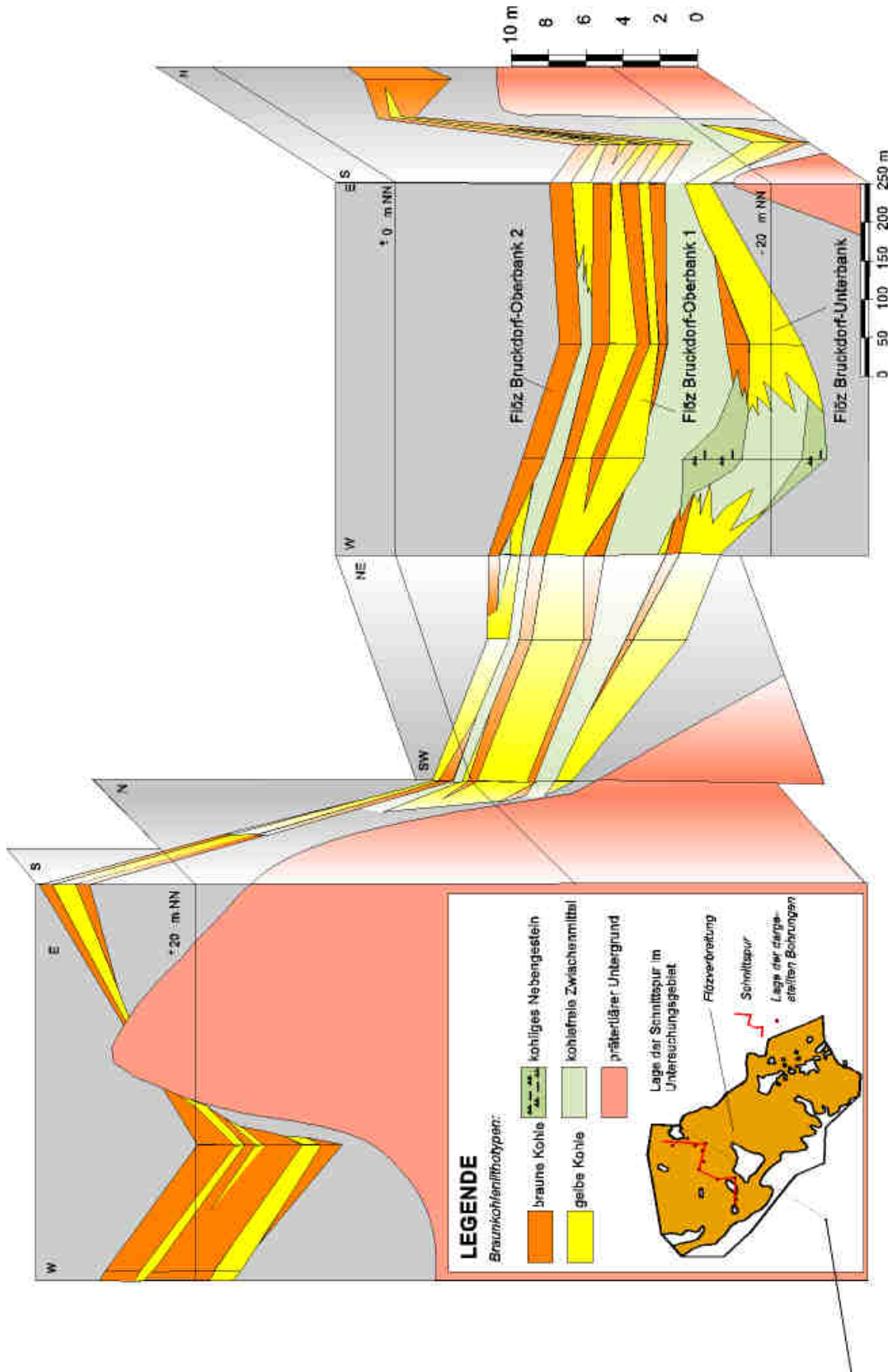
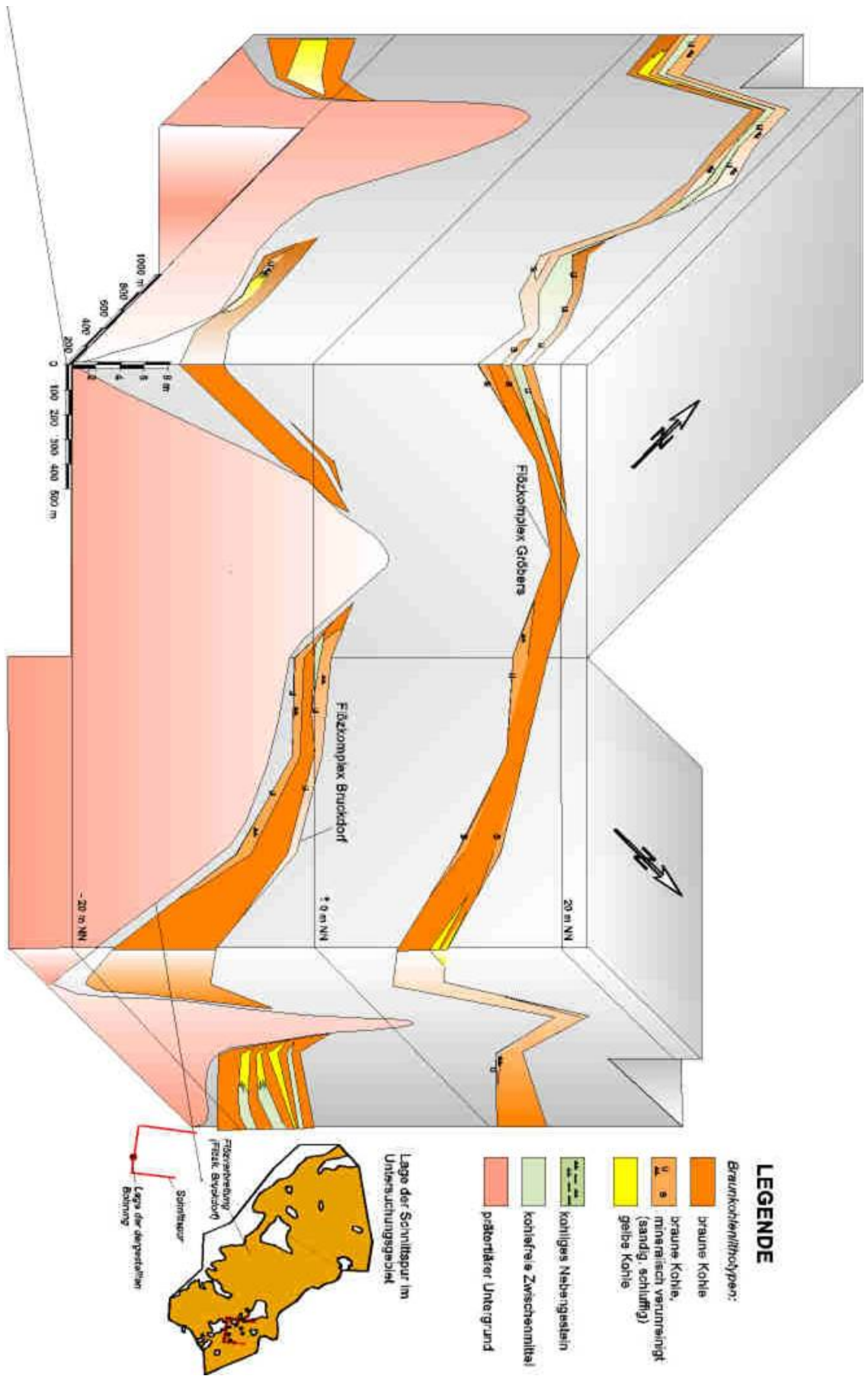


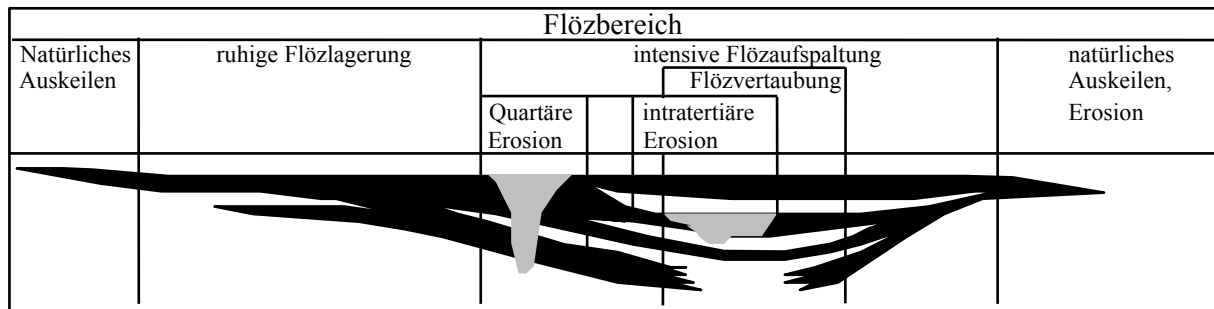
Abb. 19; Räumliches Schema des Bruckdorfer Flözkomplexes im Nordteil des Untersuchungsgebietes

Abb. 20: Räumliches Schema der Flözkomplexe Bruckdorfer und Gröbers im Südtteil des Untersuchungsgebietes



Im folgenden Schema werden die einzelnen oben beschriebenen Flözbereiche verallgemeinernd dargestellt.

Tab. 6: Schematische Gliederung des Flözkomplexes Bruckdorf



Die linke Seite des Schemas ist dem westlichen und südwestlichen Teil des Untersuchungsgebietes gleichzusetzen. Dort keilt der Flözkomplex erosionsfrei aus. Der Bereich der ruhigen Flözlagerung repräsentiert den Südtteil des Gebietes und die Übergangsbereiche zwischen extremen Hoch- und Tief-lagen. Der Abschnitt der intensiven Flözaufspaltung konzentriert sich vorrangig auf das Senkengebiet nördlich von Brehna und Roitzsch. Der rechte Teil des Schemas vertritt größtenteils den Ost-/Nordostteil des Untersuchungsgebietes. Hier wurde die Flözverbreitung von Abtragungsprozessen bestimmt.

7. Kohlengeologie*

7.1 Braunkohlenpetrographie

7.1.1 Petrographie der Lithotypen des Flözkomplexes Bruckdorf

Allgemein betrachtet, sind Kohlen ein kompliziert zusammengesetztes Gemisch aus pflanzlicher organischer Substanz und mineralischen Komponenten unterschiedlicher Natur. Petrographisch könnten Braunkohlen deshalb auch als Glied der Reihe „reine Braunkohle – mineralisch verunreinigte Braunkohle – kohliges Nebengestein – kohlefreies Nebengestein“ angesehen werden (HILLE & RASCHER 1984). Diese Betrachtungsweise ist nur innerhalb braunkohleführender Komplexe bzw. Formationen zulässig, solange allmähliche Faziesübergänge vorliegen. Im Falle diskordanter Lagerungsverhältnisse oder schroffer fazieller Wechsel können die entsprechenden Liegend- und Hangend-schichten nicht in diese Betrachtung einbezogen werden. Bei der unten folgenden petrographischen Charakterisierung der Bruckdorfer Braunkohlen wurden die Methodik von SEIFERT und RASCHER (SEIFERT & RASCHER 1979, RASCHER & SEIFERT 1980) z. T. unter direkter Anleitung der Autoren berücksichtigt. In dieser Methodik finden allgemeine kohlenpetrographische Kriterien wie Schichtung, Klüftung, Stückigkeit, Glanz, Farbe, Gehalte akzessorischer Komponenten in Kombination mit der Bestimmung von Gewebekomponenten bereits unter Feldbedingungen ihre Berücksichtigung.

Makropetrographische Beschreibung

Die makropetrographische Beschreibung der Braunkohlen des Flözkomplexes Bruckdorf wurde im Untersuchungsgebiet unter Feldbedingungen von de NAZARÉ (in SPANGENBERG et al. 1984), HARTMANN (in HARTMANN et al. 1988) und UHLIG (in PAPKE et al. 1989) durchgeführt.

* Alle wichtigen Begriffe und Abkürzungen der Kohlengeologie, Kohlenchemie und Kohlenphysik sind im Anhang (Glossar) bzw. im dort befindlichen Abkürzungsverzeichnis erläutert.

Nach ihrem äußeren Erscheinungsbild sind die Kohlen als typische farbbetonte alttertiäre Braunkohlen einzuordnen. Das heißt, dass in den dazu im Gegensatz stehenden texturreichen Braunkohlen in der Regel höhere Anteile an Geweberesten vorkommen. Durch die höheren Anteile an erhaltenen Gewebefragmenten (Gefügebildner) ergibt sich die Texturierung dieser Braunkohlen. Die Braunkohlen des Flözkomplexes Bruckdorf werden deshalb aufgrund ihrer geringen Gewebeführung hauptsächlich nach farblichen Besonderheiten unterschieden. Eine untergeordnete Rolle bei der Bestimmung der Lithotypen spielt hier die Führung pflanzlicher Gewebeteile. Nach Maßstäben, die für mitteldeutsche jungtertiäre Braunkohlen angesetzt werden, würden die Braunkohlen des Flözes Bruckdorf makroskopisch als nicht gewebeführend eingestuft werden. Bei der Felddokumentation wurden jedoch die Begriffe „schwache bis mittlere Gewebeführung“ häufig gebraucht, d. h., diese Begriffe sind als Mittel der Relativierung in Anwendung auf die Kohlen des Flözkomplexes Bruckdorf zu verstehen.

In Tab. 7 wird eine Übersicht über die in Mitteldeutschland gebräuchliche Klassifikation von Lithotypen der Braunkohlen gegeben.

Tab. 7: Klassifikation der Lithotypen der Braunkohlen (BOCHMANN & MITZINGER 1985)

Lithotyp nach farblichen Eigenschaften	Varietät		
	Zusatzmerkmale nach Mineralanteil	nach Gefüge	nach Xylitführung, Vergelung
		geschichtete Kohle	
		schwach geschichtete Kohle	xylitisch
	verunr. Kohle allgem.	geschichtete Kohle	vergelt
Schwarze Kohle	tonige Kohle	ungeschichtete Kohle	xylitisch, vergelt
Braune Kohle	schluffige Kohle	Kohle	
Gelbe Kohle	sandige Kohle	flaserige Kohle	
		Xylit	
		Xylitkohle	

Die Braunkohlen des Komplexes sind vorrangig durch braune und gelbe Lithotypen vertreten. Schwarze Kohlen wurden sehr selten angetroffen. Die nachfolgende Abbildung zeigt das Amsdorfer Hauptflöz (nach seinem Alter ein Analogon zum Flöz Bruckdorf) mit der typischen Bänderung, hervorgerufen durch den Wechsel von gelben und braunen Lithotypen.

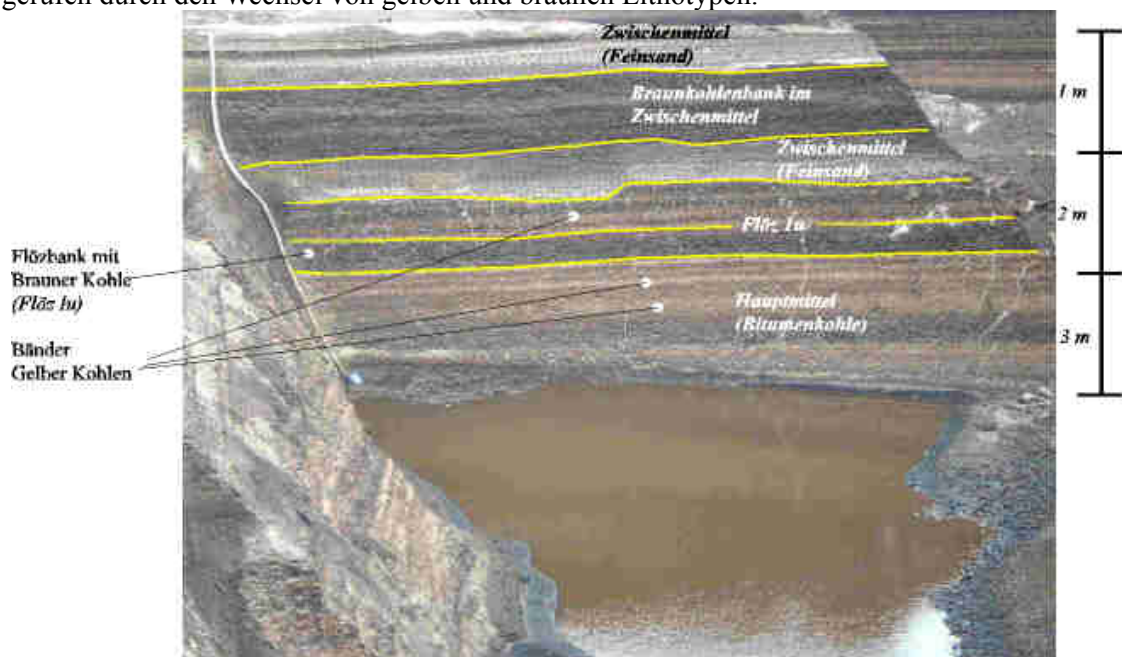


Abb. 21: Der Wechsel von gelben und braunen Kohlenlagen im Amsdorfer Hauptflöz (Baufeld Westen III, Foto der Romonta GmbH Amsdorf 2004)

In Tab. 8 sind die Verhältnisse der Häufigkeit des Auftretens von gelben und braunen Kohlenlagen in den einzelnen Flözbänken dargestellt.

Tab. 8: Verteilung der Straten im Flözkomplex Bruckdorf

<i>Flözbank</i>	<i>Häufigkeitsverhältnis brauner und gelber Kohlenlagen</i>	
Oberbank 2	Nordteil des Untersuchungs- gebietes	4 : 1
Oberbank 1		4 : 3
Oberbank ungespalten		2 : 1
Unterbank 2		3 : 2
Unterbank 1	Südteil	1 : 3
Unterbank ungespalten		1 : 1
unaufgespaltenes Gesamtflöz		2 : 1
Flöz mit abgespaltener Oberbank 2		3 : 1
unaufgespaltenes Gesamtflöz		5 : 1

Aus Abb. 19 und Tab. 8 ist der Trend zu entnehmen, dass sich gelbe Kohlen in den Unterbankflözen konzentrieren. ihr Anteil am Aufbau des unaufgespaltenen Flözes im Südteil des Untersuchungsgebietes und der Oberbank 2 am geringsten ist. Weiterhin geht daraus hervor, dass die in den Bohrprofilen ausgehaltenen Straten besonders in der Oberbank 1 mit relativ großer Sicherheit korrelierbar sind. Für die weitestgehend ungespaltene Bank des Gesamtflözes zeichnet sich der Trend einer Konzentrierung gelber Lithotypen im unteren bis mittleren Flözbereich ab. Zum großen Teil lassen sich im Nordteil gelbe Straten über mehrere Bohrungen oder über das gesamte Untersuchungsgebiet verfolgen (Abb. 19). Unter den Gelben Kohlen lassen sich zwei Haupttypen ausgliedern:

- Gelbe Kohlen mit geringen Gehalten mineralischer Komponenten und z. T. mit Gewebeführung
- Gelbe Kohlen wie zuvor, jedoch mit höheren Gehalten mineralischer Komponenten (hauptsächlich pelitische Anteile, Aschegehalte größer 15 %)

Die Gelben Kohlen mit höherem Anteil mineralischer Komponenten kommen häufig in basalen Bereichen der Übergänge zum Nebengestein vor. Insbesondere im Flankenbereich prätertiärer Aufragungen, wo das Flöz direkt auf umgelagertem tonigen bis schluffigen Verwitterungsmaterial (kolluviale Ablagerungen) lagert, erfährt die Kohle eine starke Graunuancierung, die stets mit einem starken Ansteigen der Aschegehalte einhergeht. Diese Nuancierung hängt von der Farbe des im Flöz aufgenommenen hellen Materials und im Bereich des Flözliegenden vom Austrag gelöster Huminstoffe in das Flözliegende (Bleichung) ab. Ähnliches trifft auch für Bereiche mit Einschaltungen klastischer Zwischenmittel zu. Hier verzahnen sie sich lateral mit gelben mineralisch verunreinigten Lithotypen.

Die Gewebeführung im gesamten Flöz ist im Allgemeinen sehr gering. Der überwiegende Teil der Kohle ist makroskopisch nicht gewebeführend. Die ansonsten schwache bis (selten) mittlere Gewebeführung besteht aus Häckseln, Stängeln, hellen sowie dunklen Rindenresten und seltener Nadeln, Samen und Laubblättern. Im Falle des häufigen Auftretens von Laubblättern ist damit auch eine deutliche Schichtung der Kohle über mehrere Zentimeter bis Dezimeter charakteristisch. Bereiche mit erhöhter Gewebeführung lassen sich nur selten von einer zur anderen Bohrung verfolgen. Die gelben Kohlen sind aufgrund ihres hohen Destruktionsgrades weniger gewebeführend.

Fusit als kohlenstoffreiche Inertkomponente konnte nur vereinzelt im Flöz festgestellt werden, sehr selten in Größen bis 10 cm. Reliktisches Holzgewebe in Form von Xylit konnte im gesamten Flöz, vorrangig in der braunen Kohle nachgewiesen werden. Dabei ist der durchschnittliche Gesamtgehalt im Flöz als gering einzuschätzen. Vorwiegend handelt es sich hier um Gelxylit.

Der makroskopische Vergelungsgrad der Kohlen ist im Allgemeinen schwach. Neben der makroskopisch nicht sichtbaren Vergelung der Grundmasse treten selbige häufig als Hohlraumfüllung und kugelförmige Einzelabsonderung auf. Oft sind auch Gewebereste und Xylit vergelt.

Als veränderte Baumharzkomponente konnte Retinit im gesamten Flöz nachgewiesen werden. Der quantitative Anteil ist sehr gering. Eine generelle Konzentration auf einen Lithotypen ist nicht nachweisbar. Allgemein ist jedoch die Tendenz zu erkennen, dass der Retinitgehalt vom Hangenden

zum Liegenden zunimmt. Im Übergangsbereich zum Nebengestein treten im Liegenden des Flözes oft nestartige Retinitabsonderungen bis zu mehreren Zentimetern im Durchmesser auf. Die Retinitführung setzt sich im Liegenden sehr häufig bis in das tonig-schluffige Nebengestein fort.

Die Kohlen des Flözkomplexes sind im Liegenden und Hangenden im Übergangsbereich zum Nebengestein meistens durch schluffig-tonige mineralische Beimengungen, seltener durch sandige, verunreinigt. Relativ häufig wurden klare und milchige, abgerundete glänzende Quarzkörner (Korndurchmesser 1-2 mm) auf Bruchflächen beschrieben. Hierbei handelt es sich um eine sekundäre Neubildung von Quarz.

Eisensulfide treten in Form von Konkretionen (selten bis 2-3 cm im Durchmesser), z. T. als Pseudomorphosen nach Pflanzenanteilen (Xylit, Früchte, Samenkapseln) und dispers verteilt auf. Konkretionen aus Eisensulfiden wurden in einzelnen Fällen beobachtet. (Pyrit, Markasit und Melnikowit sind unter Feldbedingungen nicht zu unterscheiden).

Mikropetrographische Beschreibung

Die qualitative und quantitative Bestimmung der Zusammensetzung der Braunkohlen des Flözkomplexes Bruckdorf wurde nach einer von SÜSS & SONTAG (1966) speziell für Weichbraunkohlen ausgearbeiteten Klassifikation durchgeführt. Die so unterschiedenen Mikrokomponenten (Mikrolithotypen) werden in der unten gezeigten Klassifikation aufgeführt.

Tab. 9: Mikrolithotypen der Braunkohlen des Flözkomplexes Bruckdorf

<i>Mikrolithotypen nach SÜSS & SONTAG(1966)</i>		
Mikrolithotyp	<i>Mikrokomponente</i>	<i>Anteil [Vol.%]</i>
Gelite (Gelo-Detrit, Texto-Gelit, De- tro-Gelit- Eu-Gelit)	Gelxylit, vergelte Gewebe, strukturloses Gel	36
Inertit	Fusit, Makrit,	<1
Detrit	Texto-Detrit, Eu-Detrit,	47
Textit	Xylo-Textit Peri- dermo-, Phyllo-Textit Liptinite	3
Bitumit	(z. B. Retinit)	<1
Carbargillit, Quarz, Carbopyrit		13

Die Zahlenangaben in Tab. 9 entstammen den Ergebnissen der laborativen quantitativen mikropetrographischen Analyse (QMA von SCHNEIDER in HARTMANN et al. 1988). Diese Ergebnisse bestätigen im kohlenpetrographischen Sinne die Zugehörigkeit der Braunkohlen des Flözkomplexes Bruckdorf zum Typus der farbbetonten gewebearmen alttertiären Kohlen.

Ein großer Nachteil der QMA besteht darin, dass außer großen Harzkörnern die Liptinite nicht erkannt werden können. Die in den Braunkohlen des Flözkomplexes Bruckdorf sehr zahlreich vorkommenden Liptinite befinden sich für die QMA quasi unsichtbar im Eu-Gelit (Mitt. Prof. VOLKMANN 2003). (Im Gegensatz zu Untersuchungen an Dünnschliffpräparaten im Durchlicht – s. Abb. 22)

Die Xylitgehalte erweisen sich als äußerst gering (ca. 1/3 der Textite). Weitere Gewebefragmente (Blattgewebe/Phyllo-Textit; Rindengewebe/Peridermo-Textit; *Marcoduria*-Gewebe) treten hinsichtlich ihrer Rolle als Gefügebildner kaum in Erscheinung und wurden nur als akzessorische Relikte vorgefunden.

Die sehr detritreichen Braunkohlen weisen hohe Anteile lipoider Komponenten auf (Liptinit). Es ist nahe liegend, dass der hohe Liptinitgehalt auf den Anteilen von Gewebeteilen der Blattepidermien, Korkrinden, Pollen und Sporen beruht. Die Liptinitführung wechselt stratenweise sehr deutlich, was sich äußerlich im oben bereits beschriebenen makroskopisch gut sichtbaren vertikalen Wechsel von braunen und gelben Bändern innerhalb der Flözbänke widerspiegelt. Die detritischen Bestandteile der Braunkohlen sind z. T. selbst vergelt (Gelo-Detrit) bzw. sind in einer vergelten amorphen Grundmasse eingebettet. Der Vergelungsgrad (mikropetrographisch) der Bruckdorfer Braunkohlen ist deutlich höher als beispielsweise bei den jüngeren Braunkohlen des Bitterfelder Flözhorizontes.

Harzkörner als Vertreter der Bitumite und Fusit (Inertit) sind in den Braunkohlen des Flözkomplexes Bruckdorf stets Akzessorien. Feindisperse pelitische Komponenten kommen im Carbargillit als Verwachsung mineralischer und kohligler Substanzen vor. Untergeordnet wurden in Assoziation mit dem Carbargillit Quarzkörner beobachtet. Die Gehalte von Pyrit in Verwachsung mit anderen anorganischen und organischen Komponenten (Carbopyrit) sind gering und übersteigen selten 1 %.



Graspflanzen-gewebe Pilzreste (Sclerotinit) Harzkörner sekundäre Ablagerungen von Huminstoffen 0,1 mm

a) Gelit/Gelo-Detrit

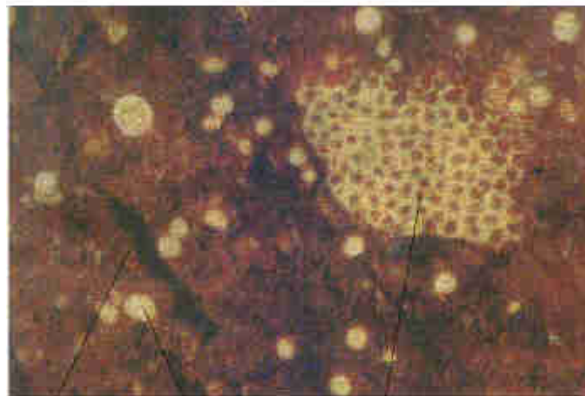
Gelbbraune vergelte Grundmasse mit dunkelbraunen detritischen Einschlüssen



Sporen Holzgewebe-fragment Pollen Harzkörner 0,1 mm

b) Gelit/Detro-Gelit

Gelbbraune vergelte Grundmasse mit dunkelbraunen detritischen Einschlüssen



humifiziertes Pflanzengewebe Harzkörner erhaltene Zellstrukturen 0,1 mm

c) Textit/Gelo-Textit

Braune vergelte Grundmasse mit detritischen Einschlüssen

Abb. 22: Mikrolithotypen und Mikrokomponenten der Braunkohlen (Dünnschliffe im Durchlicht nach ADRIANOVA et al. 1965).

Auf die mineralischen Bestandteile der Braunkohlen des Flözkomplexes Bruckdorf wird im folgenden Abschnitt näher eingegangen.

7.1.2 Mineralogische Zusammensetzung des anorganischen Teils der Braunkohlen

Makroskopisch wurden im Flözkomplex Bruckdorf die mineralischen Bestandteile Pyrit (konkretionär und flitterartig dispers verteilt), Quarz (einzelne Mineralkörner bis ca. 2-3 mm Korndurchmesser) sowie kaolinartige Tonminerale als Kluft- und Hohlraumfüllung beschrieben (HARTMANN et al. 1988, QMA von SCHNEIDER in HARTMANN et al. 1988, s. Kap. 7.1.1). Im Ergebnis röntgendiffraktometrischer Untersuchungen (Anl. 6 - HETTSTEDT 1989) an unveraschten Proben wurden die Minerale Quarz, Kaolinit, Muskovit, Gips, Kalifeldspat und Plagioklas bestimmt, wobei die letzten vier genannten Komponenten in aschereicheren Proben auftraten.

Im Rahmen der quantitativen mikropetrographischen Analyse (QMA/QMAT) wurde auch der Carbargillit als Vertreter der Gruppe der Karbominerale (SCHNEIDER in HARTMANN et al. 1988) bestimmt. Carbargillit stellt eine Verwachsung von Tonmineralen mit Mikrolithotypen der Braunkohlen dar. Die Tonanteile können dabei am Aufbau des Mikrolithotypen alle möglichen Größen annehmen bis hin zur Bildung von kohligem Nebengestein. Da die mikropetrographischen Untersuchungen bei weitem nicht als repräsentativ angesehen werden können, ist mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit anzunehmen, dass in den Kohlen auch Carbopyrit als weiteres Glied dieser Komponentengruppe anzutreffen ist, zumal Pyrit schon in makroskopisch erkennbarer dispers verteilter Form beschrieben wurde.

Mit Tab. 10 wird eine Übersicht über die Untersuchungsergebnisse der Röntgendiffraktometrie sowie über eine Auswahl weiterer bekannter in Braunkohlen nachgewiesener Minerale gegeben.

Tab. 10: Minerale und mineralische Bestandteile von Braunkohlen des Bruckdorfer Flözkomplexes (mit Zusätzen nach KOROBECKI & ŠPIRT 1988)

Mineral	Mineralformel	Allgemeine Häufigkeit des Vorkommens in der Kohle
<u>Tonminerale:</u>		
Illit-Serizit*	$KAl_2[(OH,F)_2(AlSi_3O_{10})]$	überwiegt
Kaolinit*	$Al_4[Si_4O_{10}](OH)_8$	häufig bis sehr häufig
Montmorillonit**	$Na_{0,7} Al_{3,3} Mg_{0,7} Si_6 O_{20} (OH)_4 \cdot nH_2O$	selten bis häufig
<u>Sulfide:</u>		
Pyrit*	FeS_2	selten bis häufig
Markasit**	FeS_2	selten
Melnikovit**	$Fe^{2+} Fe^{3+} S_4$	selten
Pyrrhotin**	$Fe_{1-x} S$	sehr selten
<u>Karbonate:</u>		
Dolomit*	$CaMg[CO_3]$	selten bis häufig
Siderit**	$Fe[CO_3]$	häufig bis sehr häufig
Ankerit**	$Ca(Mg,Fe)[CO_3]$	häufig bis sehr häufig
Kalzit**	$Ca[CO_3]$	häufig bis sehr häufig
<u>Oxide/Hydroxide:</u>		
Hämatit*	Fe_2O_3	selten
Quarz*	SiO_2	selten bis häufig
Magnetit**	Fe_3O_4	sehr selten
Limonit**	$FeO[OH] \cdot nH_2O$	selten bis häufig
Goethit**	$FeO[OH]$	selten
<u>Silikate:</u>		
Orthoklas*	$K[AlSi_3O_8]$	sehr selten
<u>Sonstige:</u>		
Gips*	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$	selten
Halit**	$NaCl$	sehr selten bis häufig

(die verbalen Häufigkeitsbezeichnungen in Tab. 10 haben folgende Bedeutung:

überwiegt 30 - 60% sehr häufig 10 - 30%

häufig 5 - 10% selten 1 - 5%

sehr selten < 1%)

*) Mineral wurde in den Braunkohlen des Flözkomplexes Bruckdorf nachgewiesen.

**) Das Vorkommen des Minerals ist in den Braunkohlen des Flözkomplexes aufgrund der geringen Untersuchungsdichte einerseits und des im Einzugsgebiet vorhandenen Mineral- und Stoffdargebotes andererseits zu erwarten bzw. sehr wahrscheinlich.

7.2 Kohlenphysikalische Beschreibung

Zur kohlenphysikalischen Charakterisierung der Bruckdorfer Braunkohlen wurden an 123 Einzelproben, die speziell für die Erhaltung der natürlichen Feuchteverhältnisse konserviert wurden, die Parameter Rohdichte (ρ_t^r), natürlicher Wassergehalt (w_t^r), natürliche Porenzahl (e_n), Wassersättigungsgrad (S_t^r) und Aschegehalt (A^d) bestimmt. In Tab. 11 sind die durchschnittlichen Größen der genannten Parameter des jungtertiären Flözkomplexes Bitterfeld und der Flözkomplexe Bruckdorf und Gröbers aufgeführt.

Tab. 11: Kohlenphysikalische Eigenschaften der Braunkohlen im Untersuchungsgebiet

Flöz/ Flözkomplex	n	ρ_t^r		w_t^r		e_n		S_t^r		A^d
		x	s	x	s	x	s	x	s	x
Bitterfeld	140	1.14		54.1		0.11		0.92		15.7
Bruckdorf und Gröbers	123	1.17	0.23	51.2	0.27	0.13	0.43	0.93	0.08	16.2

(n - Anzahl der Proben, x - arithmetischer Mittelwert, s - Standardabweichung)

In Tab. 11 sind die kohlenphysikalischen Größen für die Flözkomplexe Bruckdorf und Gröbers als eine Gruppe aufgeführt. Dies beruht darauf, dass sich bei früheren statistischen Auswertungen kohlenphysikalischer Analysenwerte ergab, dass die untersuchten Werte aus beiden Flözkomplexen nach statistischen Gesichtspunkten zu einer Grundgesamtheit gehören (HARTMANN in SPANGENBERG et al. 1984, HARTMANN et al. 1988). Das heißt, dass im petrophysikalischen Sinne beide Flözkomplexe als Einheit betrachtet werden können. Die petrographischen und andere stoffliche Spezifika der beiden Flözgruppen führen nicht zu signifikanten physikalischen Unterschieden. Die Flöze des Bitterfelder Flözkomplexes gehören jedoch nicht mehr zu dieser Grundgesamtheit. Dies kennzeichnet den Zusammenhang, dass für den Charakter der kohlenphysikalischen Eigenschaften bei ähnlicher genetischer Ausgangssituation (Paläogeographie, Paläoklima, pflanzliche Substanz) der Diageneseegrad von prägender Bedeutung ist.

Aus der Praxis der geologischen Erkundung von Braunkohlen ist bekannt (KIRJUKOV et al. 1982, SPANGENBERG et al. 1984 u. v. a.), dass zwischen Aschegehalt, Wassergehalt und Rohdichte deutliche korrelative Beziehungen bestehen. Sie fanden in Form von Regressionsgleichungen Eingang z. B. bei der Berechnung von Lagerstättenvorräten als hinreichend zuverlässig ermittelte Größen (Berechnung von Dichte und Wassergehalten, bezogen auf aschegehaltsabhängige technologische Kohlenarten). Zur Ermittlung der korrelativen Beziehungen (Erklärung s. Kap. 8.2) wurden Gleichungen verschiedener Typen berechnet (HARTMANN in SPANGENBERG et al. 1984, HARTMANN et al. 1988): lineare Gleichungen, quadratische Gleichungen ohne und mit linearem Glied. Letztere (Typ $y = f(x) = a x^2 + b$) erwiesen sich als beste Näherung zur Darstellung der genannten funktionalen Zusammenhänge. Die Daten in Tab. 11 geben Auskunft über die Art (qualitativ und quantitativ) der ermittelten Regressionsgleichungen.

Tab. 12: Korrelative Beziehungen kohlenphysikalischer Parameter

Flöz/ Flözkomplex	funktionaler Zusammenhang/Gleichung		Werte-an- zahl
	$\rho_t^r = f(A^d)$	$W_t^r = f(A^d)$	
Bruckdorf und Gröbers	$\rho_t^r = 9,7 \cdot 10^{-5} (A^d)^2 + 1.13$	$W_t^r = -3,48 \cdot 10^{-3} (A^d)^2 + 50.69$	130
	$r = 0.98$	$r = 0.93$	
	$s = 4.47 \cdot 10^{-2} \text{ g/cm}^3$	$s = 3.58 \%$	
Bitterfeld	$\rho_t^r = 1,09 \cdot 10^{-4} (A^d)^2 + 1.11$	$W_t^r = -3,83 \cdot 10^{-3} (A^d)^2 + 53.70$	94
	$r = 0.99$	$r = 0.96$	
	$s = 4.59 \cdot 10^{-2} \text{ g/cm}^3$	$s = 3.10 \%$	

(r - Korrelationskoeffizient; s - Reststreuung; n - Anzahl der einbezogenen Proben)

Die in Tab. 12 und Abb. 23 gezeigten Abhängigkeiten zwischen Dichte, Rohwasser- und Aschegehalt bezeugen, dass einmal die Dichte der Braunkohlen der alttertiären Flözkomplexe Bruckdorf und Gröbers bei gleichen Aschegehalten grundsätzlich höher liegt als die der jungtertiären Bitterfelder Braunkohlen. Auf der anderen Seite verhalten sich die Rohwassergehalte bei gleichen Aschegehalten der Braunkohlen umgekehrt. Die Unterschiede in der Dichte und den Rohwassergehalten tragen dabei systematischen Charakter. Sie lassen sich recht gut erklären, da die Differenz zwischen der Dichte der Rohbraunkohle und der Dichte der mineralischen Substanz in ihrer natürlichen Verteilung im organischen Teil der Braunkohle ein Äquivalent zum Porenvolumen bzw. zum Wassergehalt darstellen. Der höhere Diageneseegrad der alttertiären Braunkohlen ist dementsprechend gleichbedeutend mit einem geringeren Porenvolumen, das heißt die Rohwassergehalte fallen geringer und die Rohdichten höher aus. Im Untersuchungsgebiet hängt der Diageneseegrad weitestgehend vom Entstehungsalter sowie von den unterschiedlichen Mächtigkeiten der Hangendschichten bzw. Teufenlagen ab.

Ein Maß für die Güte der festgestellten Beziehungen in Form der in Tab. 12 ausgewiesenen Gleichungen sind der Korrelationskoeffizient (r) und die Reststreuung (s). Für die Beziehung Aschegehalt-Rohdichte nehmen die Korrelationskoeffizienten Werte von 0,98 und 0,99 an. Damit ist das Vorhandensein eines funktionalen Zusammenhanges auf sehr hohem Niveau nachgewiesen (s. Kap. 8.2). Die Reststreuungen als Maß für die Abweichung von Berechnungswerten von den tatsächlich vorliegenden Werten betragen $0,0447 \text{ g/cm}^3$ und $0,0459 \text{ g/cm}^3$. Das entspricht für beide Flözgruppen mittleren absoluten Fehlergrößen von 3,9 %.

Für die Beziehung Rohwassergehalt-Aschegehalt wurden Korrelationskoeffizienten in der Größe von 0,93 und 0,96 ermittelt. Die Reststreuungen liegen bei 3,58 % und 3,10 %. Die gemittelten Berechnungsfehler belaufen sich somit bei 6,62 % (Flözkomplexe Bruckdorf und Gröbers) und 6,05 % (Flözkomplex Bitterfeld). Die Höhe der Korrelationskoeffizienten zeugt hier ebenfalls vom Vorhandensein eines starken funktionalen Zusammenhanges. Die etwas kleineren Korrelationskoeffizienten sind mit einem höheren Berechnungsfehler bzw. mit einer etwas niedrigeren Güte des Zusammenhanges Rohwassergehalt-Aschegehalt als der Beziehung Aschegehalt-Rohdichte verbunden. Die niedere Güte dieser Beziehung ist damit zu begründen, dass zwischen Aschegehalt und Rohwassergehalt kein direkter ursächlicher Zusammenhang existiert. Der funktionale Zusammenhang dieser beiden Größen basiert auf dem direkten Verhältnis von Aschegehalten und dem Porenvolumen, welches sich mit dem Ansteigen der Gehalte mineralischer Beimengungen verringert.

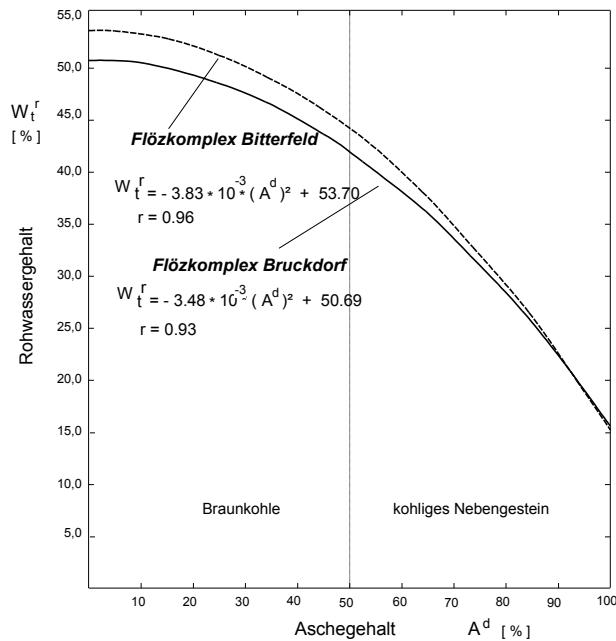


Abb. 23a: Regressionsgleichung für den Zusammenhang Aschegehalt-Rohwassergehalt

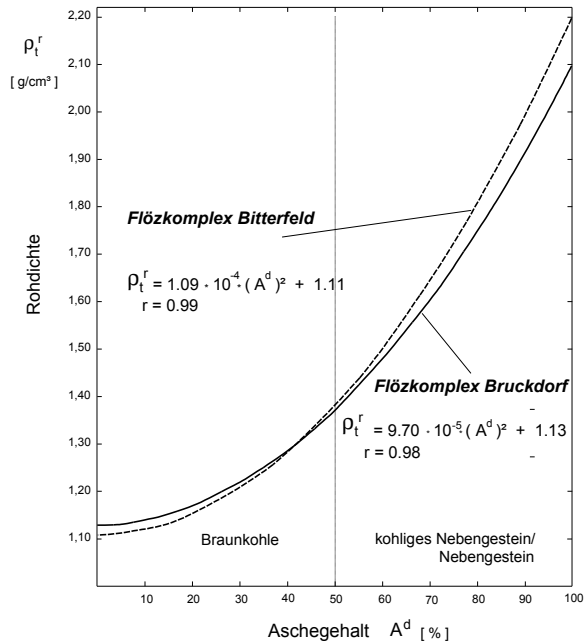


Abb. 23b: Regressionsgleichung für die Abhängigkeit Aschegehalt-Rohdichte

Zusätzlich drücken die Abb. 23a und 23b die Signifikanz der Differenzen zwischen der Dichte bzw. den Rohkohlewassergehalten der alt- und jungtertiären Flözgruppen aus. Der systematische Charakter dieser Unterschiede zeigt sich im sehr ähnlichen Verlauf der Kurven auf unterschiedlichen Niveaus.

Die im Labor ermittelten Werte des Wassersättigungsgrades der Kohlen bzw. der Wassersättigung der Poren von meist über 90 % entsprechen sehr wahrscheinlich nicht den wahren Verhältnissen in situ. Es liegt die Schlussfolgerung nahe, dass diese unter natürlichen Lagerungsbedingungen nahezu vollständig mit Wasser gesättigt sind. Dieser Behauptung liegt zugrunde, dass sich bei der Entnahme so genannter ungestörter Proben aus dem natürlichen Gesteinsverbund das Material entspannt und somit auch eine Vergrößerung des Gesamtvolumens der Probe und so auch der Porenräume erfolgt. Außerdem verliert das entnommene Lockergesteinsmaterial selbst bei fachgerechter Entnahme (in-situ-Gewinnung durch Einschlagen von Metallhülsen) und Konservierung (Paraffinierung) einen bestimmten Teil seines Wassers in Größenordnungen um etwa 5 % (HARTMANN & NOVAK 1988).

Im folgenden Schema werden die prozentualen Anteile der in der Braunkohle verschiedenen gebundenen Wasserarten aufgezeigt. Es stellt sich dar, dass ein Anteil von bis zu 50 % des Wassers (äußeres Wasser, Wasser der luftgetrockneten Braunkohle) aus den Braunkohlen relativ frei austreten bzw. ausgetauscht werden kann.

Bestandteile der Braunkohle	Anteil im Flöz Bruckdorf [%]	Art des Wassers
		oberflächlich haftendes Wasser
Rohwasser- gehalt (Porenvolumen)	50 %	äußeres Wasser (W_{ex})
		Wassergehalt der luft-trockenen Kohle (W_h)
mineralische Bestandteile	5 %	Hydratwasser (W_M)
organische Masse	45 %	pyrogenetische Wasser (W_K)

Abb.24: Verteilung des Wassers in der Braunkohle (nach KOROBECKI et al. 1988).

7.3 Kohlenchemische Beschreibung

Die kohlenchemische Beschreibung der Braunkohlen des Flözkomplexes Bruckdorf basiert auf Laboruntersuchungen von 8450 Proben mit insgesamt 52900 Einzeluntersuchungen. Diese Proben wurden aus 450 Bohrungen, die das Flöz vollständig durchteuften, nach Lithotypen entnommen. Die Mehrheit der Einzeluntersuchungen entfällt dabei auf die Größen der Konditionsparameter (Tab. 2). 516 Einzelproben aus 42 Bohrungen wurden nach dem Maximalprogramm der kohlenchemischen Analytik untersucht (Kap. 5.3.1).

Ausgehend von technologischen Vorgaben und Gegebenheiten werden als Kohlen Bildungen mit mindestens 50 % organischen Bestandteilen (bzw. bis zu 50 % Ascheanteile, bezogen auf den Trockenzustand der untersuchten Substanz) bezeichnet. In genetisch-fazieller Hinsicht ist diese Eingrenzung eher willkürlich, denn es lassen sich auch so genannte Flözvertreter als „vertaubte“ Flöze im Untersuchungsgebiet verfolgen, die rein genetisch gesehen, den Flözhorizonten eindeutig zuzuordnen sind. Dies lässt sich u. a. auch mit Hilfe der durchgehend vorhandenen bohrlochgeophysikalischen Messungen sehr gut belegen.

Im Sinne der organischen Chemie stellen Kohlen einen sehr komplex aufgebauten heterogenen organo-mineralischen Stoff dar. Dies wird durch den spezifischen Charakter der pflanzlichen Ausgangsstoffe, ihrer unregelmäßigen Verteilung im Kohlenflöz in Form verschiedenster Mazeral-komponenten sowie ihrer unterschiedlichen Widerstandsfähigkeit gegenüber diagenetischen Veränderungsprozessen bedingt. Der organische Anteil der Kohlen besteht aus einer großen Anzahl verschiedenartigster Moleküle. Deshalb kann die organische Masse als heteromolekulare Substanz bezeichnet werden. Im Unterschied zu chemisch reinen Stoffen, die aus einheitlich aufgebauten Molekülen bestehen und unter konstanten Bedingungen konstante Eigenschaften aufweisen, sind die Eigenschaften heteromolekularer Stoffe inkonstant. Das heißt, heteromolekular aufgebaute Stoffe sind nicht durch definierte konstante Schmelz- und Siedetemperaturen gekennzeichnet. Ihre Löslichkeit schwankt in weiten Grenzen. Auch die Dichte ist nicht konstant und kann sich unabhängig vom Chemismus ändern (PEN'KOV 1996).

Mit dem Herangehen der klassischen Chemie stellt die organische Masse der Kohlen ein Gemisch verschiedener chemischer Individuen dar, die jedoch nicht voneinander in ihrer reinen Form zu trennen sind. Die Unvollkommenheit klassischer chemischer Herangehensweisen bei der Klärung stofflicher Eigenschaften mit Hilfe der chemischen Zusammensetzung der organischen Masse der Kohlen basiert auf einer Inhomogenität höherer Ordnung als der Ordnung, die mit der atomaren Diskretheit des Molekülaufbaues zusammenhängt. Diese Inhomogenität höherer Ordnung stellt die disperse chemische Struktur (PEN'KOV 1996) dar, welche sich durch die Mikrostrukturierung der organischen Masse in Form von Bereichen mit unterschiedlichsten Konstellationen von Porenräumen, kolloiden Teilchen, Tropfen, Kristallen u. ä. auszeichnet. Mit der dargelegten Betrachtungsweise wird der komplizierte Charakter der Prozesse deutlich, die zum jeweiligen Zustand der organischen Masse innerhalb verschiedener Entwicklungsstadien führten.

Die laborativ ermittelten Größen können als eine Verallgemeinerung in Form von Summenparametern aufgefasst werden. Die vorliegende Datendichte mit dem entsprechenden Untersuchungsspektrum erlaubt eine eingehende Beschreibung der Braunkohlenflöze als geologische Körper in Form eines stofflichen Modells. Mit Hilfe dieses Modells sind deduktive Schlüsse über genetische Sachverhalte wie auch über einige innere stoffliche Zusammenhänge möglich.

Mit Tab. 13 wird einen Überblick über die Größe der kohlenchemischen Hauptparameter im Vergleich zu den anderen im Untersuchungsgebiet vorkommenden Flözen (Anl. 1) gegeben.

Tab. 13: Durchschnittswerte der kohlenchemischen Hauptparameter der Braunkohlenflöze

Flöz/ Flözkomplex	kohlenchemische Parameter (Bezug- 100 % der trockenen Braunkohle)					
	Asche A ^d (%)	Bitumen B ^d (%)	Schwelteer T _{sk} ^d (%)	Unterer Heizwert Q _i ^d (MJ/kg)	Gesamt- schwefel S _t ^d (%)	Na ₂ O _{ges} (%)
Bitterfeld-Oberbank 2	24.5	3.3	8.0	19.73	3.6	0.10
Bitterfeld-Oberbank 1	19.4	3.6	8.7	21.36	3.6	0.08
Bitterfeld-Unterbank	16.9	3.3	8.1	22.16	1.6	0.13
Gröbers Oberbank	41.6	3.0	7.3	16.18	3.9	0.16
Gröbers Unterbank	20.9	6.6	14.1	22.44	4.2	0.19
Bruckdorf-Gesamtflöz	16.1	7.4	15.4	23.89	4.1	0.55
Bruckdorf-Oberbank1/2	16.3	8.7	16.1	23.86	4.2	0.88
Bruckdorf-Oberbank 2	25.2	6.1	13.1	20.89	4.2	0.67
Bruckdorf-Oberbank 1	16.3	9.2	17.1	23.65	4.2	0.82
Bruckdorf-Unterbank1/2	18.1	8.1	15.8	23.25	3.4	0.17
Bruckdorf-Unterbank 2	31.3	8.7	16.2	19.42	3.8	0.67
Bruckdorf-Unterbank 1	13.6	9.0	17.1	24.67	4.0	0.81

Die Bitumengehalte und Schwelteerausbeuten sind in den jungtertiären Flözen (Bitterfelder Flözkomplex) deutlich geringer als in den alttertiären Flözen (Tab. 13). Außerdem sind bei den alttertiären Flözen Gröbers und Bruckdorf die mittleren Schwefelgehalte höher. Der Flözkomplex Bruckdorf zeichnet sich im Unterschied zu den anderen Flözen durch hohe Salzgehalte aus (Na₂O_{ges}). Innerhalb der Flözkomplexe ist dabei der Trend der Erhöhung dieser Gehalte vom Hangenden zum Liegenden festzustellen.

Aschegehalte (A^d)

Die Aschegehalte weisen unter den Hauptparametern die größte Relevanz auf. Ihre Größe ist u. a. ein indirekter Ausdruck für die Anteile organischer Substanz am stofflichen Aufbau der Braunkohlen. Als Aschen wird der anorganische Rückstand bezeichnet, der bei der Verbrennung von Kohlen anfällt. Die ausgewiesenen Aschegehaltswerte wurden unter definierten laborativen Bedingungen ermittelt (s. Tab. 2). Innerhalb der Aschegehalte kann nach Anteilen unterschieden werden, die aus den Verbrennungsrückständen der eigentlichen pflanzlichen Substanz entstehen (bei verschiedenen Autoren Eigenasche, innere Asche oder konstitutionelle Asche genannt (BLANKENBURG 1987, DARBINJAN 1988, JUDOVIĆ 1978) und dem Anteil, der auf dem von außen eingebrachten Gehalt von Mineralen und mineralischen Komponenten basiert (äußere Asche). Diese Einteilung spiegelt die innere Natur der Aschen nur unvollständig wider. Die Einteilung der Aschekomponenten nach gene-

tischen Gesichtspunkten, wie sie bei JUDOVIČ (1978) dargestellt wird, erscheint äußerst sinnvoll. Demnach können die Aschekomponenten, unabhängig davon, ob sie als Mineral oder chemisches Element unterschiedlichster Bindungsform im organischen Molekülverband vorliegen, nach Bildungsort, Bildungszeit (hypergenetisch, syngenetisch, epigenetisch) sowie nach Art und Weise der Entstehung (klastogen, chemogen, biogen) unterschieden werden.

Der mittlere Aschegehalt der Braunkohlen des Flözkomplexes Bruckdorf beträgt 16,8 %. Innerhalb der jeweiligen Flözbänke ist eine vertikale Zonalität zu beobachten. Demnach liegen in den zentralen Flözteilen geringere Aschegehalte vor. Dagegen sind die Hangend- und Liegendpartien der Flözbänke höher mineralisch verunreinigt. Für das unaufgespaltene Gesamtflöz mit durchschnittlichen Aschegehalten von 16,1 % bedeutet dies, dass für höchstens 30 cm aus den Liegend- und Hangendintervallen der Flözbank höhere Ascheanteile von deutlich über 20 % typisch sind.

In Abb. 25 wird die Verteilung der Flöz-aschegehalte in der Fläche gezeigt.

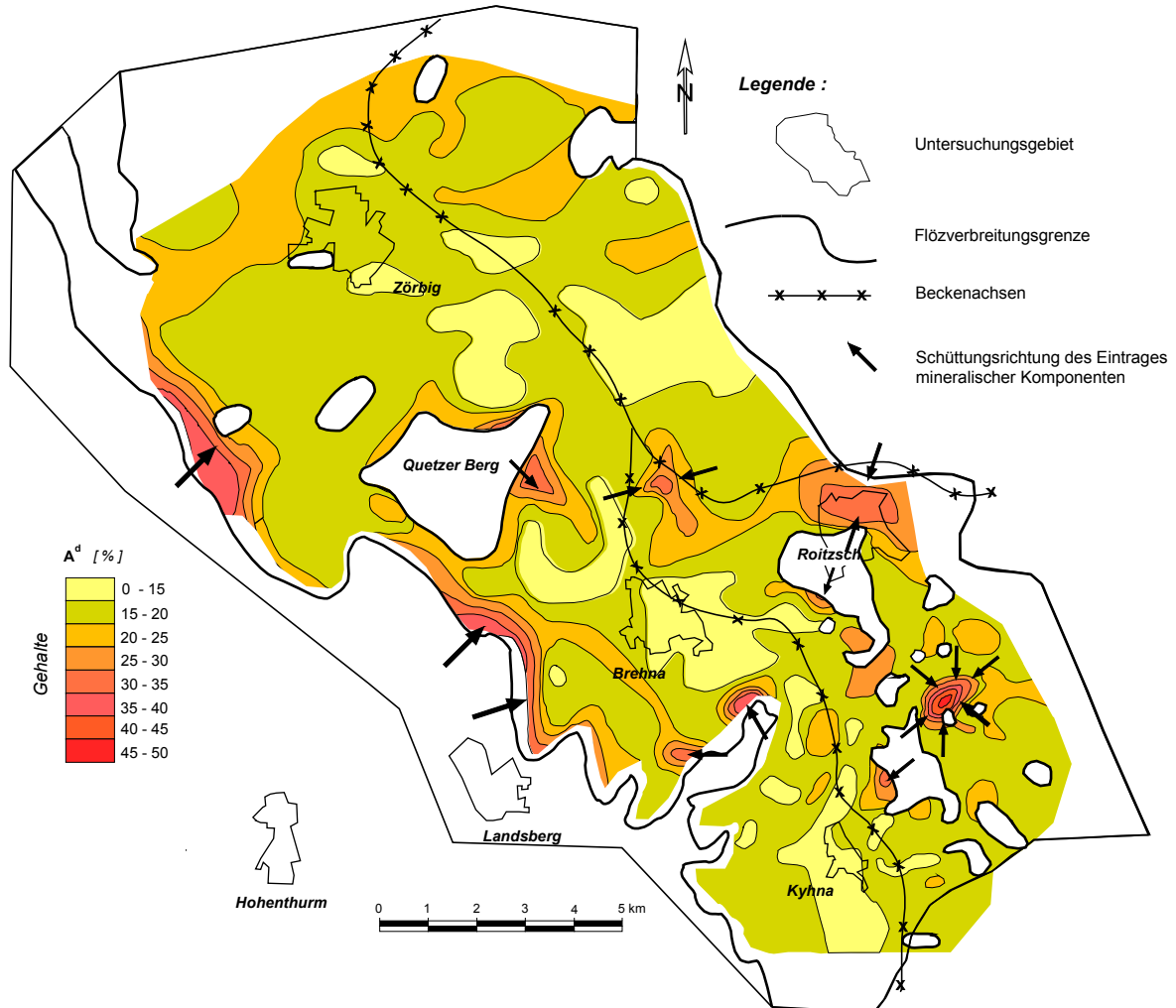


Abb. 25: Aschegehalte (A^d) im Bruckdorfer Flözkomplex

Es wurde festgestellt, dass sich geringe Aschegehalte auf Flözbereiche in den Gebieten zwischen den prätertiären Aufragungen und Rückenstrukturen konzentrieren (gelblich/gelblichgrüne Flächen südlich von Zörbig; Gebiet zwischen Brehna und Roitzsch, um Kyhna). In Richtung zu den zentralen Senkenteilen fehlen häufig die sonst anzutreffenden Hangend- und Liegendverunreinigungen. Erhöhte Ascheanteile sind im Gebiet des natürlichen Flözausgehenden (rötliche Streifen nordöstlich und nordwestlich von Landsberg) bzw. bei Flözausdünnungen über prätertiären Aufragungen vor-zufinden. Neben den Gebieten des natürlichen Flözausgehenden als fazieller Randbereich sind auch im Beckenzentrum hohe Aschegehalte zu beobachten (Struktur mit rötlich dargestellten Anomalien nördlich und nordwestlich von Roitzsch). Hier handelt es sich um tiefliegende Beckenbereiche mit verstärkten Einträgen klastischer mineralischer Komponenten. Für die laterale Aschege-

haltsverteilung im Untersuchungsgebiet in den marginalen Flözbereichen ist Folgendes auffällig (Abb. 25):

Die südwestliche Verbreitungsgrenze mit NW-SE-Streichrichtung wird im wesentlichen durch mehr oder weniger allmähliche Übergänge von ascheärmeren Braunkohlen zu aschereicheren im un-mittelbaren Flözausgehenden gekennzeichnet. Dieser Sachverhalt zeugt davon, dass hier der natürliche fazielle Übergang vom Moor zum torffreien Raum im Südosten erhalten blieb. Dieser fazielle Übergangsbereich liegt als schmaler Streifen vor, dessen Verlauf durch die Schwelle der Rhyolithauftragungen als natürliche Barriere vorbestimmt war. Von der Schwelle der Rhyolithauftragungen ging aufgrund höherer Reliefenergie ein verstärkter primärer Eintrag klastischer Komponenten in das Moor aus (vgl. Pfeilmarkierung in Abb. 25). Der nordöstliche gegenüberliegende Bereich des Flözausgehenden mit gleicher Streichrichtung zeichnet sich dagegen fast ausschließlich durch Aschegehalte von meist unter 20 % aus. Es liegt deshalb nahe, dass hier der zuvor beschriebene natürliche Übergangsbereich aufgrund der Wirkung erosiver Vorgänge fehlt.

Tab. 14. zeigt die Verteilung der Aschehauptkomponenten nach Lithotypen der Braunkohle.

Tab. 14: Die Aschezusammensetzung der Braunkohlen des Flözkomplexes Bruckdorf

Lithotyp		Gehalte der Hauptkomponenten (%) (Gehalte bezogen auf 100% Asche)								
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Na ₂ O	K ₂ O	MgO	CaO	Fe ₂ O ₃	SO ₃	TiO ₂
Braune Kohle A ^d 14,68 %	N	129	129	129	129	129	129	129	129	129
	x	15,83	8,09	4,96	0,49	3,47	24,291	6,92	33,49	0,67
	s	12,70	5,36	1,68	0,34	0,70	5,13	9,04	9,42	0,66
Gelbe Kohle A ^d 13,30 %	N	204	204	204	204	204	204	204	204	204
	x	17,25	7,92	5,62	0,72	3,53	25,12	5,86	11,49	1,73
	s	11,09	4,68	1,64	2,61	0,71	4,75	8,61	6,97	1,16
mineralisch verunr. Kohle A ^d 30,00 %	N	130	130	130	130	130	130	130	130	130
	x	50,92	12,93	2,62	0,70	1,75	11,12	4,97	11,60	1,93
	s	14,78	7,77	1,22	0,41	1,01	4,56	7,28	6,38	1,27
kohliges Nebengestein A ^d 64,83 %	N	53	53	53	53	53	53	53	53	53
	x	71,64	13,74	0,84	1,09	0,75	2,67	3,75	3,03	1,33
	s	11,51	7,98	0,36	0,54	0,43	1,14	3,15	2,21	0,83

(N- Anzahl der Einzeluntersuchungen; x - arithmetischer Mittelwert, s - Standardabweichung)

Bei der Betrachtung von Tab. 14 wird die Tendenz erkennbar, dass mit steigendem Mineralgehalt (die mittleren Aschegehalte sind in der äußersten linken Spalte aufgeführt) die SiO₂ -, K₂O- und Al₂O₃ -Gehalte kontinuierlich steigen.

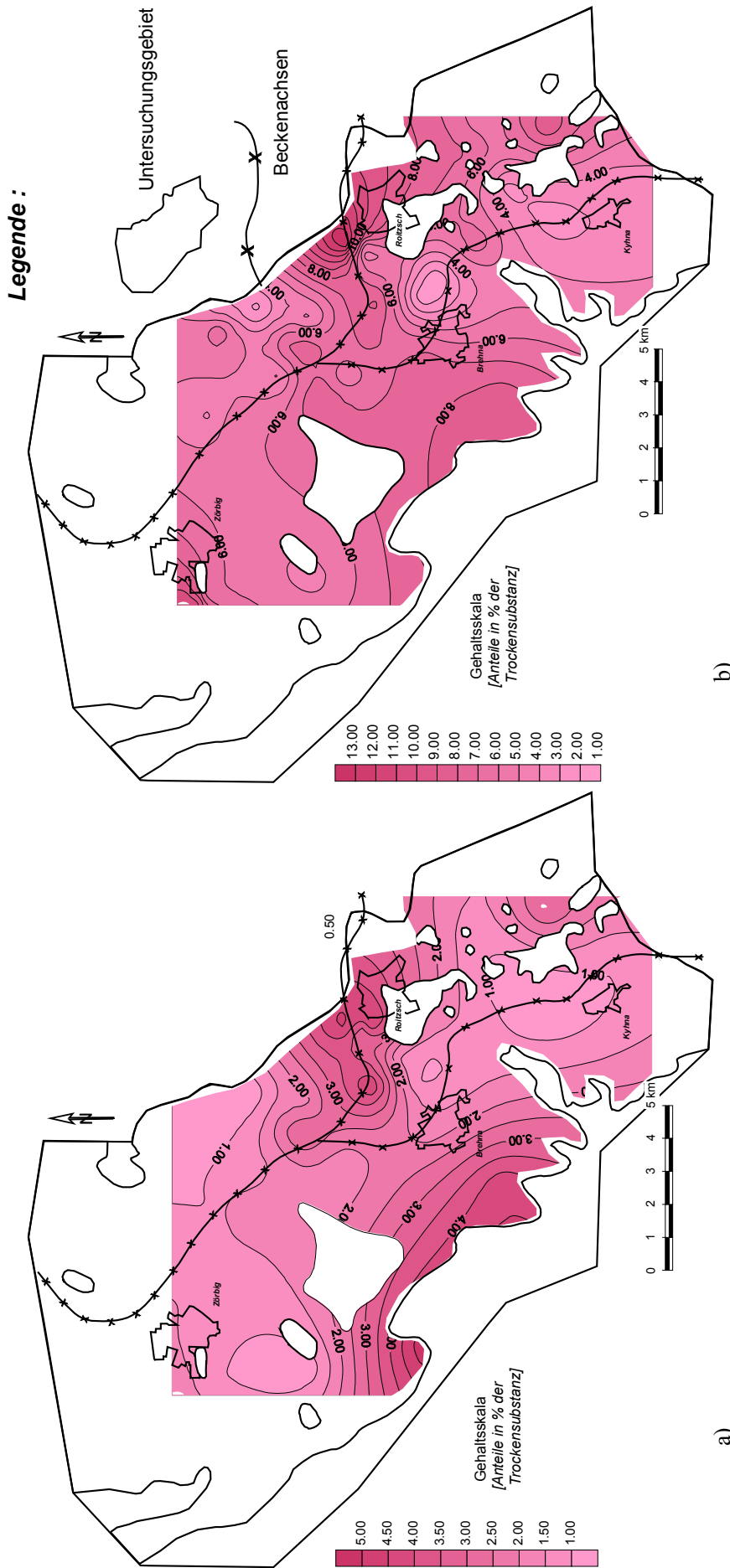


Abb. 26 a-b: Verteilung der Aschekomponenten Al_2O_3 (a) und SiO_2 (b) im Bruckdorfer Flözkomplex

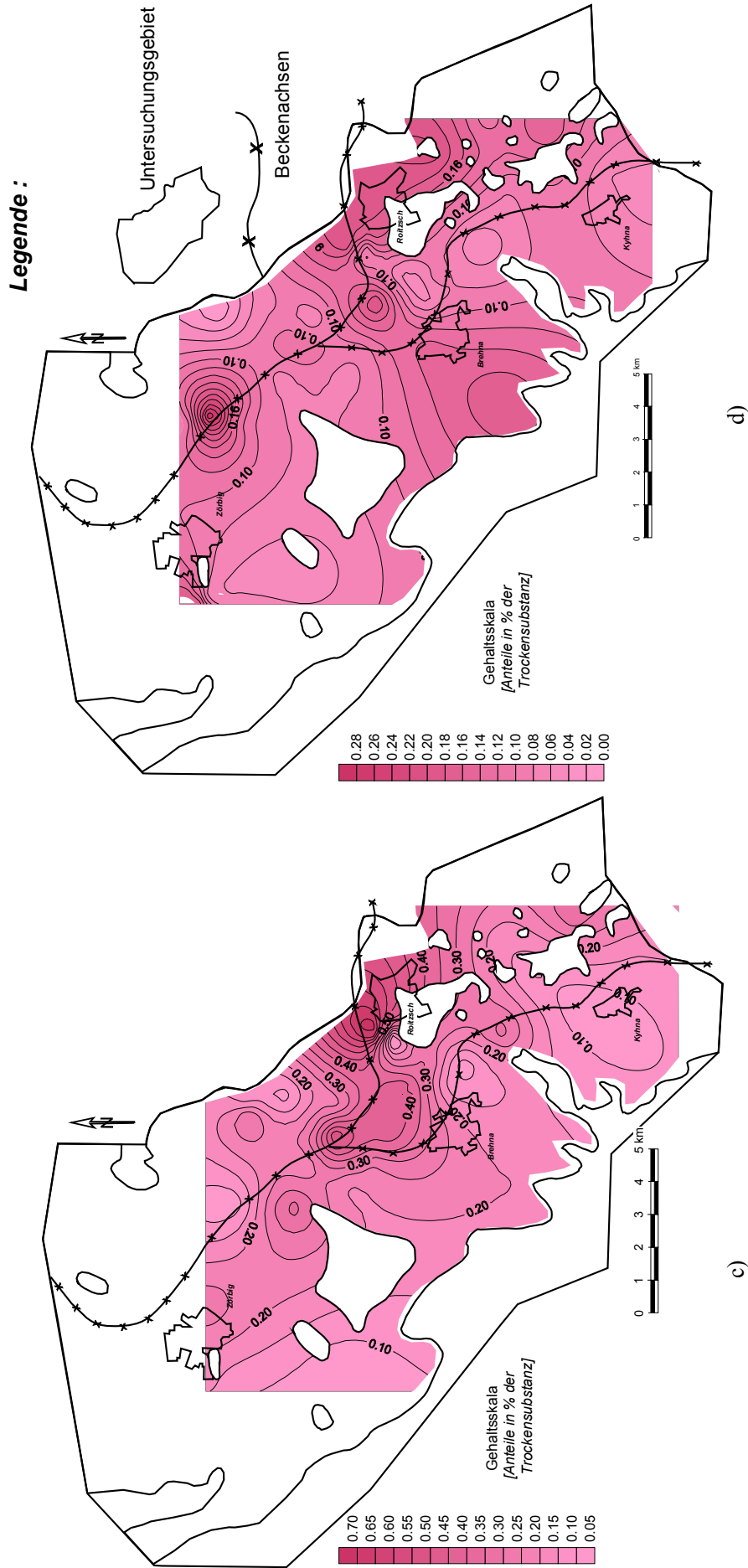


Abb. 26 c-d: Verteilung der Aschekomponenten TiO_2 (c) und K_2O (d) im Bruckdorfer Flözkomplex

Für die TiO_2 -Gehalte ist diese Tendenz nicht so deutlich. In Beziehung zum K_2O -Gehalt wird augenfällig, dass bei den gelben hochdestruierten Kohlenlithotypen die Anteile an der Gesamtasche deutlich ansteigen.

Beim Vergleich der Abb. 26 a-d ist zu erkennen, dass die Verteilungsbilder besonders von Al_2O_3 und TiO_2 dem Bild der Ascheverteilung (Abb. 26) sehr ähneln. Die Al_2O_3 -Verteilung ist besonders im Bereich des südwestlichen Flözausgehenden mit dem Bild der Ascheverteilung in einem schmalen NW-SE-streichenden Streifen fast deckungsgleich. Etwas weniger ähneln sich die Verteilungsbilder der Komponenten K_2O und SiO_2 untereinander. Das K_2O -Gehaltsmaximum südlich von Brehna findet in keinem der anderen Verteilungsmuster eine Analogie. Allen vier Verteilungsbildern ist jedoch das Vorkommen von Gehaltsmaxima in der Senkenstruktur nördlich von Roitzsch und Brehna gemein. Insgesamt betrachtet, zeugen die Verteilungsbilder damit vom vorwiegend klastogenen Charakter der vier beschriebenen Komponenten.

Im Gegensatz zu den in Abb. 26 dargestellten Aschekomponenten nehmen die Gehalte von MgO , CaO , Fe_2O_3 und SO_3 deutlich in Richtung des Ansteigens der Aschegehalte ab (s. Tab. 14).

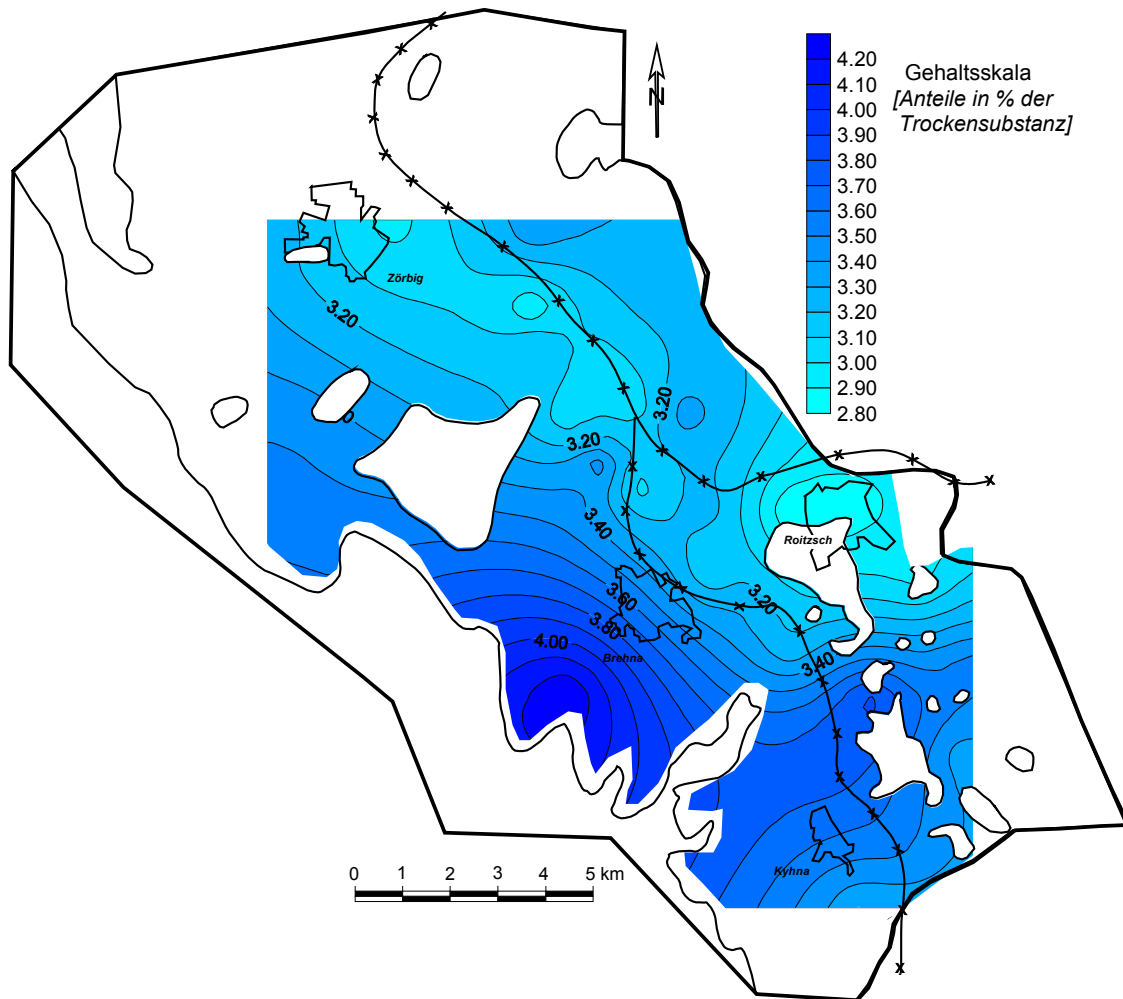


Abb. 27 a: Verteilung der Aschekomponente CaO (a) im Bruckdorfer Flözkomplex

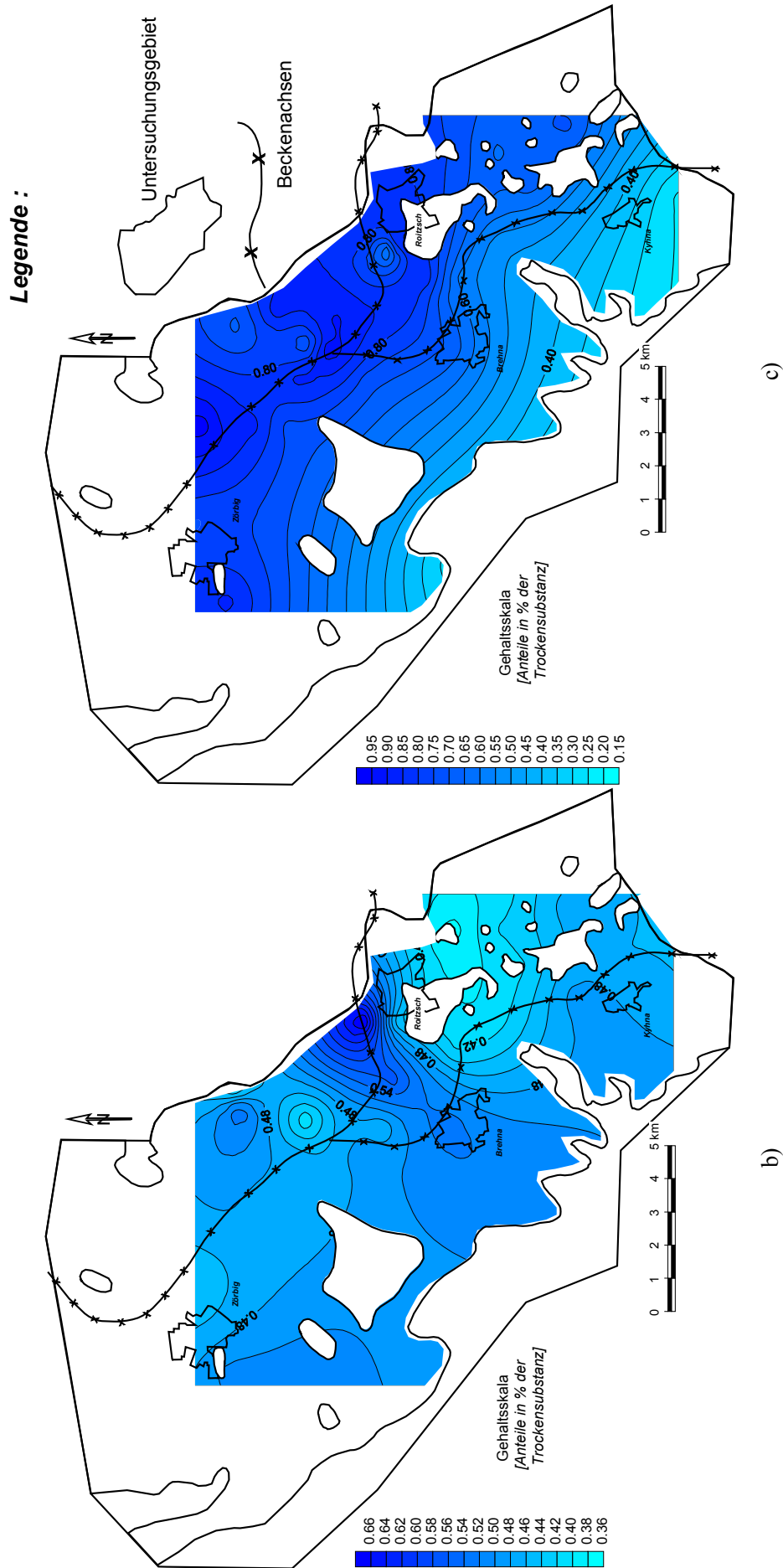


Abb. 27 b-c: Verteilung der Aschekomponenten MgO (b) und Na₂O (c) im Bruckdorfer Flözkomplex

Die Verteilungsbilder von CaO und MgO in Abb. 27 lassen die allgemeine Tendenz des Ansteigens der Gehalte zum natürlichen Flözausgehenden nach Südwesten erkennen. Besonders deutlich ist diese Tendenz beim CaO-Gehalt ausgeprägt.

Das Bild der Na₂O-Verteilung zeigt ein der Verteilung von CaO und MgO entgegengesetztes Konzentrationsgefälle. Das heißt, die Na₂O-Konzentrationen nehmen in Richtung des NW-SE streichenden lokalen Beckenzentrums nördlich von Brehna und Roitzsch kontinuierlich zu.

Die aufgezeigte Zonalität der bisher angeführten Aschekomponenten außer Na₂O kennzeichnet offensichtlich die faziellen Übergänge vom Moor zu den torffreien Fazies. Dies trifft lateral sowie auch in vertikaler Richtung zu. Die Na₂O-Verteilung scheint dagegen weniger abhängig von diesen faziellen Positionen zu sein.

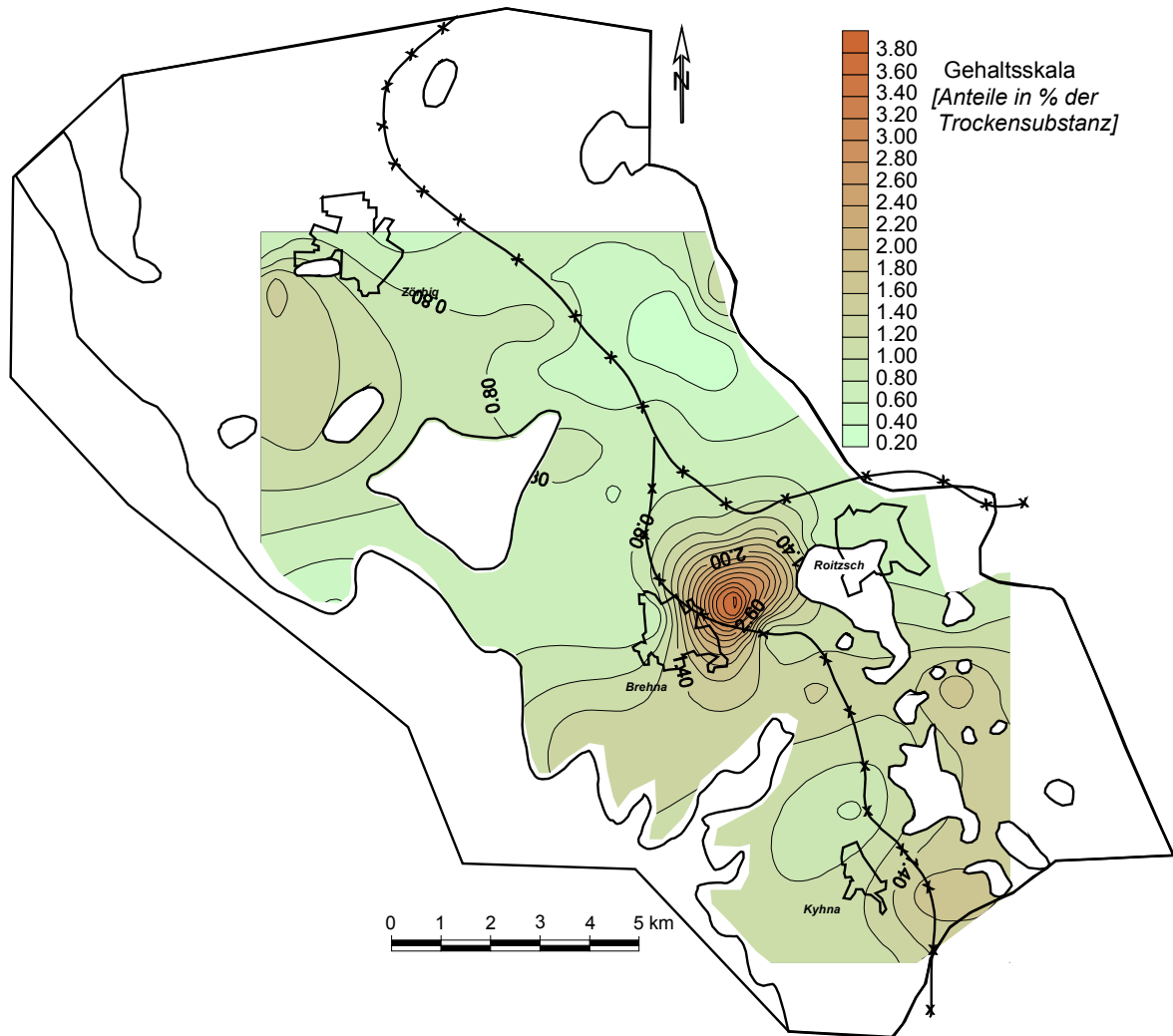


Abb. 28a: Verteilung der Aschekomponente Fe₂O₃(a) im Bruckdorfer Flözkomplex

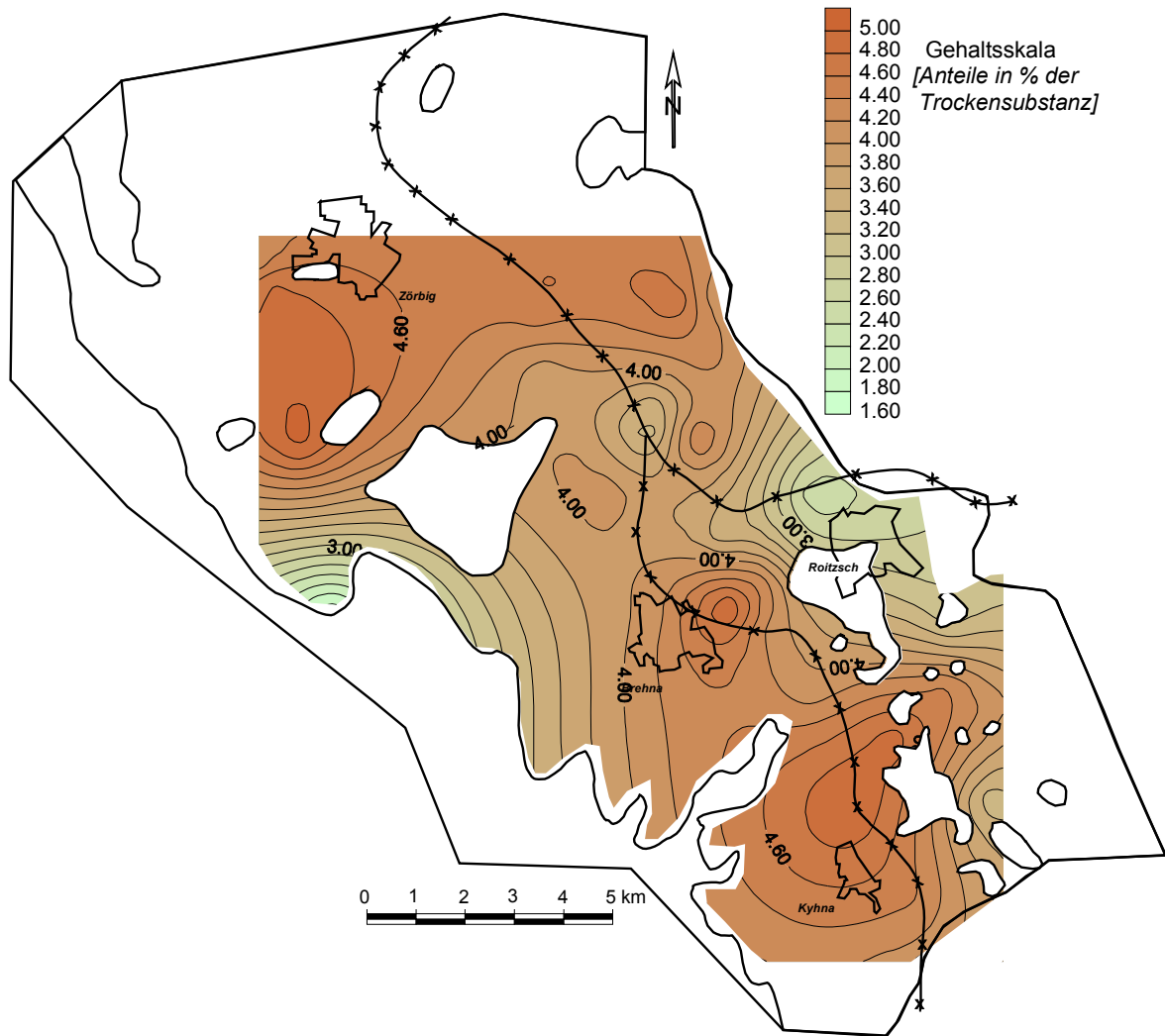
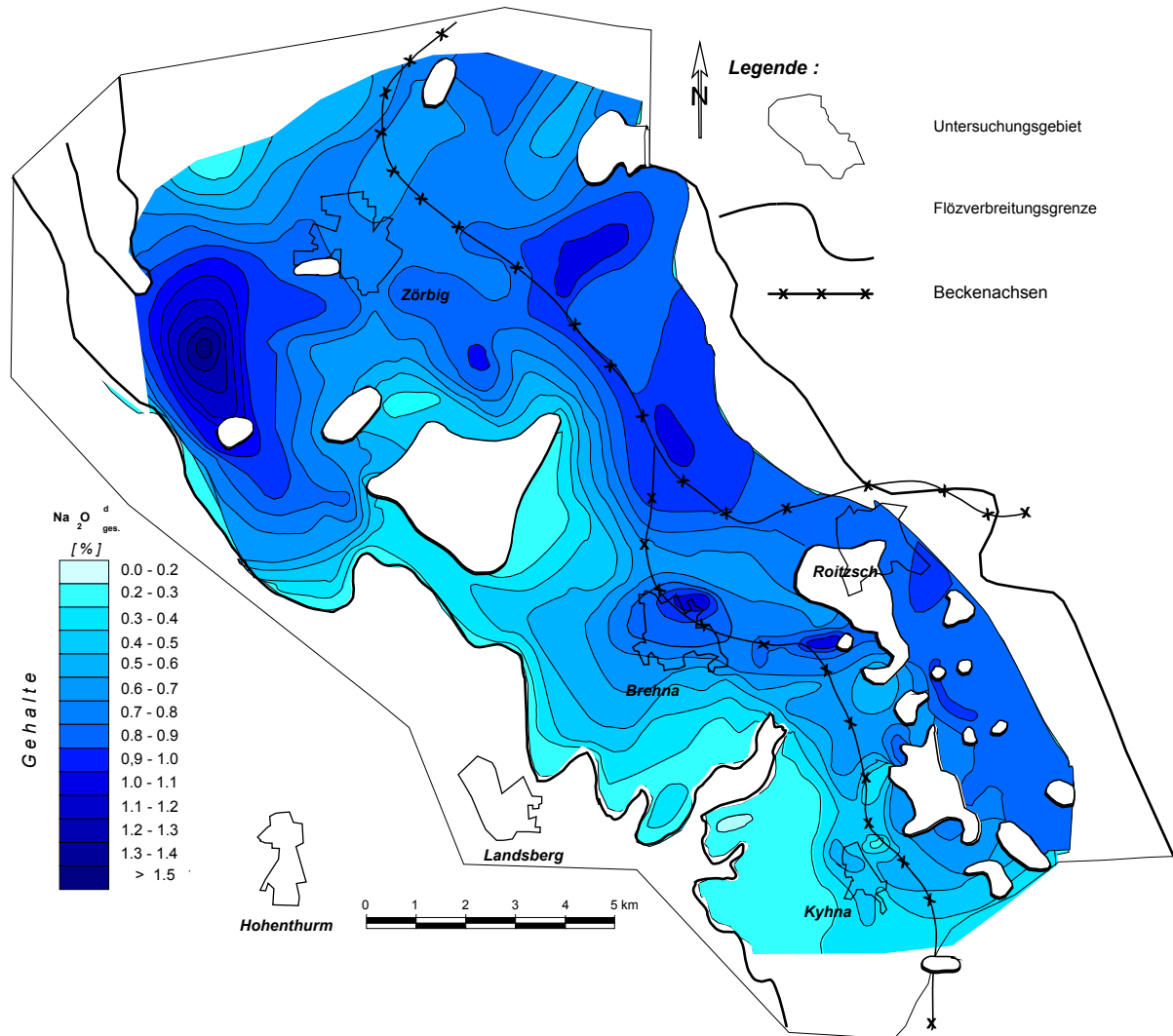


Abb. 28b: Verteilung der Aschekomponente $\text{SO}_3(\text{b})$ im Bruckdorfer Flözkomplex

Die Verteilung der Komponenten Fe_2O_3 und SO_3 weist zu großen Teilen ähnliche Verläufe auf: Gehaltsminima lokalisieren sich im Bereich des lokalen Beckenzentrums nördlich von Brehna und Roitzsch sowie im südwestlichen natürlichen Flözausgehenden. Zwei Bereiche mit Gehaltsmaxima südlich von Zörbig und nordöstlich von Brehna sind fast deckungsgleich. Die ähnlichen Verteilungsbilder zeugen von der engen genetischen Verwandtschaft der Aschekomponenten Fe_2O_3 und SO_3 . Die Bereiche mit den genannten Gehaltsmaxima markieren offensichtlich Flözbereiche mit erhöhten Gehalten von Eisensulfiden (s. unten *Schwefelgehalte*, Abb. 31).

Alle bisher beschriebenen Gehaltsverteilungen reflektieren auf ihre Weise morphologische Elemente der Prätertiäroberfläche und des Flözkörpers. In allen Verteilungsbildern lässt sich die NE-SW-Streichrichtung des Zörbig-Delitzscher Beckens (Abb. 3c) wieder finden.

Salzgehalte ($\text{Na}_2\text{O}_{\text{ges.}}$ -Gehalte)Abb. 29: $\text{Na}_2\text{O}_{\text{ges.}}$ -Gehalte im Bruckdorfer Flözkomplex

Der Salzgehalt der Bruckdorfer Braunkohlen, bezogen auf die Trockensubstanz der Braunkohle, beträgt im Mittel 0,55 %, womit die Kohlen des Flözkomplexes Bruckdorf insgesamt als Salzkohlen einzustufen sind ($\text{Na}_2\text{O}_{\text{ges.}} > 0,50\%$). Entsprechend den Na_2O -Anteilen, bezogen auf die Gesamtasche, erfolgt die Grenzziehung zu den Salzkohlen bei Anteilen über 4 % (BOCHMANN & MITZINGER 1985).

Ausgehend vom Verteilungsbild der Salzgehalte (Abb. 29), ist für die Flözmittelwerte bemerkenswert, dass ein Bereich mit Gehaltsmaxima einerseits mit den absoluten Tieflagen der heutigen Flözbasis bzw. der Tertiärbasis innerhalb der Senkenstruktur nördlich von Roitzsch und Brehna korrelierbar ist. Andererseits existieren Gehaltsmaxima auch in Randlagen eher im Bereich des Flözausgehenden. Das betrifft besonders das Gehaltsmaximum im Nordwesten des Untersuchungsgebietes. Das Gehaltsmaximum ist hier an ein Gebiet gebunden, welches durch lokale Aufragungen der prätertiären Oberfläche umrandet wird. Der genannte Bereich befindet sich in einer relativ isolierten Lage mit fast horizontal lagernder Flözbasis (Abb. 5). Aus Sicht der Reliefmorphologie liegt hier ein randliches Teilbecken niederer Ordnung vor. Im Vertikalprofil, anhand von Analyseergebnissen aus Einzelbohrungen betrachtet, sind dagegen visuell keine deutliche Tendenzen vom Hangenden zum Liegenden auszumachen (Anl. 7).

Nur mit Hilfe statistischer Methoden (Faktoranalyse, Korrelationsanalyse - s. Kap. 8) sind Trends zum Anstieg der Salzgehalte zum Flözliegenden hin, wenn auch in sehr schwacher Ausprägung, nachzuweisen.

Aus den Ergebnissen von Laboruntersuchungen ergeben sich für den an Chlor gebundenen Natriumanteil Größenordnungen zwischen 15 bis 23 %. Lithotypenabhängige Tendenzen innerhalb der aschearmen Braunkohlen sind bei der vorhandenen Anzahl der Untersuchungen nicht eindeutig belegbar. Der Fakt, dass nur ein bestimmter Teil des Natriums an Chlor gebunden ist, lässt den Schluss zu, dass neben dem Natriumdargebot aus den Silikaten des mineralischen Teils der Kohlesubstanz ein anderer Teil der Gehalte dieses chemischen Elementes auch in organisch gebundener Form vorliegen muss.

Schwelteerausbeute (T_{sk}^d)

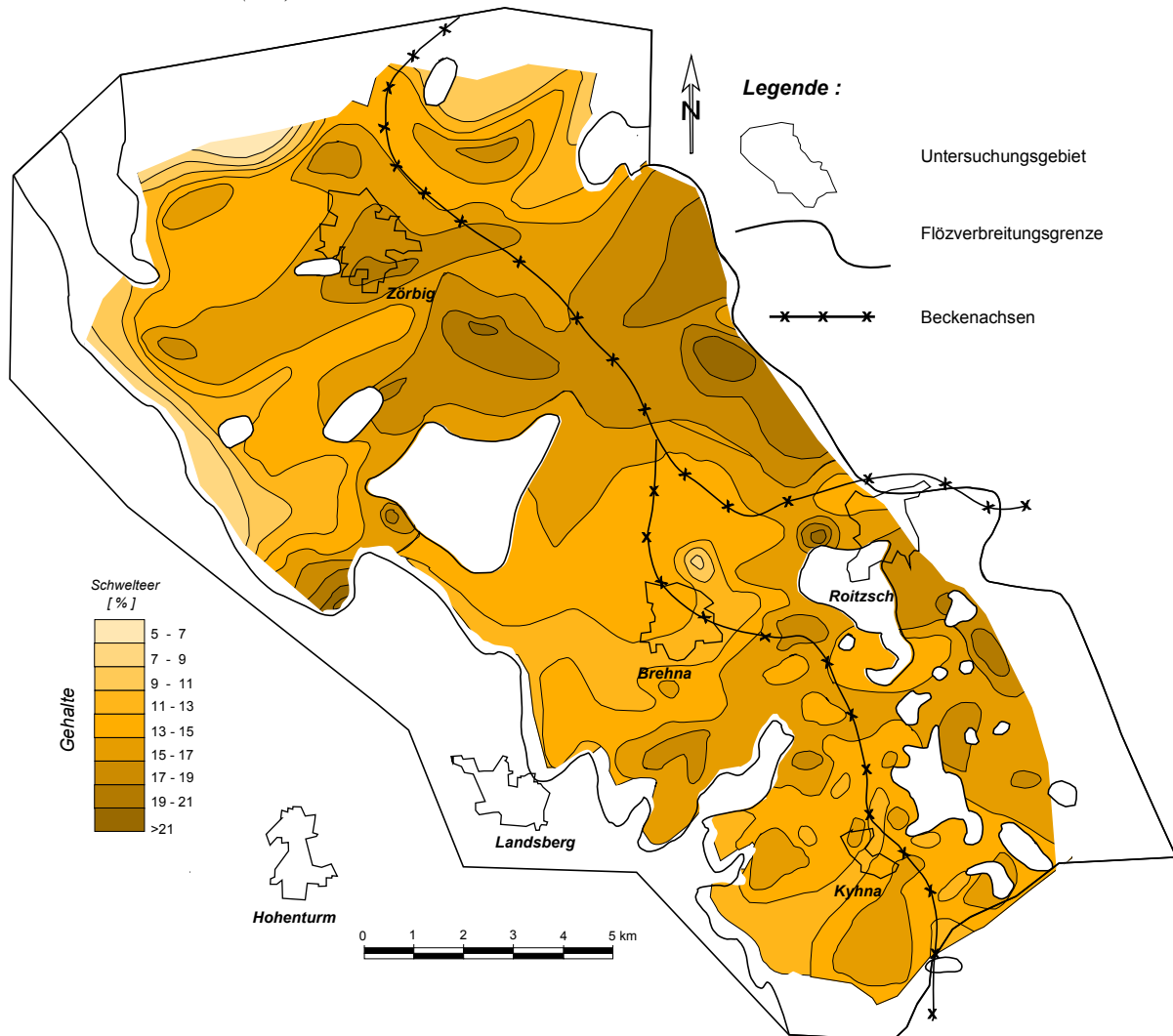


Abb. 30: Schwelteerausbeute (T_{sk}^d) im Bruckdorfer Flözkomplex

Der Durchschnittswert für die Schwelteerausbeute beträgt, bezogen auf den gesamten Flözkomplex, 16,2 %. Die Schwelteerausbeuten stehen im engen Zusammenhang mit den Anteilen lipoider Stoffe (relativ widerstandsfähige Mikrokomponenten – Kutikulenreste, Korkreste, Harzkörper, Sporen, Samen u. a.) am mikropetrographischen Aufbau der Braunkohlen (VOLKMANN 1983, SEROVA 1980, SAMARIN 1982, MICHELIS 1984). Deshalb sind höhere Schwelteerausbeuten erwartungsgemäß besonders an den Lithotyp „Gelbe Kohle“ gebunden. Dort liegen diese verwitterungsresistenten Komponenten in erhöhter Konzentration vor. Die vertikale Zonalität der Schwelteerausbeute verhält sich also auch dementsprechend äquivalent zum Wechsel von braunen und gelben Straten. Anhand der Analyse von Abb. 30 und dem Vergleich mit Abb. 5 ist festzustellen, dass sich die Maxima der Schwelteerausbeuten besonders im Nordteil des Untersuchungsgebietes östlich und westlich der prätertiären Senkenstruktur an deren Flankenbereichen lokalisieren.

Schwefelgehalte

An Proben aus dem Flözkomplex Bruckdorf wurden die Gehalte des Gesamtschwefels (S_t^d), verbrennlichen Schwefels (S_c^d), Sulfidschwefels (S_p^d) und Sulfatschwefels ($S_{SO_4^d}$) bestimmt (Kap. 5.3.1/Tab. 2). Für das Untersuchungsgebiet wird festgestellt, dass die Gesamtschwefelgehalte, bezogen auf die Flözmittelwerte der anstehenden Flöze, von Hangenden zum Liegenden zunehmen.

In Tab. 15 sind die Schwefelgehalte der im Untersuchungsgebiet anstehenden Flöze nach den oben genannten chemischen Bindungsformen angegeben.

Tab. 15: Schwefelgehalte der im Untersuchungsgebiet anstehenden Braunkohlenflöze nach ausgewählten chemischen Bindungsformen

Flözbezeichnung	Alter	Gesamt- schwefel (S_t^d) [m-%]	Sulfid- schwefel (S_p^d) [m-%]	Sulfat- schwefel ($S_{SO_4^d}$) [m-%]	verbrennl.- Schwefel (S_c^d) [m-%]
Decktonflöz	Miozän	2,7			
Bitterfelder Oberbank 2		3,6			
Bitterfelder Oberbank 1		3,6			
Bitterfelder Unterbank		1,6			
Gröbers Oberbank	Unter- oligozän	3,9	0,51	0,30	3,2
Gröbers Unterbank		4,2	0,35	0,43	2,9
Gesamtflöz Gröbers		4,2	0,35	0,43	2,9
Bruckdorfer Oberbank gesamt	Ober- eozän	4,2			
Bruckdorfer Oberbank 2		4,2			
Bruckdorfer Oberbank 1		4,2			
Bruckdorfer Unterbank gesamt		3,4			
Gesamtflöz Bruckdorf		4,1	0,62	0,23	2,7

Aus dem Inhalt von Tab. 15 ist ersichtlich, dass der Hauptanteil des Schwefels bei den alttertiären Flözen als organisch gebundener Schwefel (als Differenz zwischen dem Gesamtschwefelgehalt und der Summe der Gehalte von Sulfat- und Sulfidschwefel) vorliegt. Am geringsten fällt der in Sulfaten enthaltene Schwefelanteil aus. Die folgende Übersicht zeigt die lithotypenspezifische Verteilung der Schwefelgehalte nach Bindungsformen.

Tab. 16: Lithotypenspezifische Verteilung der Schwefelgehalte im Flözkomplex Bruckdorf nach ausgewählten chemischen Bindungsformen

Lithotyp	Gesamt- schwefel (S_t^d) [m-%]	Sulfid- schwefel (S_p^d) [m-%]	Sulfat- schwefel ($S_{SO_4^d}$) [m-%]	verbrennl.- Schwefel (S_c^d) [m-%]
braune Kohle	4,3	0,68	0,26	3,1
gelbe Kohle	3,6	0,42	0,15	2,5
mineralisch verunreinigte Kohle	3,9	0,78	0,24	3,1
kohligenes Nebengestein	3,2	0,89	0,45	2,8

Bei den hochdestruierten gelben Kohlen sinken die Gesamtschwefelgehalte deutlich, ebenso im kohligen Nebengestein. Mit dem Sinken der Gesamtschwefelgehalte geht bei den Gelben Kohlen eine signifikante Verminderung besonders der Sulfat- und Sulfidschwefelgehalte einher. Innerhalb der Lithotypen betrachtet, unterscheiden sich die Braunen von den Gelben Kohlen durch generell höhere Gehalte bei allen untersuchten Bindungsformen des Schwefels. Verallgemeinernd kann innerhalb der Lithotypen beobachtet werden, dass mit dem Anstieg der mineralischen Anteile sich auch die Anteile des Sulfat- und Sulfidschwefels erhöhen. Dagegen verringert sich dann die Konzentration des verbrennlichen Schwefels.

Abb. 31 (s. unten) zeigt die Verteilungsbilder des verbrennlichen Schwefels, des Sulfid- und des Sulfatschwefels. Die Verteilungsbilder weisen große Gemeinsamkeiten auf. Bei allen Verteilungen der drei unterschiedlichen Schwefelformen treten im Bereich der tiefsten Absenkung der Flözbasis im Norden von Roitzsch Konzentrationsminima auf. Dieser Sachverhalt deutet darauf hin, dass in diesen Flöztiefenlagen eine verstärkte Verminderung des gesamten Schwefels erfolgte. Es ist nahe liegend, dass hier unter anaeroben Bedingungen der Prozess der Sulfatreduktion besonders intensiv mit der Bildung der höchsten Reduktionsstufe des Schwefels in Form von gasförmigem Schwefelwasserstoff (H_2S) verlief. Darauf weist auch der sehr häufig anzutreffende charakteristische Schwefelwasserstoffgeruch im Flözliegenden hin (eigene Feldbeobachtungen). Es ist anzunehmen, dass der Ursprung des gesamten Schwefeldargebotes von in Lösung befindlichen Sulfationen stammt. Die Sulfatgehalte müssen sich demnach in der Moorphase formiert haben. In dieser Phase war es möglich, dass die Sulfationen über die Moorwässer selbst Bestandteil des Moores wurden. Die Sulfationen ihrerseits können über das Grundwasser, deren chemischer Bestandteil sie sind, in das Moor gelangen. Eine Zufuhr von Sulfationen aus Meereswässern ist im Zuge von Ingressionen neben fluviatilen Einträgen ebenfalls möglich.

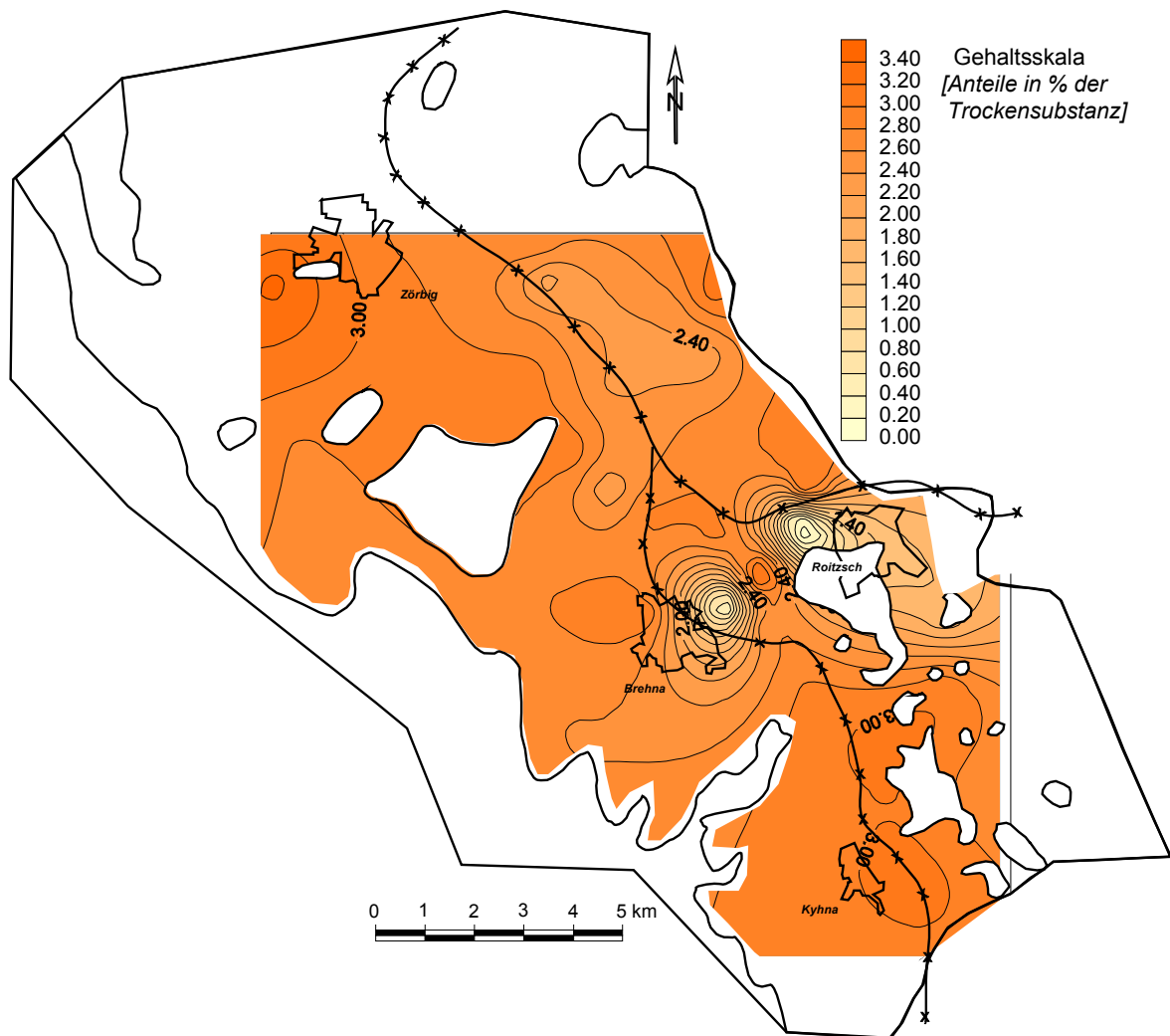


Abb. 31a: Verteilung des verbrennlichen Schwefels

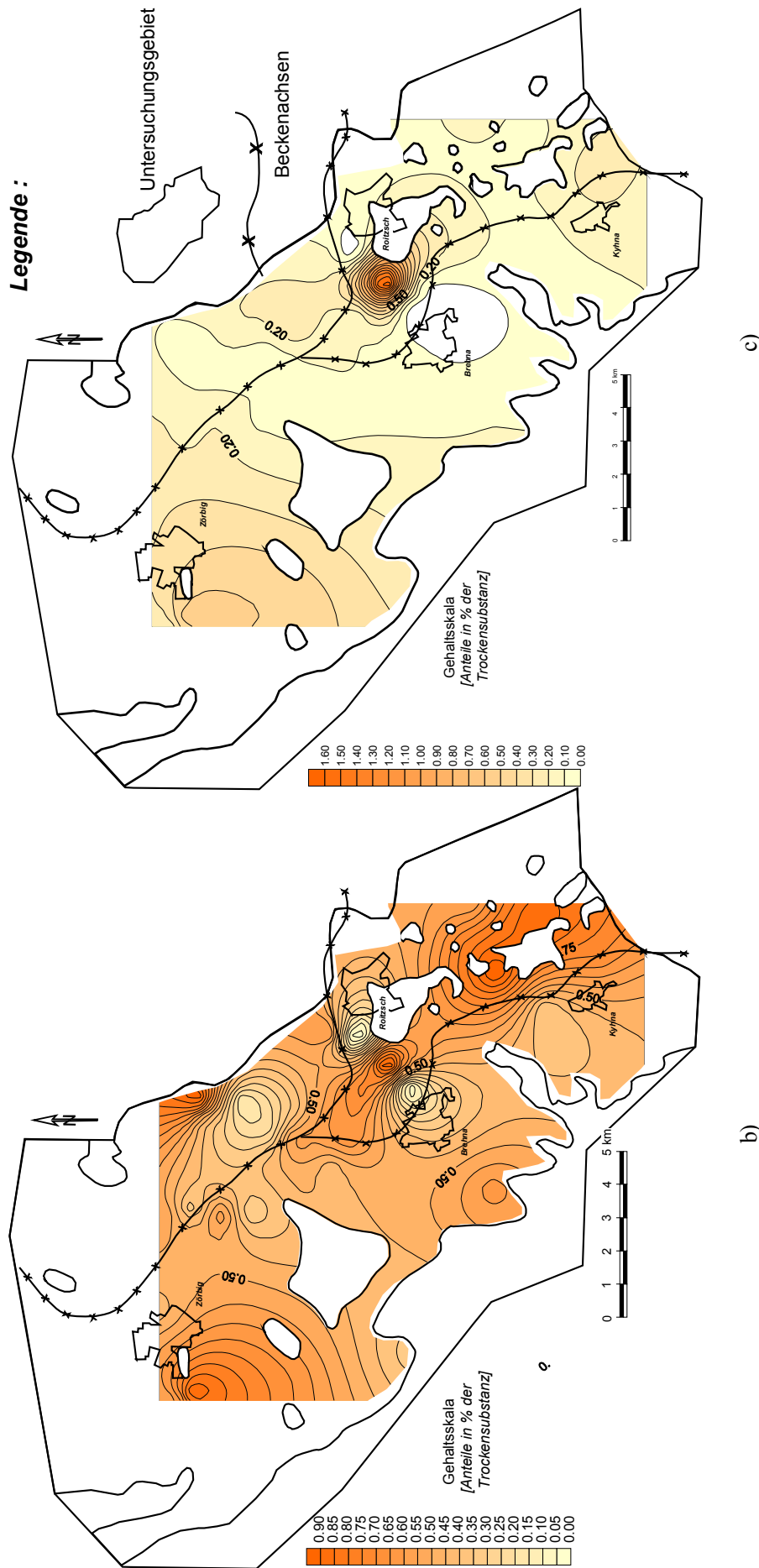


Abb. 31 b-c: Verteilung des Sulfidschwefels (b) und des Sulfatschwefels (c) im Bruckdorfer Flözkomplex

Spurenelemente

Der Darstellung der Spurenelementführung liegen Analysenwerte zugrunde, die im Rahmen der unter Kap. 5 aufgeführten Braunkohlenerkundungsprojekte gewonnen wurden. In der folgenden Tab. sind die Ergebnisse der Spurenelementuntersuchungen im Vergleich mit den Werten aus den Flözkomplexen Gröbers und Bitterfeld aufgeführt.

Tab. 17: Spurenelementführung der Braunkohlenflöze im Untersuchungsgebiet

Komponente	Elementgehalte in den Flözen/Flözkomplexen [ppm/wasserfreie Braunkohle]			
	Bruckdorf	Gröbers	Bitterfeld-Unterbänk	Bitterfeld-Oberbänk
B	116,8	131,2	58,5	81,6
Ba	136,5	255,5	219,5	104,6
Be	0,6	3,3	15,2	12,9
Co	0,7	1,6	6,5	15,2
Cr	11,0	14,0	33,2	64,3
Cu	3,7	4,9	5,0	25,1
F	133,8	83,7	4,3	9,7
Ga	3,1	3,1	2,8	5,5
Ge	2,7	2,0	n.u.	n.u.
Hg	0,227	0,27	0,1	0,15
Mn	128,0	101,8	152,6	107,0
Mo	1,2	15,4	0,7	1,1
Nb	3,0	8,6	45,0	16,2
Ni	2,0	4,8	9,5	31,3
Pb	4,1	3,7	3,4	5,8
Sc	1,3	3,0	11,0	9,4
Sn	1,5	1,2	0,4	1,4
Sr	317,1	227,3	158,8	171,5
Ta	0,3	0,8	0,05	0,3
Ti	1790,5	1302,0	1826,2	5488,7
V	10,9	23,0	32,8	96,0
Y	4,9	7,1	19,3	29,1
Zn	34,7	16,0	14,0	38,8
Zr	54,2	71,4	43,2	90,1
Actinide/Lanthanide				
Ce	10,6	13,1	1,4	69,1
Cs	0,5	1,0	0,1	0,6
Eu	0,3	0,7	0,3	3,3
La	7,1	15,4	2,3	21,1
Sm	0,9	3,7	0,2	4,6
Tb	0,2	0,4	0,05	1,1
Th	3,1	4,6	0,5	2,8
U	1,1	9,0	0,2	1,2
Yb	0,7	0,9	n.u.	n.u.

Die in Tab. 17 aufgeführten Werte entstammen der Arbeit von ZIMMERMANN (1992). Hierin wurden über 1000 Proben mit entsprechenden Einzeluntersuchungen für das betrachtete Gebiet näher ausgewertet. Es konnte dabei festgestellt werden, dass alle Spurenelementgehalte jeweils eine „biogene“ als auch eine „abiogene“ Komponente beinhalten. Unter „biogen“ und „abiogen“ wird dabei offensichtlich verstanden, inwieweit einzelne Komponenten Affinitäten zur kohligten Substanz aufweisen. Aschearme Braunkohlen sind dabei durch höhere Anteile der „biogenen“ Komponenten Ca, Na, und Mg sowie auch von Co, Cu, Ni und V charakterisiert, wogegen aschereiche Kohlen über höhere Anteile solcher Elemente wie Ga, Pb, Sc, Sn, Ti, V, Y, und Zr verfügen. Gegenüber den jüngeren Flözgruppen im Hangenden sind im Flöz Bruckdorf deutliche Anreicherungen von Bor, Fluor, Quecksilber, Mangan, Strontium und Zink zu verzeichnen. Die erhöhten Gehalte von Quecksilber und Fluor sind im Flözkomplex Bruckdorf höchstwahrscheinlich auf die Nähe zu Störungszonen im prätertiären Untergrund zurückzuführen. Zwischen den Flözkomplexen Bruckdorf und Gröbers bestehen Unterschiede in den Konzentrationen besonders einiger Elemente aus der Gruppe der Actinide/Lanthanide.

Deutlich höher sind im Flözkomplex Gröbers die Gehalte von Lanthan, Samarium und Uran. Außerdem treten hier auch erhöhte Gehalte von Molybdän und Barium auf. Diese Elementassoziation weist auf den verstärkten Einfluss des Raumes um das Granodioritmassiv von Delitzsch als Liefergebiet (Scarne, Wolfram-Molybdän-Vererzung) hin. Offensichtlich spielte dieses Gebiet während der Formierung des Flözkomplexes Bruckdorf als Liefergebiet von Sedimentmaterial eine weniger ausgeprägte Rolle. Alle anderen Konzentrationen der aufgeführten Mikroelemente liegen vergleichsweise niedriger als in den jüngeren Flözen des Untersuchungsgebietes.

8. Mathematisch-statistische Datenauswertung

In den folgenden Abschnitten wird gezeigt, wie durch die Anwendung geeigneter mathematisch-statistischer Methoden aus vorhandenem Datenmaterial Informationen sichtbar gemacht werden können, die nicht aus geologischen Karten, geologischen Schnitten und tabellarisch aufgelisteten spezifischen physikalischen und chemischen Schichtdaten ablesbar sind.

Form und Inhalt der statistischen Auswertung der kohlenchemischen Analysenwerte richtete sich nach Erkenntnissen, die vor allem innerhalb der letzten 5 Jahrzehnte mit der verstärkten Einführung mathematischer Methoden zur Verarbeitung von Massendaten aus der Prospektion und Erkundung verschiedenster Lagerstätten gewonnen wurden (DAVIS 1973, POROTOFF in POGREBIZKIJ et al. 1977). Infolge der rasanten Entwicklung der Rechentechnik einschließlich entsprechender Programme ergaben sich bis zum heutigen Tag neben den beschreibenden Methoden (deskriptive Statistik) viele weitere Möglichkeiten des Einsatzes komplexer mathematisch-statistischer Analysemethoden wie die Korrelations-, Faktor- und Clusteranalyse (KÜHL 1996, REYMENT & SAVAZZI 1999, BERTHOLD & HAND 2002, MARQUES DE SÁ 2003).

Die in Kapitel 5.3.1 (Tab. 2) aufgelisteten kohlenchemischen Daten wurden mit Hilfe der Programmpakete SPSS sowie STATGRAPHICS einer eingehenden Auswertung unterzogen. Die ausgewerteten 557 schichtbezogenen Datensätze (Anl. 10) mit jeweils 18 kohlenchemischen Einzelanalysen entstammen ausschließlich dem obereozänen Flözkomplex Bruckdorf. Neben den Analysenwerten enthalten die Datensätze Informationen zur räumlichen Schichtzuordnung wie Bohrungsnummer, Flächenkoordinaten der Aufschlusspunkte, die absoluten Liegendhöhen der Probensektionen, die jeweiligen Mächtigkeiten der Probensektionen, Petrographie und Stratigraphie der einzelnen beprobten Schichten.

Die 557 Datensätze mit den entsprechenden Analysenwerten sind Proben zuzuordnen, die ausschließlich nach dem kohlenchemischen Maximalprogramm untersucht wurden. Die verarbeiteten Werte charakterisieren vollständige Flözprofile mit Untersuchungen nach dem Maximalprogramm. Mit dieser Auswahl wurde versucht, eine Datenmatrix weitestgehend ohne Fehlstellen aufzubauen. Damit werden optimale Voraussetzungen für eine statistische Aussagesicherheit geschaffen. Trotz des selektiven Charakters des Datenmassivs bleibt aufgrund der vorhandenen Datenmenge die statistische Zuverlässigkeit zu treffender Aussagen gewährleistet. Die Mehrzahl der Einzelanalysen aus Bohrungen, bei denen weniger umfangreiche Analysenprogramme (s. Kap. 5.3.1) gefahren wurden, ging nicht in die Datenbank ein. Aufgrund der hohen Dichte von Erkundungsbohrungen mit diesen Untersuchungen wurden deshalb für die Parameter Aschegehalt, Schwelteerausbeute und Salzgehalt Isolinendarstellungen erzeugt.

Für eine komplexe mathematisch-statistische Bearbeitung der zur Verfügung stehenden geologischen Datensätze wurde eine bestimmte Reihenfolge im Sinne zunehmender Komplexität bzw. Kompliziertheit der Zusammenhänge eingehalten. Das heißt, dass zunächst die statistische Untersuchung mittels einfacher beschreibender Methoden vorgenommen wurde und erst in späteren Bearbeitungsstadien komplexere bivariate, multivariate und multidimensionale Methoden der Statistik angewendet wurden.

Eine fundierte statistische Analyse erweitert den reduktionistischen Vergleich von ausschließlich nur Mittelwerten verschiedener lithogenetischer Einheiten (z. B. lithotypenspezifische Datensätze, Daten unterschiedlicher geologischer Einheiten bezogen auf die Region oder das Alter u. a.), ohne dabei den Verteilungscharakter einschließlich der Streuungsparameter untereinander zu vergleichen. Die allseitige Untersuchung des Verteilungscharakters dieser Parameter erlaubt bereits im Anfangsstadium der statistischen Datenbearbeitung wichtige Rückschlüsse über die Stöchiometrie, die Analysengenauigkeit, Grenzgehalte und genetische Sachverhalte zur substanzuell-stofflichen Herkunft der Komponenten.

Die komplexeren statistischen Untersuchungen gestatten dann Rückschlüsse über die kausalen Zusammenhänge und Verknüpfungen der Rohstoffkennwerte der Datenmatrix untereinander. Unter den multivariaten und multidimensionalen statistischen Methoden ergaben die Korrelationsanalyse, die Cluster- und die Faktorenanalyse gut interpretierbare Ergebnisse.

Es sei an dieser Stelle hervorgehoben, dass die mathematisch-statistischen Untersuchungen neben einigen unerwarteten Ergebnissen auch eine Reihe bereits bekannter Zusammenhänge lieferte. Auch dieser Sachverhalt ist von bestimmtem Wert, da diese Zusammenhänge nicht nur qualitativ („gefühlsmäßig“) sondern auch in konkreter Form quantitativ untermauert sind.

8.1 Deskriptive Statistik*

Alle in die statistische Bearbeitung einbezogenen Analysendaten beziehen sich auf den wasserfreien Zustand der Braunkohlen als Gesamtsubstanz. Deshalb wurden auch die Gehalte der Aschekomponenten, die meistens als Gehalte, bezogen auf 100% Asche ausgewiesen werden, gleichfalls so umgerechnet. Damit wird eine objektive Betrachtung der Aschekomponenten als Bestandteil der Braunkohlen möglich (KESSLER 1979, WOLFRUM et al. 1981, PESCHEL et al. 1991). Anhand der Analyseergebnisse aus der Untersuchung der Einzelproben wurden die statistischen Maßzahlen arithmetischer Mittelwert, Standardabweichung, Medianwert, Modalwert, Schiefe, Kurtosis, Spannweite, Minimum und Maximum berechnet (Anl. 1.1-1.6). Des Weiteren wurde der Verteilungscharakter der analysierten Komponenten untersucht und in Histogrammen dargestellt (Anl. 2). Die oben genannten statistischen Maßzahlen sind, bezogen auf den gesamten Flözkomplex Bruckdorf sowie lithotypenspezifisch, in den Anlagen 1.1 bis 1.6 aufgeführt. Für alle analysierten Parameter wurde mit Hilfe des Programmpaketes STATGRAPHICS Tests auf Normalverteilung (N) und logarithmische Normalverteilung (L) durchgeführt. Die Ergebnisse letztgenannter Tests sind in Tab. 18 und Anl. 2.2 dokumentiert.

Tab. 18: Ergebnisse der Verteilungstests der kohlenchemischen Parameter des Flözkomplexes Bruckdorf (lithotypenspezifisch)

Parameter	Parameter/Verteilungscharakter				
	braune Kohle	gelbe Kohle	mineralisch verunreinigte braune Kohle	mineralisch verunreinigte gelbe Kohle	kohlige Nebengestein
A ^d	L	L	L	L	L
C ^d	L	N	N	N	N
H ^d	L	N	N	N	N
S _c ^d	L	L	L	L	L
T _{SK} ^d	L	N	N	N	N
B ^d	N	L	N	L	L
SiO ₂	L	L	L	L	L
Al ₂ O ₃	L	L	L	L	N

* Wichtige Begriffe der Statistik und Abkürzungen sind im Anhang (Glossar) bzw. im dort befindlichen Abkürzungsverzeichnis erläutert

Fortsetzung Tab. 18

Parameter	Parameter/Verteilungscharakter				
	braune Kohle	gelbe Kohle	mineralisch verunreinigte braune Kohle	mineralisch verunreinigte gelbe Kohle	kohliges Nebengestein
TiO ₂	L	L	L	N	N
K ₂ O	L	L	L	L	N
MgO	L	L	L	L	L
CaO	N	L	N	N	N
SO ₃	N	N	N	N	N
Na ₂ O	N	N	N	N	N
Na ₂ Og	N	L	N	N	L
Fe ₂ O ₃	L	L	L	L	L
S _p ^d	L	L	L	L	L
SSO ₄ ^d	L	L	L	L	L

L – logarithmische Normalverteilung; N – Normalverteilung; Sk – Schiefe; K – Kurtosis

Die Untersuchung der Verteilungen (s. u.) dient vorrangig der Klassifizierung der einzelnen getesteten Merkmale. Dabei ergab sich im Ergebnis der Verteilungstests, dass alle untersuchten Größen weitestgehend dem Gesetz der Normalverteilung bzw. der logarithmischen Normalverteilung unterliegen. Es wird weiter konstatiert, dass bei den reinen Lithotypen der Braunkohlen jene Kennwerte logarithmisch normal verteilt sind, die in Verbindung mit nicht organisch gebundenen Schwefelverbindungen (S_p^d, Fe₂O₃; SSO₄^d, s. Abb. 32) gebracht werden können sowie die Gehalte solcher Komponenten, die den lithophilen Aschebildnern (SiO₂, Al₂O₃, TiO₂, K₂O, Abb. 33) zugeordnet werden.

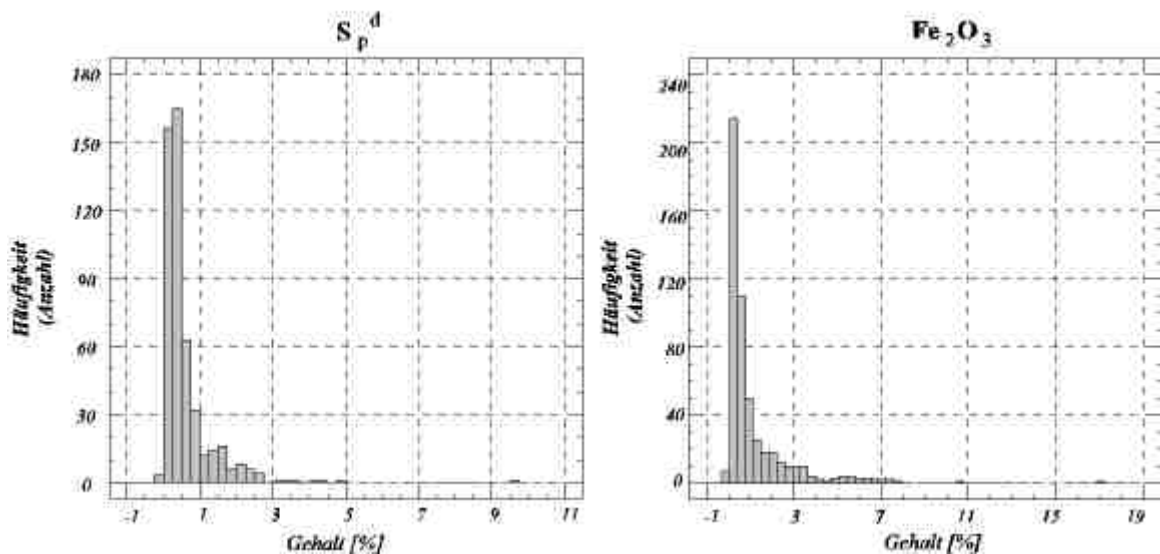


Abb. 32: Verteilungscharakter von S_p^d (Sulfidschwefel), Fe₂O₃ in den Braunkohlen des Flözkomplexes Bruckdorf (allgemein)

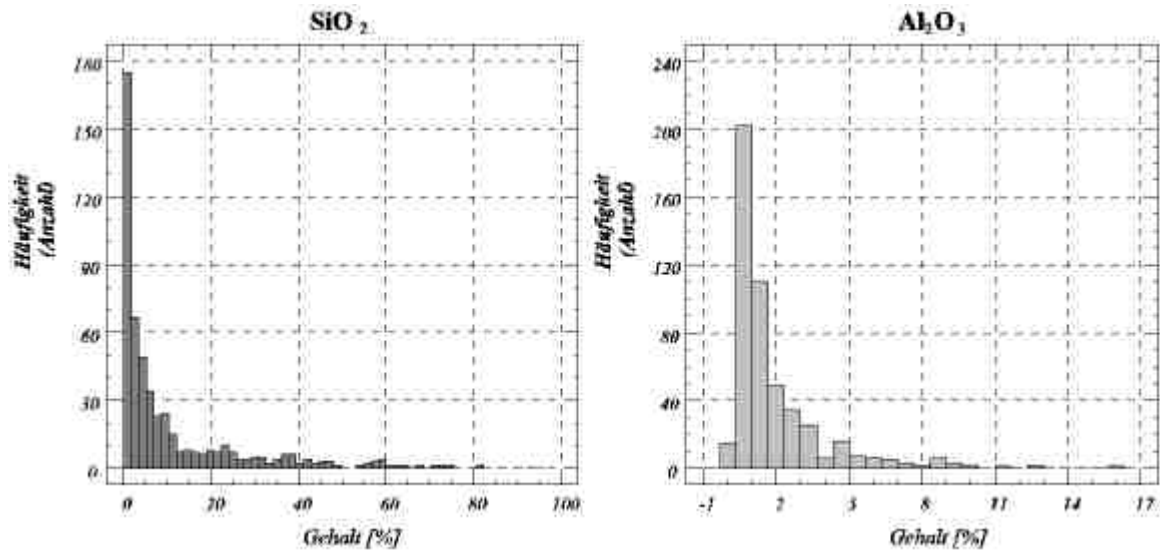


Abb. 33a: Verteilungscharakter von SiO_2 und Al_2O_3 in den Braunkohlen des Flözkomplexes Bruckdorf (allgemein)

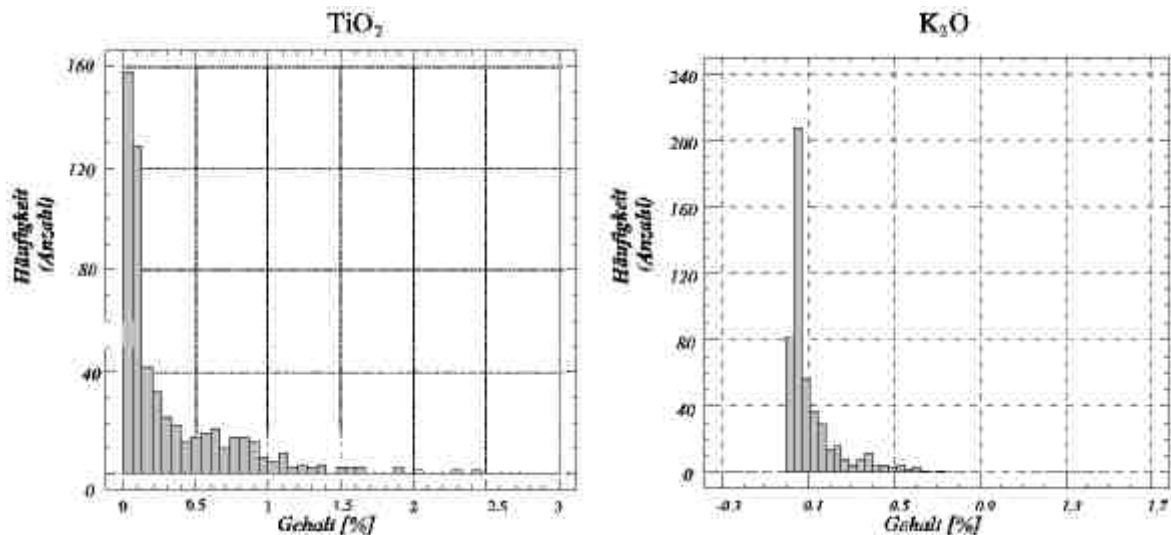


Abb. 33b: Verteilungscharakter von TiO_2 und K_2O in den Braunkohlen des Flözkomplexes Bruckdorf (allgemein)

Wie aus den Grafiken (Abb. 32, 33) ersichtlich, sind die logarithmischen Normalverteilungen der Kennwerte linksseitig schief. Das heißt, dass die Verteilungen zu den geringen Gehalten steil abbrechen.

Beim Vergleich der Histogramme der SiO_2 und TiO_2 -Gehalte einerseits, der Al_2O_3 und der K_2O -Gehalte andererseits fallen die jeweils hohen Übereinstimmungen zwischen SiO_2 und TiO_2 auf. Dies erlaubt den Rückschluss, dass die zugehörigen Mineralphasen auf der einen Seite Quarz, möglicherweise Ilmenit, Rutil oder auch Anatas und auf der anderen Seite K_2O -reiche Minerale wie Illit sind.

Die engen Beziehungen zwischen Sulfidschwefel und Fe_2O_3 sind so evident, dass sie zwanglos dem Pyrit zugeordnet werden können.

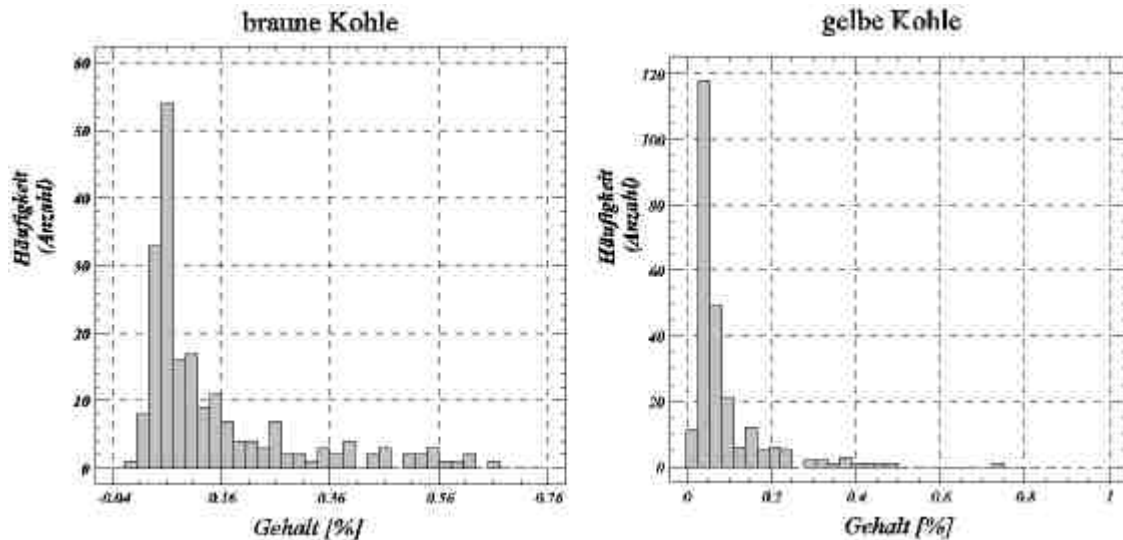


Abb. 34: Verteilungscharakter von Kalium (K_2O) in braunen und gelben Kohlen

Bei Betrachtung von Abb. 34 fallen bei den gelben Kohlen die anomal dichten und steilexessiven Verteilungen von K_2O auf. Gleiches trifft auch für den Vergleich der $S_{SO_4^d}$ -Gehaltsverteilungen zu (Tab. 18).

Bei den organischen Komponenten H^d , S_c^d und C^d liegen ebenfalls logarithmische Normalverteilungen vor, jedoch mit rechtsseitiger Schiefe (Abb. 35).

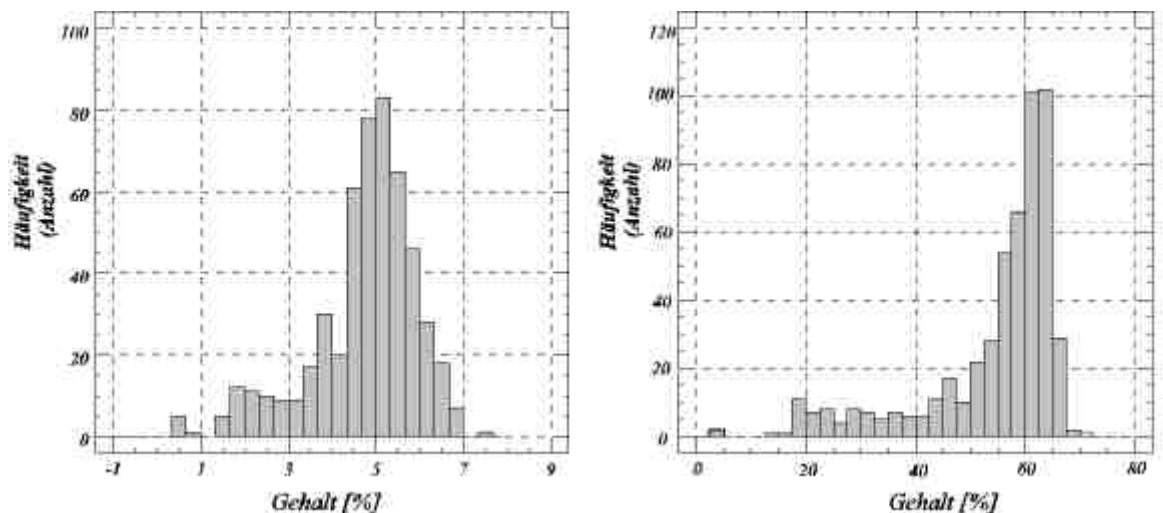
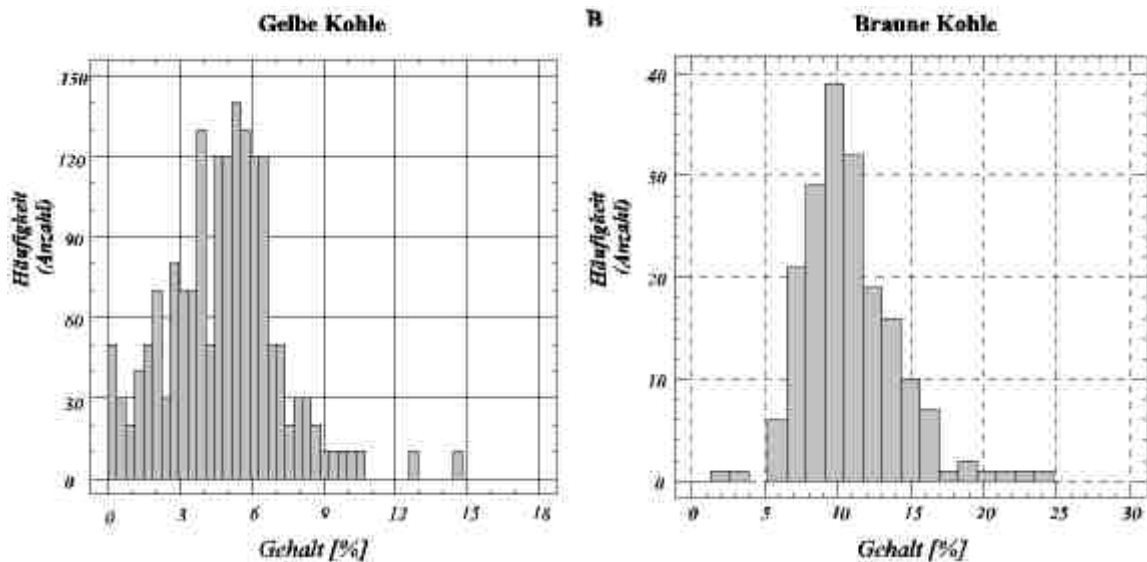
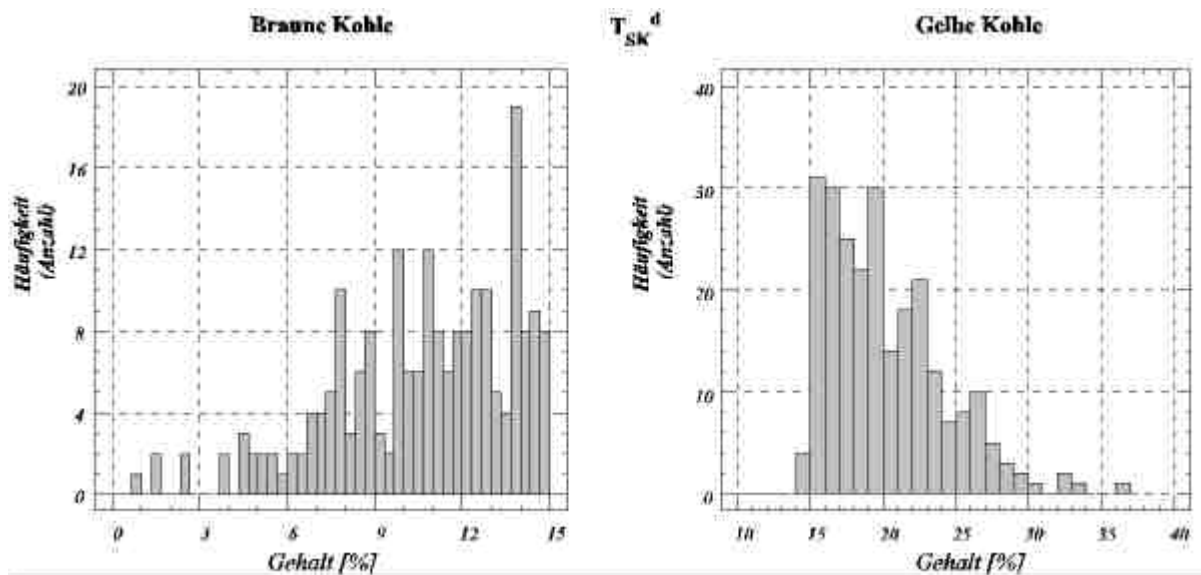


Abb. 35: Verteilungscharakter von Kohlenstoff und Wasserstoff in den Braunkohlen des Flözkomplexes Bruckdorf (allgemein)

Bei den Stoffgruppen wie Schwefteer und Bitumen, die auf das Vorhandensein von verwitterungsresistenten lipoiden Stoffen zurückzuführen sind, ergibt sich ein anderes Verteilungsbild. Hier treten beim primären Lithotyp Braune Kohle mehrgipflige Verteilungsbilder auf, die einer Normalverteilung ohne Berücksichtigung der vielen Modalwerte genähert sind. Die Polymodalität dieser Verteilung weist auf heterogene Akkumulationsprozesse der lipoiden Komponenten im Flöz hin. Diese Verteilungen vereinfachen sich bei den Gelben Kohlen, wo schwach logarithmisch normalverteilte Gehalte mit einer positiven Schiefe vorliegen (Anl. 2).

Abb. 36: Verteilungcharakter von Bitumen (B^d) in braunen und gelben KohlenAbb. 37: Verteilungcharakter von Schwelteeer (T_{SK}^d) in braunen und gelben Kohlen

Wie aus den Daten der Tab. 18 ersichtlich, werden innerhalb der Reihe der dort ausgewiesenen Lithotypen als fazielle Abfolge innerhalb der braunkohleführenden Formation folgende drei Haupttendenzen abgeleitet:

Bei den lithophilen Komponenten mit logarithmischer Normalverteilung verändert sich der Verteilungscharakter in Annäherung an das Nebengestein zur Normalverteilung. Das betrifft vorzugsweise die siliziklastisch gebundenen Oxide SiO_2 , Al_2O_3 , K_2O und TiO_2 als selbständige Mineralphase.

Bei organischen sowie einem Teil der organophilen Komponenten wird eine entgegengesetzte Tendenz festgestellt..

Bei den untersuchten Stoffen bleibt der Verteilungscharakter, generalisiert für alle ausgehaltenen Lithotypen gleich. Dieser Sachverhalt spiegelt sich sehr deutlich in der Veränderung der Verteilungen der Komponenten S_p^d , Fe_2O_3 und Na_2O wider (Anl. 2.1).

Wie aus den Anlagen 1.1 bis 1.6 zu ersehen ist, treten bei den untersuchten Parametern Spannweiten unterschiedlichster Größenordnungen auf.

Aussagen über die Variabilität der Kennwerte erlauben die Standardabweichung und der Variationskoeffizient als weitere statistische Kennziffern zur Charakterisierung der Verteilung der Konzentrationen von Komponenten. Um Stichproben mit unterschiedlichen Mittelwerten (\bar{x}) und Standardabweichungen (s) zu vergleichen, wird der Variationskoeffizient herangezogen. Der Variationskoeffizient (V) ist der Quotient aus der Standardabweichung (s) und dem Parametermittelwert (\bar{x}),

$$\text{ausgedrückt in \%: } V = \frac{s}{\bar{x}} * 100 .$$

Der Variationskoeffizient ist somit die Standardabweichung auf den Merkmalsmittelwert normiert. Er kann als ein komplexes Vergleichsmaß für den Grad der Veränderlichkeit der verschiedenen Rohstoffkennwerte innerhalb einer Lagerstätte aber auch für unterschiedliche Vorkommen aus anderen Regionen angesehen werden. Mittels dieses statistischen Parameters ist eine grobe Klassifizierung der Rohstoffkennwerte und damit eine Gruppierung und Zuweisung zu lithogenetischen Einheiten möglich. Entsprechend den ausgewiesenen Lithotypen kann eine Art Rangliste nach der Größe der Variationskoeffizienten der einzelnen Parameter aufgestellt werden (Tab. 20, Abb. 38).

Tab. 19: Variationskoeffizienten der kohlenchemischen Parameter des Flözkomplexes Bruckdorf (lithotypenspezifisch)

Rang Nr.	Parameter/Variationskoeffizient V _[%]									
	Braune Kohle		Gelbe Kohle		mineralisch verunreinigte braune Kohle		mineralisch verunreinigte gelbe Kohle		kohliges Nebengestein	
	Parameter	V[%]	Parameter	V[%]	Parameter	V[%]	Parameter	V[%]	Parameter	V[%]
1	C ^d	4.4	C ^d	4.31	H ^d	16.1	C ^d	11.2	SiO ₂	16.1
2	H ^d	11.2	H ^d	14.6	C ^d	18.4	H ^d	12.8	H ^d	29.7
3	MgO	20.2	MgO	20.0	SiO ₂	28.8	T _{SK} ^d	19.6	C ^d	30.9
4	CaO	21.1	CaO	18.7	Na ₂ Og	29.0	Na ₂ Og	27.9	CaO	42.5
5	T _{SK} ^d	23.4	T _{SK} ^d	20.4	T _{SK} ^d	35.1	SiO ₂	32.2	Na ₂ O	43.0
6	SO ₃	28.1	SO ₃	27.0	CaO	45.0	S _c ^d	33.4	Na ₂ Og	72.0
7	Na ₂ Og	28.9	S _c ^d	25.2	Na ₂ O	48.7	B ^d	33.0	K ₂ O	50.2
8	Na ₂ O	33.9	Na ₂ O	29.1	S _c ^d	51.2	CaO	33.5	Al ₂ O ₃	58.1
9	S _c ^d	33.9	Na ₂ Og	26.8	K ₂ O	52.1	MgO	34.8	S _c ^d	53.8
10	B ^d	42.5	B ^d	29.7	Al ₂ O ₃	56.7	Na ₂ O	42.8	MgO	56.6
11	Al ₂ O ₃	66.3	Al ₂ O ₃	59.3	B ^d	57.3	SO ₃	47.8	SO ₃	59.8
12	K ₂ O	70.4	SiO ₂	64.2	SO ₃	60.7	TiO ₂	61.2	TiO ₂	62.4
13	SiO ₂	80.2	S _p ^d	92.8	MgO	66.9	K ₂ O	67.1	S _p ^d	73.3
14	TiO ₂	98.8	TiO ₂	101.4	TiO ₂	67.3	Al ₂ O ₃	65.8	T _{SK} ^d	81.7
15	S _p ^d	110.3	Fe ₂ O ₃	108.3	S _p ^d	144.8	Fe ₂ O ₃	128.2	Fe ₂ O ₃	84.2
16	Fe ₂ O ₃	130.8	S _{SO4} ^d	227.7	Fe ₂ O ₃	146.9	S _p ^d	121.3	S _{SO4} ^d	73.0
17	S _{SO4} ^d	248.1	K ₂ O	363.0	S _{SO4} ^d	180.3	S _{SO4} ^d	160.8	B ^d	120.1

V – Variationskoeffizient

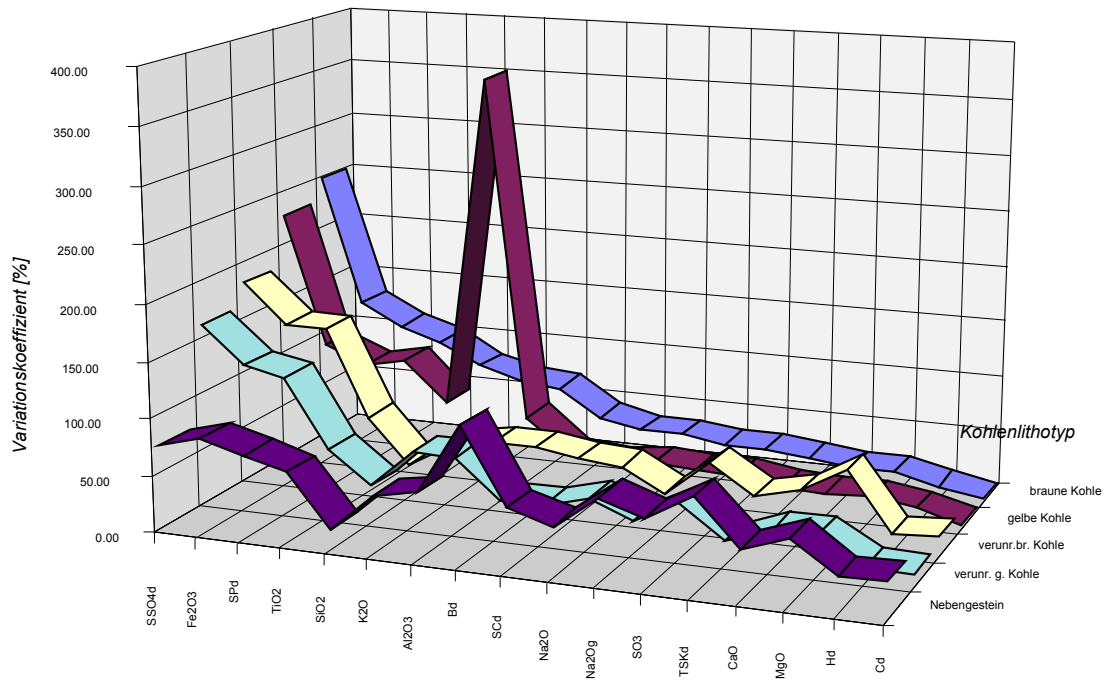


Abb. 38: Lithotypenspezifische Gruppierung der Variationskoeffizienten

Es wird festgestellt, dass die Variationskoeffizienten geringe Veränderlichkeiten aufweisen. Nach der Klassifikation von KREJTER (1969) für Variationskoeffizienten als Veränderlichkeitsmaß von Konzentrationen in geologischen Körpern sind fast alle untersuchten Komponenten in den unteren Bereich dieser Skala als „sehr gering veränderlich“ bis „gering veränderlich“ einzuordnen.

Als interessant erweist sich die innerhalb der Kohlenlithotypen recht ausgeglichene Rangfolge der Einzelmerkmale. Am unteren Ende der Rangliste der Variationskoeffizienten stehen die Komponenten rein organischen Ursprungs wie Wasserstoff (H^d) und Kohlenstoff (C^d), gefolgt von den organophilen Komponenten Magnesium (MgO), Kalzium (CaO) mit den teerhaltigen Stoffen (T_{sk}^d , B^d) und dem verbrennlichen Schwefel (S_c^d). Am Ende der Rangliste stehen jene Stoffe bzw. Substanzträger, die im Zusammenhang mit der sekundären Bildung von Pyrit stehen (S_p^d , Fe_2O_3). Eine Zwischenposition nehmen die lithophilen Stoffe wie Silizium (SiO_2), Aluminium (Al_2O_3), Titan (TiO_2) und Kalium (K_2O) ein.

Mit dem Ansteigen der Gehalte mineralischer Beimengungen wird ein allgemeiner Anstieg der Veränderlichkeiten beobachtet. Dies ist erwartungsgemäß und mit einer Erhöhung der stofflichen Heterogenität gleichzusetzen. Außerdem wird die vorbeschriebene Reihenfolge in der Art modifiziert, dass sich besonders Silizium innerhalb der Rangliste in unmittelbarer Nähe von Kohlenstoff und Wasserstoff einordnet.

Beim Lithotyp „Gelbe Kohle“ weisen die Variationskoeffizienten der Kaliumkonzentrationen die größten Schwankungen auf. Man kann voraussetzen, dass ein bestimmter Teil des Gesamtaliums nicht in klastischen silikatischen Mineralen vorkommt. Ein Teil des Kaliums muss zumindest während der Sedimentbildung in Ionenform vorgelegen haben. Speziell für den Lithotyp „Gelbe Kohle“, worin die organische Substanz zu hohen Anteilen durch lipide Stoffe repräsentiert wird, spielen offensichtlich bei der Verteilung der anorganischen Stoffkomponenten die Größen der Ionenradien eine wichtige Rolle. Das Kaliumion hat von allen untersuchten anorganischen Hauptkomponenten den größten Ionenradius. Daraus lässt sich folgern, dass bei eben dieser Größenordnung des Ionenradius Porenräume nicht mehr zugänglich sind. Gerade bei den Gelben Kohlen sind die Anzahl und die Größe der effektiven Porenräume durch die erhöhten Anteile von lipiden Stoffen verringert, worauf die höheren Inhomogenitäten der Kaliumverteilung zurückzuführen sind.

Tab. 20 beinhaltet die Resultate der t-Tests, WELCH- und F-Tests zwischen den analytisch ermittelten kohlenchemischen Größen aus Braunen und Gelben Kohlen. Mit Hilfe dieser Tests kann ermittelt werden, ob sich dementsprechend die Mittelwerte (t-Test/WELCH-Test) bzw. die Streuungen (F-Test) dieser Größen wesentlich (signifikant) voneinander unterscheiden.

Mit Hilfe des „doppelten t-Tests“ werden Mittelwerte anhand zweier unabhängiger Stichproben aus zwei normalverteilten Grundgesamtheiten auf ihre Gleichheit mit Hilfe der zu berechnenden Testgröße t_b (s. Glossar) geprüft. Tritt der Fall ein, dass die Bedingung $t_b < t_{m;0,975}$ (Tab. 20) eingehalten wird, so gilt die Nullhypothese, d. h., dass die zu prüfenden Mittelwerte einer Grundgesamtheit angehören bzw. keine wesentlichen Unterschiede aufweisen. Im gegenteiligen Fall ($t_b > t_{m;0,975}$) muss die Nullhypothese verworfen werden. Daraus kann dann gefolgert werden, dass die Unterschiede der Mittelwerte keinen zufälligen Charakter tragen bzw. signifikant sind. Die signifikanten Unterschiede der verglichenen Mittelwerte zeugen also von ihrer Zugehörigkeit zu verschiedenen Grundgesamtheiten (z. B. lithotypenspezifische Unterschiede im Zusammenhang mit der Genese der Komponenten).

Der Vergleich der Streuungen (s^2) zweier Stichproben erfolgt mit dem F-Test auf analoge Weise (Tab. 20). Für den Fall der Ablehnung der Nullhypothese – das heißt, die Streuungen weisen signifikante Unterschiede auf, kommt der WELCH-Test an Stelle des doppelten t-Tests zum Ansatz. Dabei wird die Testgröße t_{mw} angewendet (Tab. 20). Die Hypothese über die Gleichheit der Mittelwerte wird für die Bedingung $|t_{bw}| > t_{mw; 1\alpha/2}$ abgelehnt.

Tab. 20: Ergebnisse von F-, t- und WELCH-Tests zwischen den kohlenchemischen Parametern Gelber und Brauner Kohlen des Flözkomplexes Bruckdorf

Parameter	Braune Kohle			Gelbe Kohle			F-Test			t-Test			WELCH-Test		
	arithm. Mittel	s^2	n	arithm. Mittel	s^2	n	F_b		F_T (5%)	t_b		t_m (5%)	t_{bw}		t_{mw} (5%)
C ^d	59.70	6.84	131	62.53	7.44	202	1.09	<	1.1	9,34	>	1,96	9,48	>	1,98
H ^d	4.79	0.28	131	5.60	0.66	202	2.36	>	1.1	11,02	>	1,96	11,02	>	1,98
MgO	0.50	0.001	140	0.46	0.01	220	10.00	>	1.1	4,58	>	1,96	5,52	>	1,96
CaO	3.45	0.19	140	3.27	0.26	220	1.37	>	1.1	3,45	>	1,96	3,57	>	1,96
T _{sk} ^d	11.48	7.24	140	20.37	17.16	220	2.37	>	1.1	22,54	>	1,96	24,68	>	1,96
SO ₃	4.73	0.92	140	4.23	0.77	220	1.19	>	1.1	6,73	>	1,96	4,28	>	1,96
Na ₂ Og	0.82	0.06	111	0.82	0.05	132	1.20	>	1.1	0	<	1,96	0	<	1,98
Na ₂ O	0.72	0.06	140	0.74	0.03	220	2.00	>	1.1	9,06	>	1,96	8,41	>	1,96
S _c ^d	3.07	1.08	122	2.52	0.45	193	2.40	>	1.1	6,13	>	1,96	5,20	>	1,98
B ^d	5.42	5.11	115	10.93	10.67	187	2.09	>	1.1	15,89	>	1,96	17,30	>	1,98
Al ₂ O ₃	1.21	0.90	140	1.09	0.63	220	1.43	>	1.1	7,93	>	1,96	2,28	>	1,96
K ₂ O	0.08	0.001	140	0.10	0.12	220	120.0	>	1.1	6,81	>	1,96	0,85	<	1,96
SiO ₂	2.60	5.78	140	2.43	3.57	220	1.62	>	1.1	7,47	>	1,96	0,71	<	1,96
TiO ₂	0.10	0.01	137	0.14	0.03	217	3.00	>	1.1	2,46	>	1,96	2,75	>	1,98
S _p ^d	0.57	0.39	122	0.42	0.21	193	1.86	>	1.1	2,02	>	1,96	2,29	>	1,96
Fe ₂ O ₃	1.07	2.43	140	0.60	0.59	220	4.11	>	1.1	14,90	>	1,96	3,32	>	1,96
S _{so4} ^d	0.25	0.38	122	0.15	0.12	192	3.17	>	1.1	1,84	<	1,96	1,64	<	1,98
A ^d	14.68	6.32	140	13.30	5.86	220	1.08	<	1.1	5,19	>	1,96	5,15	>	1,96

F_b FISHER-Kriterium; $F_b = s_1^2 / s_2^2$; $s_1^2 > s_2^2$ (Varianzen)

F_T FISHER-Kriterium; Tabellenwert Irrtumswahrscheinlichkeit 5%

$$t_b \quad \text{STUDENT's t-Kriterium; } t_b = \frac{x - y}{\sqrt{\frac{(n_1 - 1)s_x^2 + (n_2 - 1)s_y^2}{n_1 + n_2 - 2}}} \sqrt{\frac{n_1 * n_2}{n_1 + n_2}}$$

$t_{m;1\alpha/2}$ t-Kriterium; Tabellenwert Irrtumswahrscheinlichkeit α (5 % zweiseitig),
 $m = n_1 + n_2 - 2$ – Anzahl der Freiheitsgrade

$$t_{mw} \quad \text{Testgröße des WELCH-Tests } t_{mw} = \frac{x - y}{\sqrt{\frac{s_x^2}{n_1} + \frac{s_y^2}{n_2}}}$$

Aus Tab. 20 geht hervor, dass die Mittelwerte der Größen Na₂Og, K₂O, SiO₂ und S_{so4}^d und die Varianzen von Asche und Kohlenstoffgehalt (A^d, C^d) keine wesentlichen Unterschiede aufweisen. Im voraus war zu erwarten, dass bei den Parametern Schwelteerausbeute (T_{sk}^d), Bitumengehalt (B^d) und Wasserstoffgehalt (H^d) deutliche Unterschiede vorliegen, da eben diese Komponenten das kohlenchemische Kriterium des Ausweises gelber Lithotypen darstellen. Diese Annahme bestätigt sich mit den Testergebnissen.

Es ergibt sich weiter, dass alle anderen Größen signifikant unterschiedlich voneinander sind. Dabei ist festzustellen, dass bei den Gelben Kohlen neben erhöhten Werten von Schweltee, Bitumen und Wasserstoff auch eine Anreicherung von TiO_2 erfolgte. Dagegen sind bei den Gelben Kohlen gegenüber den Braunen die Gehalte von Al_2O_3 , CaO , MgO , SO_3 , S_c^d , S_p^d , leicht und von Fe_2O_3 stark vermindert.

8.2 Korrelationsanalyse

Die Korrelationsanalyse stellt eine mathematisch-statistische Methode zur Aufdeckung und Beschreibung ursächlicher Zusammenhänge zwischen zwei oder mehreren Merkmalen dar. Als Maßzahl für den Grad der Abhängigkeit bzw. des funktionalen Zusammenhangs der Parameter untereinander dient der Korrelationskoeffizient (r). Je näher der Absolutwert des Korrelationskoeffizienten an 1 liegt, umso größer ist die Abhängigkeit zwischen den untersuchten Größen. Bei negativem Vorzeichen des Korrelationskoeffizienten trägt die Abhängigkeit zwischen den Merkmalen indirekt proportionalen und bei positivem Vorzeichen dementsprechend direkt proportionalen Charakter. Ist der Korrelationskoeffizient gleich Null, so liegt kein Zusammenhang vor. Man unterscheidet bezüglich der Art der Einbeziehung und der Anzahl der zu verknüpfenden Merkmale:

- einfache Korrelationskoeffizienten r_{xy} (Wertebereich von -1 bis +1)
- partielle Korrelationskoeffizienten r_{xy-z} (Wertebereich von -1 bis +1)
- multiple Korrelationskoeffizienten r_{xyz} (Wertebereich von 0 bis +1)*

Der einfache Korrelationskoeffizient ist ein Maß für den linearen Zusammenhang zwischen den betrachteten Merkmalen X und Y. Mit der Berechnung der partiellen Korrelationskoeffizienten können die einfachen linearen Korrelationskoeffizienten hinsichtlich des Einflusses einer dritten unabhängigen Größe Z oder mehrerer anderer auf die Beziehung zwischen X und Y geprüft werden. Solche dritten Größen können die Korrelation r_{xy} beeinflussen und als Störgröße die Beziehung verfälschen. Auf diese Weise können mögliche Scheinkorrelationen erkannt werden und implizit unterdrückte Korrelationen ausgeschlossen werden.

Ein wichtiges Ziel der partiellen Korrelationsrechnung besteht zum einen im wechselseitigen Vergleich der einfachen mit den partiellen Koeffizienten und zum anderen darin, die partiellen Koeffizienten untereinander in allen möglichen Kombinationen von abhängigen und unabhängigen Größen zu vergleichen. Im Resultat des Vergleiches kann dann entschieden werden, ob die abhängigen Größen mit bivariaten oder multiplen Ansätzen von Regressionsgleichungen ermittelt werden. An dieser Stelle sei angemerkt, dass mit der Arbeit u. a. das Ziel verfolgt wird, die vorhandenen qualitativen Zusammenhänge zwischen den Untersuchungsgrößen aufzudecken. Deshalb wird im gegebenen Fall auf die Ermittlung multipler Korrelationskoeffizienten und entsprechender Regressionsgleichungen verzichtet, die im Rahmen einer Regressionsanalyse bestimmt werden müssten.

Die Korrelationsanalyse wurde in Anlehnung an KÜHL et al. (1996) ausgeführt. Folgendermaßen wurde verfahren:

1. Die Korrelationsanalyse (bivariat) wurde nach Lithotypen und bezogen auf die Gesamtformation durchgeführt. Dabei wurden die linearen Korrelationskoeffizienten für alle möglichen Merkmalspaare berechnet. Vor der Berechnung der einfachen linearen Korrelationskoeffizienten wurden die Originalwerte der logarithmisch verteilten Größen, in ihre natürlichen Logarithmen transformiert. Die ermittelten Koeffizienten wurden auf ihre Signifikanz gegen einen Zufallshöchstwert getestet. Die Signifikanzprüfung erfolgte mit dem tabellierten Zufallshöchstwert des Korrelationskoeffizienten mit dem Signifikanzniveau α ($\alpha=0,05$) mittels STUDENT(t)-Test.

* Die Berechnungsformeln für die Koeffizienten sind im Glossar aufgeführt

- 2 Mit der Ermittlung der partiellen Korrelationskoeffizienten als Maß des Zusammenhangs zweier Merkmale unter der Berücksichtigung eines dritten wurden die zugehörigen linearen einfachen Korrelationen geprüft (s. unten) sowie Quervergleiche zwischen den partiellen Koeffizienten vollzogen. Die partiellen Korrelationskoeffizienten wurden gegen den Zufallshöchstwert einer STUDENT-Verteilung getestet ($\alpha=0,05$, $q = 1\alpha/2 = 0,975$).

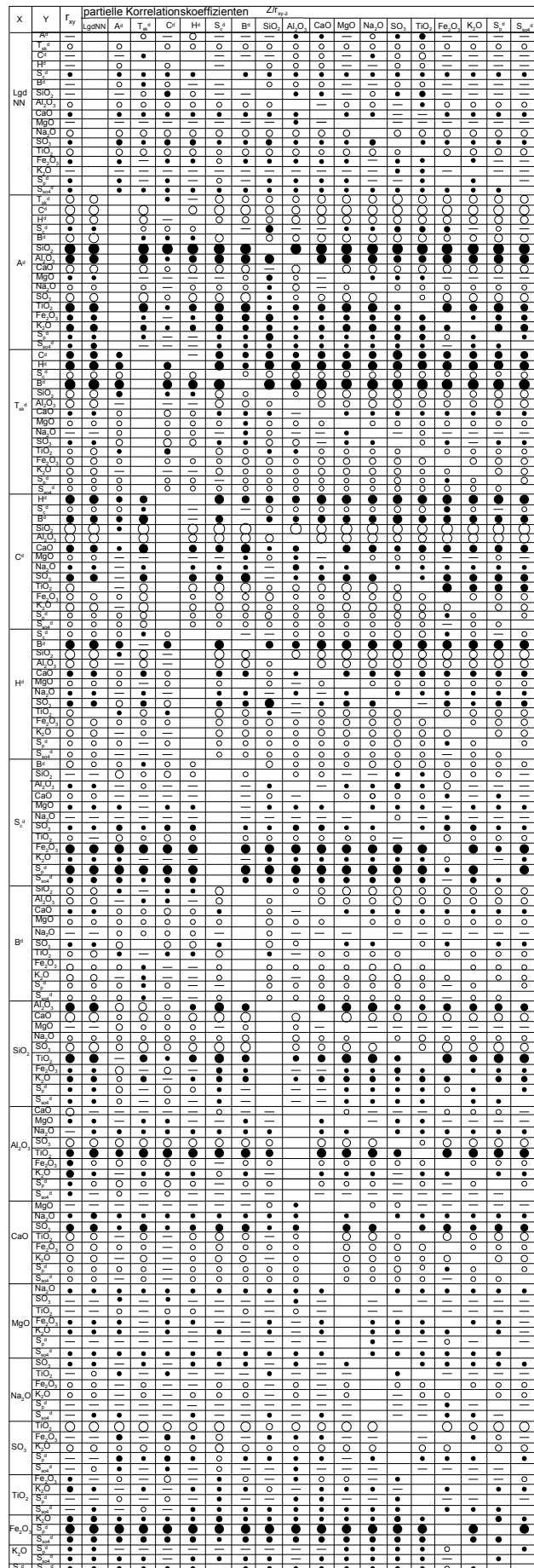
Die Überprüfung der linearen Korrelationskoeffizienten ist deshalb erforderlich, weil es sich bei den auszuwertenden Daten um konditionierte Daten handelt, die in der Summe immer 100 % ergeben. Dies zieht den Sachverhalt der generellen Verstärkung negativer und der Abschwächung positiver bivariater Korrelationen nach sich. Damit ergibt sich eine Verfälschung der wahren Verhältnisse. Unter Zuhilfenahme der partiellen Korrelationskoeffizienten kann dieser Effekt eliminiert werden.

Der Verfasser beschränkte sich auf die Kombination von nur jeweils drei korrelierten Merkmalen. Damit wird hinsichtlich der relativen Kompliziertheit der Algorithmen die Übersichtlichkeit der Ergebnisse gewahrt. Bei einer weiteren Erhöhung der Anzahl der Merkmalsassoziationen würde sich die Anzahl der partiellen Korrelationskoeffizienten und damit die Anzahl der Vergleiche bzw. Quervergleiche exponential erhöhen. Nach der Formel $C_n^{(k)} = \frac{n!}{(n-k)! \cdot 2}$ kann die Anzahl der Kombinationen berechnet werden. (n = Anzahl der Merkmale, k = Anzahl der Merkmalsassoziationen). Damit ergibt sich für die hier betrachteten 18 Merkmale je Lithotyp eine Kombinationsanzahl von 2448.

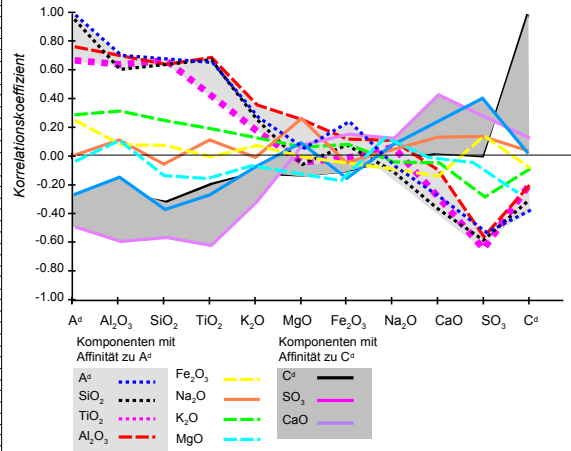
Bei der Bewertung der einfachen linearen Korrelationskoeffizienten zur Auffindung relevanter korrelativer Beziehungen (X, Y) unter Einbeziehung partieller Korrelationskoeffizienten als Maß des Einflusses eines dritten Merkmals Z auf diese Beziehung existieren als Vergleichskalkül (KÜHL et al. 1996) folgende Möglichkeiten:

1. $|r(\text{part})_{xy-z}| < |r_{xy}|$
Die Korrelation r_{xy} wird aufgrund des Einflusses von Merkmal Z überbewertet. Mit der Berechnung von $r(\text{part})_{xz-y}$ wird nachgewiesen, dass r_{xz} nicht den realen Zusammenhang darstellt. Im Extremfall wird $|r(\text{part})_{xy-z}| \approx 0$ bei $|r_{xy}| > 0$ und somit eine bivariate Scheinkorrelation erkannt.
2. $|r(\text{part})_{xy-z}| > |r_{xy}|$
Die Korrelation r_{xy} wird aufgrund des Einflusses von Merkmal Z unterbewertet. Im Fall der Insignifikanz von $r(\text{part})_{xz-y}$ ($|r(\text{part})_{xz-y}| \approx 0$) handelt es sich bei der Beziehung r_{xy} um eine Scheinkorrelation, die implizit durch den bei der Einfachkorrelation nicht berücksichtigten Einfluss von Z hervorgerufen wurde.
3. $|r(\text{part})_{xy-z}| \approx |r_{xy}|$
Das dritte Merkmal stört die Beziehung nicht. Es handelt sich um eine echte Korrelation. (Die Aufstellung einer Regressionsgleichung $y = f(x)$ ist sinnvoll.)
4. $|r(\text{part})_{xy-z}| \approx |r(\text{part})_{xzy}|$
Der Zusammenhang zwischen X und Y ist größer als zwischen X und Z. Im Fall der Signifikanz von $r(\text{part})_{xy-z}$ ($|r(\text{part})_{xy-z}| \neq 0$) hat der Ansatz einer multiplen Regressionsgleichung $y = f(x,z)$ Sinn.

Zur Bewertung der linearen Einfachkorrelationen wurden die Pictogramme der Korrelationskoeffizienten nach dem beschriebenen Algorithmus aufgestellt (Abb. 39-44). In der äußersten linken Spalte der Pictogramme ist das Merkmal aufgeführt, mit dem alle weiteren Merkmale assoziiert werden. Die nächste Spalte beinhaltet das assoziierte Merkmal. Rechts daneben ist der einfache lineare Korrelationskoeffizient eingetragen. Die partiellen Korrelationskoeffizienten mit allen vorhandenen dritten Einflussgrößen erscheinen in den weiter rechts folgenden Spalten. Die Höhe der Signifikanz der Korrelationskoeffizienten wurde mittels einer Kreissignatur charakterisiert. Je größer der Kreis, umso höher ist die Signifikanz der korrelativen Beziehung. Erweist sich, dass für eine Merkmalsassoziation XY (bivariat) mit einer bestimmten Kreissignatur in allen weiteren rechts folgenden Feldern der gleiche Signaturtyp vorherrscht, so ist die dritte der o. g. Bedingungen gewahrt. Es liegt eine echte korrelative Beziehung vor. Der entgegengesetzte Fall trifft zu, wenn alle rechts folgenden Felder kein Kreissymbol aufweisen. Die erste Bedingung ist somit erfüllt – es liegt eine Scheinkorrelation vor.



Beziehungen zwischen den Hauptkomponenten (Korrelationsprofil)



lineare einfache Korrelationskoeffizienten

negativ r_{xy} *positiv* *Signifikanz*

- >0,9 ● *höchst*
- >=0,7...<0,9 ● *hoch*
- >=0,5...<0,7 ● *mittel*
- >=0,3...<0,5 ● *mäßig*
- <0,3 ● *schwach*

- Signifikanzniveau unterschritten- insignifikant
 $p > 0,5$ (95% Aussagesicherheit)

$r_{0,95} = 0,079$

(bei $r_{0,95} < 0,079$ ohne Farbkennzeichnung)

partielle Korrelationskoeffizienten

negativ r_{xy-z} *positiv* *Signifikanz*

- >0,9 ● *höchst*
- >=0,7...<0,9 ● *hoch*
- >=0,5...<0,7 ● *mittel*
- >=0,3...<0,5 ● *mäßig*
- <0,3 ● *schwach*

- Zufallshöchstwert unterschritten- insignifikant

($r_{0,975;434} = 0,079$)

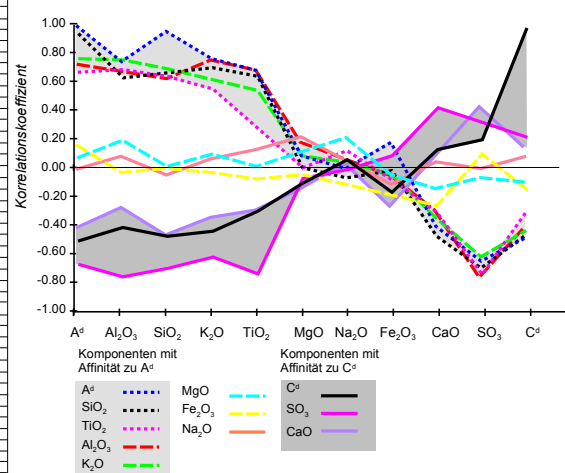
(bei $r_{0,975;434} < 0,079$ ohne Farbkennzeichnung)

Abb. 39: Pictogramm der Korrelationskoeffizienten der kohlchemischen Komponenten des Flözkomplexes Bruckdorf

gesamter Flözkomplex

X	Y	r_{xy}	partielle Korrelationskoeffizienten																						
			lgpNN	A ⁴	T _{in}	C ⁴	H ⁴	S _{in}	Br	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	SO ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	S _{in}						
Lgd	A ⁴	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	T _{in}	0,16	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	C ⁴	0,14	0,10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	H ⁴	0,14	0,10	0,10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	S _{in}	0,10	0,10	0,10	0,10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	Br	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	SiO ₂	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	Al ₂ O ₃	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	CaO	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	MgO	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Na ₂ O	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	SO ₃	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	TiO ₂	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Fe ₂ O ₃	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	K ₂ O	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
S _{in}	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

Beziehungen zwischen den Hauptkomponenten (Korrelationsprofil)



lineare einfache Korrelationskoeffizienten

negativ r_{xy} **positiv** **Signifikanz**

- >0,9 ● *höchst*
- ≥0,7...<0,9 ● *hoch*
- ≥0,5...<0,7 ● *mittel*
- ≥0,3...<0,5 ● *mäßig*
- <0,3 ● *schwach*

- Signifikanzniveau unterschritten- insignifikant
 $p > 0,5$ (95% Aussagesicherheit)
 $r_{0,95} = 0,159$
(bei $r_{0,95} < 0,159$ ohne Farbkennzeichnung)

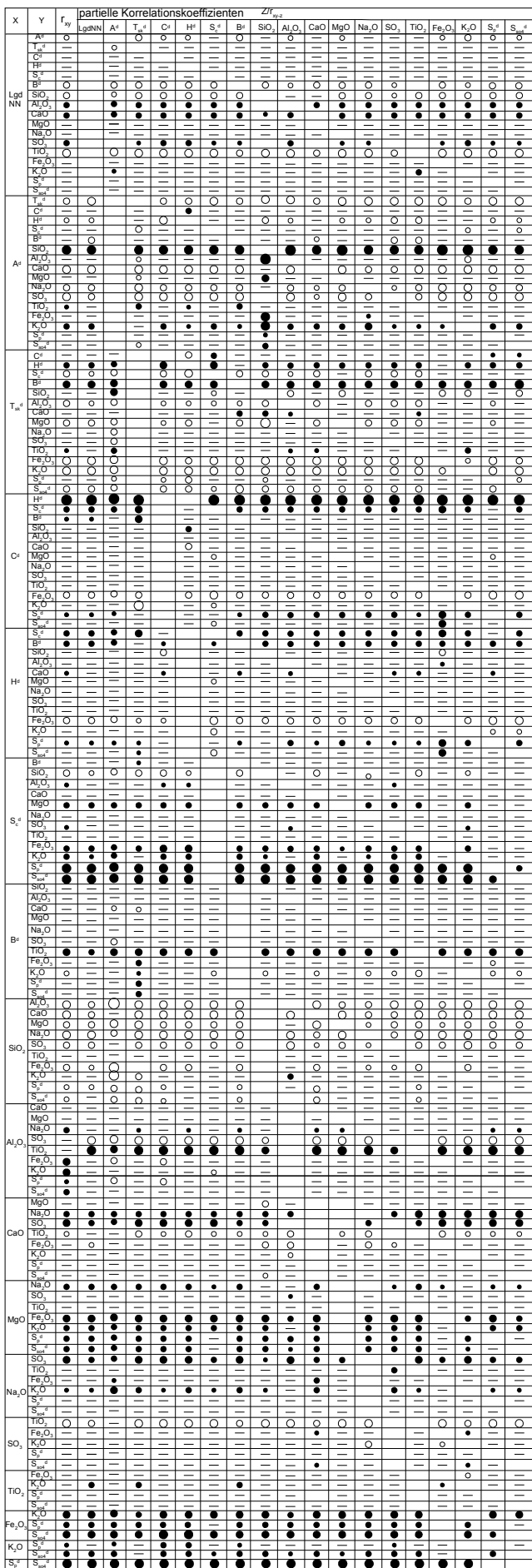
partielle Korrelationskoeffizienten

negativ r_{xy-z} **positiv** **Signifikanz**

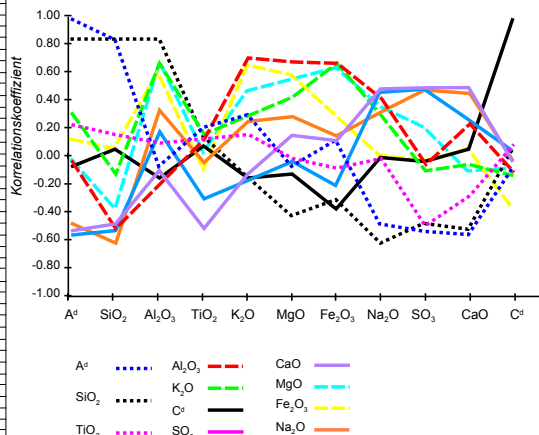
- >0,9 ● *höchst*
- ≥0,7...<0,9 ● *hoch*
- ≥0,5...<0,7 ● *mittel*
- ≥0,3...<0,5 ● *mäßig*
- <0,3 ● *schwach*

- Zufallshöchstwert unterschritten- insignifikant
($r_{0,975;106} = 0,184$)
(bei $r_{0,975;106} < 0,184$ ohne Farbkennzeichnung)

Abb. 40:
Pictogramm
der Korrelationskoeffizienten
der kohlenchemischen Komponenten des
Flözkomplexes Bruckdorf
Lithotyp
Braune Kohle



Beziehungen zwischen den Hauptkomponenten (Korrelationsprofil)



lineare einfache Korrelationskoeffizienten

negativ r_{xy} positiv Signifikanz

- >0,9 ● höchst
- >=0,7...<0,9 ● hoch
- >=0,5...<0,7 ● mittel
- >=0,3...<0,5 ● mäßig
- <0,3 ● schwach

– Signifikanzniveau unterschritten- insignifikant $p>0,5$ (95% Aussagesicherheit)

$r_{0,95} = 0,210$

(bei $r_{0,95} < 0,210$ ohne Farbkennzeichnung)

partielle Korrelationskoeffizienten

negativ r_{xy-z} positiv Signifikanz

- >0,9 ● höchst
- >=0,7...<0,9 ● hoch
- >=0,5...<0,7 ● mittel
- >=0,3...<0,5 ● mäßig
- <0,3 ● schwach

– Zufallshöchstwert unterschritten- insignifikant

$(r_{0,975;106} = 0,252)$

(bei $r_{0,975;59} < 0,252$ ohne Farbkennzeichnung)

Abb. 44:
Pictogramm
 der Korrelationskoeffizienten
 der kohlenchemischen Kompo-
 nenten des
Flözkomplexes Bruckdorf
Nebengestein

Nachfolgende Tabelle stellt den Extrakt der Abb. 39-44 dar. Das heißt, für alle Lithotypen der Braunkohlen sowie für den Gesamtkomplex erfolgte eine Auswahl aller echten korrelativen Beziehungen aus insgesamt 918 bivariaten Merkmalsassoziationen. Diese Auswahl wird in Tab. 21 gezeigt.

Tab. 21: Korrelative Beziehungen zwischen den kohlenchemischen Größen des Flözkomplexes Bruckdorf

Parameter („X“)	Stärke der Korrelation r _{xy}	Korrelative Beziehungen von „Y“ nach Lithotypen					
		Flözkomplex	Braune Kohle (BK)	BK, mineralisch verunreinigt	Gelbe Kohle (GK)	GK, mineralisch verunreinigt	kohliges Nebengestein
Lgd-NN	3			-TiO ₂			-TiO ₂
	4	-Na ₂ O, -TiO ₂	-Na ₂ O, -Al ₂ O ₃ , -TiO ₂ , SO ₃	-T _{sk} ^d , -B ^d , -Al ₂ O ₃ , SO ₃	-Na ₂ O	-Na ₂ O, -TiO ₂	-B ^d , -SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , CaO, SO ₃
	5	-Al ₂ O ₃ , -T _{sk} ^d , S _{so4} , S _c ^d , CaO, SO ₃ , Fe ₂ O ₃ , S _p ^d	S _c ^d , CaO	-H ^d , -Na ₂ O, S _{so4}	-TiO ₂ , -Al ₂ O ₃ , B ^d , S _{so4} , SO ₃ , S _c ^d , CaO, MgO	CaO	
A ^d	1	-C ^d , SiO ₂		SiO ₂		SiO ₂	
	2	-H ^d , Al ₂ O ₃ , TiO ₂	-C ^d , SiO ₂	-C ^d , -H ^d	-C ^d , SiO ₂		SiO ₂
	3	-B ^d , -T _{sk} ^d , -CaO, -SO ₃ , K ₂ O	Al ₂ O ₃ , TiO ₂	Al ₂ O ₃ , K ₂ O	Al ₂ O ₃ , TiO ₂		CaO, SO ₃
	4	Fe ₂ O ₃	-SO ₃ , S _c ^d , K ₂ O, S _p ^d	-T _{sk} ^d , -B ^d , -CaO, -SO ₃	Fe ₂ O ₃ , S _p ^d , S _{ca}	-T _{sk} ^d , -C ^d , -H ^d , -S _c ^d , -Na ₂ O, -CaO, -MgO, TiO ₂	K ₂ O, -T _{sk} ^d , -Na ₂ O
	5	S _{so4} , S _p ^d , -Na ₂ O	Na ₂ O, Fe ₂ O ₃	TiO ₂	-T _{sk} ^d , -H ^d , -B ^d , CaO, MgO, Na ₂ O		-H ^d
C ^d	1	-SiO ₂ , -A ^d	-A ^d	-SiO ₂		H ^d	H ^d
	2	H ^d , -Al ₂ O ₃		H ^d , -A ^d	-A ^d		
	3	B ^d , T _{sk} ^d , CaO, SO ₃ , -K ₂ O, -TiO ₂	-SiO ₂	CaO, -Al ₂ O ₃ , -K ₂ O	-SiO ₂ , -Al ₂ O ₃ , -TiO ₂	S _c ^d	
	4	-Fe ₂ O ₃	T _{sk} ^d , -Al ₂ O ₃ , -S _c ^d , -TiO ₂ , -Fe ₂ O ₃ , -S _p ^d	T _{sk} ^d , B ^d , SO ₃ , Na ₂ O	B ^d , H ^d	-A ^d	S _c ^d , -Fe ₂ O ₃
	5	-S _c ^d , -S _{so4} , -S _p ^d , Na ₂ O	H ^d , CaO, SO ₃ , -K ₂ O	-TiO ₂	-Fe ₂ O ₃ , -S _p ^d , -S _{ca} , -Na ₂ O, T _{sk} ^d , SO ₃	-SiO ₂ , B ^d	S _p ^d
H ^d	1					C ^d	C ^d
	2	C ^d , B ^d , T _{sk} ^d , -SiO ₂ , -A ^d		C ^d , -SiO ₂ , -A ^d			
	3	-Al ₂ O ₃		T _{sk} ^d , B ^d , CaO	-SiO ₂ , -Al ₂ O ₃ , -TiO ₂		
	4	CaO, SO ₃ , -K ₂ O, -TiO ₂ , -Fe ₂ O ₃	B ^d , T _{sk} ^d	Na ₂ O, S _{so4} , -K ₂ O, -Al ₂ O ₃	C ^d , B ^d , T _{sk} ^d	T _{sk} ^d , S _c ^d , -A ^d	T _{sk} ^d , B ^d , S _c ^d , -Fe ₂ O ₃
	5	Na ₂ O, -S _c ^d , -S _{so4} , -S _p ^d , -MgO	C ^d	Fe ₂ O ₃ , SO ₃ , S _p ^d	SO ₃ , -S _p ^d , -Al ₂ O ₃ , -Na ₂ O, -A ^d , -CaO, -MgO	-SiO ₂	S _p ^d , -A ^d
S _c ^d	2	S _p ^d , Fe ₂ O ₃	S _p ^d , Fe ₂ O ₃	S _p ^d , Fe ₂ O ₃			S _{so4} , S _p ^d
	3				Fe ₂ O ₃ , S _p ^d	Fe ₂ O ₃ , S _p ^d , SO ₃ , C ^d	
	4	-B ^d , -T _{sk} ^d , -S _{so4}	A ^d , SO ₃ , -CaO, -C ^d	S _{so4} , SO ₃ , -TiO ₂ , -SiO ₂	SO ₃ , A ^d	SiO ₂ , TiO ₂ , S _{so4} , T _{sk} ^d , H ^d , -A ^d	Fe ₂ O ₃ , K ₂ O, MgO, H ^d , C ^d , -SiO ₂ , -T _{sk} ^d
	5	MgO, SO ₃ , K ₂ O, -TiO ₂ , -H ^d , -C ^d	S _{so4} , -MgO, -Al ₂ O ₃	-Al ₂ O ₃	S _{so4} , K ₂ O, -B ^d , -C ^d , -T _{sk} ^d		
T _{sk} ^d	1	B ^d					
	2	H ^d		B ^d	B ^d		
	3	C ^d , -SiO ₂ , -Al ₂ O ₃ , -A ^d	B ^d	H ^d	H ^d		
	4	-S _c ^d , -K ₂ O, -Fe ₂ O ₃	C ^d , H ^d , -SO ₃	-SiO ₂ , -A ^d , -S _{so4} , CaO, C ^d	C ^d , -CaO, -MgO, -SO ₃	H ^d , B ^d , -Fe ₂ O ₃ , -A ^d	H ^d , B ^d , -Fe ₂ O ₃ , -S _c ^d , -A ^d , -Al ₂ O ₃ , -K ₂ O
	5	CaO, SO ₃ , -S _p ^d , -S _{so4} , -MgO, -TiO ₂	-S _p ^d	TiO ₂ , -S _c ^d	TiO ₂ , -S _c ^d , -Na ₂ O, -S _p ^d , -A ^d	-K ₂ O, -S _p ^d	-S _{so4} , MgO
B ^d	1	T _{sk} ^d					
	2	H ^d		T _{sk} ^d	T _{sk} ^d		
	3	C ^d , -A ^d	T _{sk} ^d	H ^d	H ^d		T _{sk} ^d , TiO ₂
	4	-SiO ₂ , -Al ₂ O ₃ , -Fe ₂ O ₃ , -K ₂ O, -S _c ^d	H ^d , -MgO, -SO ₃	C ^d , TiO ₂ , -S _{so4} , -SiO ₂ , -A ^d	C ^d , -Na ₂ O, -MgO, -SO ₃	T _{sk} ^d , H ^d , C ^d	H ^d
	5	CaO, MgO, SO ₃ , -TiO ₂ , -S _{so4} , -S _p ^d	TiO ₂		S _{so4} , S _c ^d , -Al ₂ O ₃ , -CaO, -A ^d	Na ₂ O	
SiO ₂	1	A ^d , -C ^d		A ^d		A ^d	
	2	TiO ₂ , Al ₂ O ₃ , -CaO, -H ^d , -SO ₃	A ^d	-H ^d , -C ^d	TiO ₂ , A ^d	-C ^d	A ^d
	3	-B ^d , -T _{sk} ^d	TiO ₂ , Al ₂ O ₃ , -SO ₃ , -C ^d		Al ₂ O ₃ , -C ^d , -SO ₃	-MgO, -CaO, -Na ₂ O	-Al ₂ O ₃ , -CaO, -Na ₂ O
	4	K ₂ O	K ₂ O	Al ₂ O ₃ , K ₂ O, -CaO, -Na ₂ O, -SO ₃ , -B ^d , -S _c ^d , -T _{sk} ^d		TiO ₂ , -SO ₃ , -S _c ^d	-SO ₃ , -Fe ₂ O ₃ , -S _c ^d , -MgO
	5	Fe ₂ O ₃ , -Na ₂ O	Na ₂ O	TiO ₂	MgO, -CaO		

Fortsetzung Tab. 21

Parameter („X“)	Stärke d. Korrelation r _{xy}	Korrelative Beziehungen von „Y“ nach Lithotypen					
		Flözkomplex	Braune Kohle (BK)	BK, mineralisch verunreinigt	Gelbe Kohle (GK)	GK, mineralisch verunreinigt	kohliges Nebengestein
Al ₂ O ₃	2	A ^d , SiO ₂ , TiO ₂ , -C ^d	TiO ₂	K ₂ O	-C ^d		
	3	K ₂ O-T _{sk} ^d , -H ^d , -SO ₃	A ^d , SiO ₂ , -SO ₃	A ^d , TiO ₂ , -C ^d , -SO ₃	TiO ₂ , SiO ₂ , A ^d		SiO ₂
	4	Fe ₂ O ₃ , -B ^d	-C ^d	SiO ₂ , -H ^d	-SO ₃		-T _{sk} ^d
	5	S _p ^d	K ₂ O, Na ₂ O, -Fe ₂ O ₃ , -S _c ^d	-S _c ^d , -S _p ^d	Na ₂ O, -B ^d , -H ^d	SO ₃	Na ₂ O
TiO ₂	2	-SO ₃	Al ₂ O ₃		A ^d , SiO ₂		
	3	A ^d , Al ₂ O ₃ , SiO ₂ , -CaO, -C ^d	A ^d , SiO ₂ , -SO ₃	Al ₂ O ₃ , -SO ₃	Al ₂ O ₃ , -SO ₃ , -C ^d		B ^d , -SO ₃
	4	K ₂ O, -H ^d	-C ^d	K ₂ O, -S _p ^d , -S _c ^d , -Fe ₂ O ₃		CaO, SiO ₂ , A ^d , S _c ^d , -SO ₃	
	5	-B ^d , -S _c ^d , -T _{sk} ^d	B ^d	A ^d , T _{sk} ^d , SiO ₂ , B ^d , -C ^d	T _{sk} ^d , -CaO	-MgO	CaO
K ₂ O	2			Al ₂ O ₃			
	3	A ^d , -C ^d		A ^d , -C ^d			-T _{sk} ^d
	4	TiO ₂ , SiO ₂ , Fe ₂ O ₃ , -CaO, -K ₂ O, -B ^d , -SO ₃ , -H ^d , -T _{sk} ^d	-C ^d	TiO ₂ , -H ^d , -SO ₃	-SO ₃		A ^d , S _{so4} , S _c ^d , MgO
	5	MgO, S _{so4} , S _c ^d , -Na ₂ O	A ^d , Al ₂ O ₃ , Na ₂ O, -SO ₃	-CaO, -S _p ^d	S _c ^d , Fe ₂ O ₃ , -Na ₂ O	-T _{sk} ^d	Na ₂ O
CaO	2	-SiO ₂ , -C ^d				MgO,	
	3	SO ₃ , -TiO ₂ , -A ^d		C ^d	MgO, -C ^d	-SiO ₂	SO ₃ , -SiO ₂ , -A ^d
	4	K ₂ O, H ^d , -Fe ₂ O ₃	MgO, -Fe ₂ O ₃ , -S _c ^d	H ^d , T _{sk} ^d , SO ₃ , -MgO, -SiO ₂ , -A ^d	T _{sk} ^d	SO ₃ , Na ₂ O, -TiO ₂ , -A ^d	Na ₂ O
	5	Na ₂ O, B ^d , T _{sk} ^d , -S _p ^d , -S _{so4}	C ^d , -S _p ^d	Na ₂ O, -K ₂ O	B ^d , SO ₃ , A ^d , H ^d , -TiO ₂ , -SiO ₂		TiO ₂
MgO	2					CaO	
	3				CaO	-SiO ₂	Fe ₂ O ₃
	4		CaO, -B ^d	-CaO	SO ₃ , -B ^d , -T _{sk} ^d	Na ₂ O, -A ^d	Na ₂ O, S _p ^d , K ₂ O, S _c ^d , S _{so4} , -SiO ₂ , -T _{sk} ^d
	5	K ₂ O, Na ₂ O, S _{so4} , Fe ₂ O ₃ , S _c ^d , -H ^d , -B ^d , -T _{sk} ^d	Na ₂ O, -S _p ^d , -Fe ₂ O ₃ , -S _c ^d	Na ₂ O	H ^d , A ^d , Na ₂ O, -S _p ^d , -Fe ₂ O ₃ , -TiO ₂ , -SiO ₂	-TiO ₂	
Na ₂ O	3					-SiO ₂	
	4			S _{so4} , H ^d , C ^d , -SiO ₂	-B ^d	MgO, CaO, -A ^d	MgO, CaO, -A ^d
	5	SO ₃ , MgO, CaO, H ^d , C ^d , -K ₂ O, -A ^d , -SiO ₂	K ₂ O, MgO, Al ₂ O ₃ , SiO ₂ , A ^d , -Fe ₂ O ₃	CaO, MgO	SO ₃ , MgO, A ^d , -H ^d , -C ^d , -K ₂ O, -T _{sk} ^d	B ^d	K ₂ O
Fe ₂ O ₃	1			S _p ^d			
	2	S _c ^d , S _p ^d	S _c ^d , S _p ^d	S _c ^d	S _p ^d	S _p ^d	
	3				S _p ^d	SO ₃ , -S _c ^d	MgO, S _{so4} , K ₂ O, -C ^d , -T _{sk} ^d
	4	A ^d , K ₂ O, Al ₂ O ₃ , -S _{so4} , -C ^d , -H ^d , -B ^d , -T _{sk} ^d , -CaO	S _{so4} , -CaO, -C ^d	S _{so4} , -TiO ₂	A ^d	S _{so4} , -T _{sk} ^d	S _c ^d , S _p ^d , -SiO ₂ , -H ^d
	5	SiO ₂ , MgO	A ^d , SO ₃ , -Al ₂ O ₃ , -MgO, -Na ₂ O	SO ₃ , -H ^d	S _{so4} , K ₂ O, SO ₃ , -C ^d , -MgO		
SO ₃	3	CaO, -A ^d , -TiO ₂ , -Al ₂ O ₃ , -SiO ₂	H ^d , -TiO ₂ , -Al ₂ O ₃ , -A ^d , -SiO ₂	TiO ₂ , Al ₂ O ₃	-TiO ₂ , -SiO ₂	S _c ^d , S _p ^d , Fe ₂ O ₃	CaO, Na ₂ O, -TiO ₂ , -A ^d
	4	H ^d , -K ₂ O	S _c ^d , -T _{sk} ^d , -A ^d	S _c ^d , CaO, C ^d , S _p ^d , -A ^d , -K ₂ O, -SiO ₂	S _c ^d , MgO, -K ₂ O, -B ^d , -T _{sk} ^d	TiO ₂ , -SiO ₂	-SiO ₂
	5	S _c ^d , Na ₂ O, B ^d	S _p ^d , C ^d , B ^d , Fe ₂ O ₃ , -K ₂ O	Fe ₂ O ₃ , H ^d	C ^d , Na ₂ O, Fe ₂ O ₃ , S _p ^d , Al ₂ O ₃ , CaO, -H ^d	S _{so4}	
S _p ^d	1			Fe ₂ O ₃			
	2	Fe ₂ O ₃ , S _c ^d	Fe ₂ O ₃ , S _c ^d	S _c ^d	Fe ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	S _{so4} , S _c ^d
	3				S _c ^d	SO ₃ , S _c ^d	
	4		-C ^d	S _{so4} , SO ₃ , TiO ₂	A ^d		MgO, Fe ₂ O ₃
	5	S _{so4} , Al ₂ O ₃ , T _{sk} ^d , A ^d , -B ^d , -H ^d , -C ^d , -CaO	A ^d , -SO ₃ , -CaO, -MgO, -T _{sk} ^d	-K ₂ O, -H ^d	SO ₃ , -MgO, -C ^d , -T _{sk} ^d	S _{so4} , -T _{sk} ^d	H ^d , C ^d
S _{so4}	2				Fe ₂ O ₃		S _p ^d , S _c ^d
	3						Fe ₂ O ₃
	4	S _c ^d , Fe ₂ O ₃	S _c ^d , Fe ₂ O ₃	S _c ^d , Na ₂ O, Fe ₂ O ₃ , S _p ^d , -B ^d , -H ^d , -T _{sk} ^d		Fe ₂ O ₃ , S _c ^d	K ₂ O, MgO, -T _{sk} ^d
	5	A ^d , K ₂ O, MgO, TiO ₂ , S _p ^d , -C ^d , -H ^d , -B ^d , -CaO, -T _{sk} ^d			S _c ^d , B ^d	SO ₃ , S _p ^d	

Stärke der Korrelation (analog Abb. 38-43)

1- höchst signifikant; 2- hoch signifikant; 3- mittel signifikant; 4- mäßig signifikant; 5- schwach signifikant,

Fettdruck- Absolutwert des Korrelationskoeffizienten > 0,5; Kursivdruck- Absolutwert < 0,3,

S_c^d- negativer Korrelationskoeffizient, S_c^d- positiver Korrelationskoeffizient

Die Interpretation der Werte der Korrelationskoeffizienten ist so aufgebaut, dass die Koeffizienten zunächst in ihrer Assoziation mit dem Asche- (A^d) und dem Kohlenstoffgehalt (C^d) betrachtet werden. In Kombination mit diesen beiden Merkmalen nimmt die Großzahl der einfachen linearen Korre-

lationskoeffizienten erwartungsgemäß maximale absolute Werte an. Da diese beiden Größen, für sich genommen, die Gesamtheit der anorganischen bzw. organischen Inhaltsstoffe repräsentieren, kann bereits in dieser Phase der Interpretation eine erste Gruppierung der Komponenten erfolgen. Innerhalb der Lithotypen der Braunkohlen lassen sich anhand der absoluten Größen und der Vorzeichen der Korrelationskoeffizienten der einzelnen Merkmale zum Asche- (A^d) und zum Kohlenstoffgehalt (C^d) folgende Hauptgruppen ausgliedern:

1. Gruppe

Merkmale mit positivem Vorzeichen zu A^d um 0,5 und größer sowie mit negativem Vorzeichen zu C^d um -0,5 und kleiner, wie SiO_2 , Al_2O_3 , TiO_2 und K_2O . (Abb. 39-44, Anl. 3)

Die aufgeführten Komponenten korrelieren mehr oder weniger stark untereinander. Beim Gesamtkomplex beträgt der Korrelationskoeffizient zwischen SiO_2 und Al_2O_3 bzw. zwischen SiO_2 und TiO_2 entsprechend 0,70 und 0,71, zwischen Al_2O_3 und TiO_2 0,69. Bei den reinen Lithotypen schwächen sich die Korrelationskoeffizienten fast aller der genannten Beziehungen ab, außer bei den Braunen Kohlen die Beziehung zwischen TiO_2 und Al_2O_3 ($r=0,77$) sowie bei den Gelben Kohlen zwischen TiO_2 und SiO_2 ($r=0,73$). Bei den mineralisch verunreinigten Lithotypen erhalten sich nur die letztgenannten Beziehungen auf einem Niveau von $r=0,61$ bzw. $r=0,39$.

Innerhalb der 1. Gruppe erreicht SiO_2 in Assoziation mit dem Aschegehalt bei den mineralisch verunreinigten Lithotypen sowie bei der Betrachtung des Gesamtkomplexes die höchsten registrierten positiven Korrelationskoeffizienten über 0,9. In den reinen Lithotypen schwächt sich der Koeffizient auf Werte von 0,74 (Gelbe Kohle-GK) und 0,82 (Braune Kohle-BK) ab.

Der Wert des Korrelationskoeffizienten von Al_2O_3 mit der Beziehung zum Aschegehalt ist beim Gesamtkomplex (BRK) mit über 0,8 am größten. Bei den Lithotypen Gelbe, Braune und mineralisch verunreinigte Braune Kohle (BUK) sinkt der Koeffizient auf etwas über 0,5 ab. Beim Lithotyp Gelbe mineralisch verunreinigte Kohle(GUK) wird er insignifikant.

Für TiO_2 ist der Korrelationskoeffizient beim Gesamtkomplex mit 0,72 ebenfalls am größten, schwächt sich bei den reinen Lithotypen auf Werte von jeweils 0,52 ab und sinkt weiter bei den mineralisch verunreinigten auf 0,40 (GUK) bzw. 0,29 (BUK).

Durch diese damit unterstrichene insgesamt hohe Affinität zum Aschegehalt stellt sich die Rolle dieser drei Komponenten als wichtigste Bestandteile der sedimentogen-klastogenen Stoffe dar, die von außen als quasi Fremdstoffe in das Moor eingetragen werden. Gleichzeitig zeigt sich auch in der doch sehr unterschiedlichen Größe der Korrelationskoeffizienten der Beziehungen untereinander sowie zum Aschegehalt die Differenziertheit ihres Verhaltens. Dies wird besonders dadurch deutlich, dass sich die Korrelationskoeffizienten mit dem Aschegehalt für Al_2O_3 und TiO_2 gerade bei BUK und GUK im Gegensatz zu SiO_2 abschwächen. Damit erweist sich, dass Al_2O_3 und TiO_2 noch eine andere Rolle im Stoffhaushalt des Moores bzw. der Braunkohlenformation spielen müssen. Ausgehend von ihrer Position im Periodensystem der Elemente zählen Aluminium und Titan als Nebengruppenelemente zu den so genannten „8-Elektronen-Komplexbildnern“ (KRAINOFF & ŠWEZ 1980) innerhalb der Moorwässer besonders unter dem Einfluss organischer Säuren (Fulvo- und Huminsäuren).

Das äußerste Glied der 1. Gruppe ist K_2O . Die Zugehörigkeit von K_2O zu dieser Gruppe wird durch die Korrelationskoeffizienten mit A^d bei BRK und BUK mit Werten von 0,55 bzw. 0,64 untermauert. Beim reinen Lithotyp Braune Kohle wird der Koeffizient auf 0,40 abgeschwächt. Bei den gelben Lithotypen bestehen dagegen im Unterschied zur Gruppe SiO_2 - Al_2O_3 - TiO_2 zwischen A^d und K_2O keine korrelativen Beziehungen. Das zeigt, dass Kalium neben seiner Zugehörigkeit zur 1. Gruppe als Bestandteil alumosilikatischer Minerale auch eine Rolle in den Grundwässern als ausgeprägt kationogenes (KRAINOFF & SCHWEZ 1980) Element spielt. Auffällig ist, dass K_2O im Falle der gelben Lithotypen mit keinem der betrachteten Merkmale nennenswerte korrelative Beziehungen aufweist, was die eigenständige Rolle des Kaliums in diesen Lithotypen deutlich hervorhebt. Dieser Sachverhalt hat gemeinsam mit dem Faktum der extrem inhomogenen Kaliumverteilung einen ursächlichen genetischen Zusammenhang. Es wurde oben nachgewiesen, dass die Konzentration einerseits von K_2O in Gelben und Braunen Kohlen gleich und der Verteilungscharakter andererseits signifikant unterschiedlich ist. Dass in den Gelben Kohlen keinerlei korrelative Beziehungen des Kaliums zu anderen Komponenten bestehen, weist auf lediglich eine Umverteilung des Kaliums hin – Austräge, chemische Umwandlungen bzw. Reaktionen mit den anderen Komponenten spielten in der Phase der Destruktion der organischen Masse bezüglich des Kaliums offensichtlich eine untergeordnete Rolle.

2. Gruppe

Merkmale mit negativem Vorzeichen zu A^d um -0,5 und kleiner sowie mit positivem Vorzeichen zu C^d um 0,5 und größer, die offensichtlich nicht rein organischer Herkunft sind, wie CaO, SO₃ (vgl. Abb. 39-44, Anl. 3).

Die korrelative Beziehung von CaO und SO₃ wird besonders bei der Betrachtung des Gesamtkomplexes hervorgehoben. Die Korrelationskoeffizienten mit dem Aschegehalt nehmen hier Werte von -0,68 bzw. -0,65 an. Bei den braunen Lithotypen schwächen sich die Absolutwerte der Koeffizienten bis auf etwa 0,40 ab. Bei den gelben Lithotypen bestehen zum Aschegehalt keine korrelativen Beziehungen. CaO und SO₃ korrelieren untereinander im gesamten Flözkomplex mit einem Korrelationskoeffizienten von 0,58, bei BUK, GUK und GK mit Koeffizienten von 0,36; 0,41 bzw. 0,29. Dagegen liegen zwischen beiden Komponenten in den Braunen Kohlen keine korrelativen Beziehungen vor. Die Assoziation von CaO und SO₃ im Zusammenhang mit einer Affinität zu Kohlenstoff zeugt von ihrer engen Verknüpfung im Moorstadium. Das wird auch durch röntgendiffraktometrische Untersuchungen an veraschten und unveraschten Braunkohlenproben verdeutlicht (Anl. 6). In keiner der untersuchten unveraschten Proben wurden Ca-haltige Minerale nachgewiesen. Dagegen wurde in allen veraschten Proben Anhydrit analysiert. Dies spricht vom Vorhandensein von organischen komplexen Verbindungen von Kalzium und Schwefel in der Braunkohle.

3. Gruppe

Merkmale mit Absolutwerten deutlich unter 0,5, die keine deutlichen Korrelationen mit A^d und C^d aufweisen, die nichtorganischer Herkunft sind, wie Na₂O und MgO (vgl. Abb. 38-44, Anl. 3).

Na₂O und MgO korrelieren miteinander auf niedrigstem Niveau mit Korrelationskoeffizienten in der Regel <0,3. GUK ist eine Ausnahme. Hier erreicht der Koeffizient eine Größe von 0,49. Dieses Elementpaar weist sehr enge Beziehungen zu CaO besonders in den gelben mineralisch verunreinigten Kohlen auf (Korrelationskoeffizienten von 0,38 bzw. 0,81). Mit den in der Regel sehr niedrigen Korrelationskoeffizienten von Na₂O und MgO in Assoziation mit allen anderen betrachteten Komponenten wird die eigenständige Rolle dieser beiden Stoffe untermauert. Die Beziehung zu CaO deutet auf die Nähe zu den organophilen Komponenten hin. Damit besteht der Hinweis auf die Formierung der Gehalte und Zustandsformen von Na₂O und MgO bereits im wässrigen Milieu des Moorstadiums.

4. Gruppe

Merkmale, die nicht mit A^d und C^d jedoch untereinander korrelieren (mit positiven Korrelationskoeffizienten um 0,5 und größer), wie S_c^d, S_{SO4}, S_p^d und Fe₂O₃ (vgl. Abb. 39-44, Anl. 3)

Die Existenz dieser Komponentengruppierung ist auf die Starke Affinität von Eisen zu Schwefel zurückzuführen, die mit der Bildung von Pyrit aber auch komplexen Eisen-Schwefel-Verbindungen im Zusammenhang steht. Die hoch korrelierende Beziehung von Fe₂O₃ und S_p^d bleibt in allen Lithotypen erhalten. Dies spricht auch vom ausschließlich sekundären Charakter der Sulfidbildung unter anoxischen Bedingungen, die erst nach der Sedimentbedeckung des Torfes für lange Zeit gewahrt bleiben.

5. Gruppe

Merkmale rein organischer Natur, die untereinander mehr oder weniger stark korrelieren, wie C^d, H^d, T_{sk}^d und B^d (vgl. Abb. 39-44, Anl. 3)

Diese Gruppierung der organischen Komponenten ist zu erwarten und bedarf keiner weiteren Interpretation. Besonders die bekannte Beziehung T_{sk}^d - B^d wurde in der Praxis häufig für Prognosezwecke verwendet (KUNERT et al. 1982, SPANGENBERG et al. 1984, HARTMANN et al. 1988).

Beim Vergleich der Korrelationsmatrizen der braunen Lithotypen ist festzustellen, dass sich beim mineralisch verunreinigten Lithotypen die Korrelationen organischer Komponenten untereinander (C^d, H^d, T_{sk}^d und B^d) verstärken. Ebenfalls verstärken sich die korrelativen Beziehungen von K₂O zu den Komponenten A^d und Al₂O₃. Dagegen schwächen sich die Korrelationen zwischen den Komponenten Al₂O₃, SiO₂ und TiO₂ ab. Letzteres gilt auch für die Korrelationen von TiO₂, Al₂O₃, und SiO₂ zu SO₃. Die Erscheinung des Abschwächens und Verstärkens der genannten korrelativen Zu-

sammenhänge ist auf den „Verdünnungseffekt“ der kohligen Substanz durch mineralische Komponenten zurückzuführen.

Der Vergleich der Korrelationsmatrizen gelber und brauner Kohlen lässt erkennen, dass sich die Stärke der Korrelationen zwischen SO_3 und der Gruppe Al_2O_3 , SiO_2 , TiO_2 bei den gelben Kohlen abschwächt. Dem gegenüber tritt bei den gelben Kohlen ein direkt proportionaler Zusammenhang zwischen CaO und MgO auf.

Die Korrelationsmatrizen der Komponenten der einzelnen Lithotypen enthalten noch viele weitere schwer interpretierbare Informationen. Das ist dem Fakt geschuldet, dass sämtliche betrachtete Komponenten mehr oder weniger dazu neigen, komplexe Verbindung innerhalb des Mehrkomponentensystems der Moorwässer unter Beteiligung der organischen Substanz zu bilden. Das heißt, dass in den Braunkohlen ein Gemisch verschiedenster metallorganischer Komplexverbindungen vorliegt, welches sich in den einzelnen Lithotypen unter jeweils spezifischen empfindlichen Gleichgewichtsbedingungen befindet. Das bedeutet, dass beispielsweise bei einem Standardpotential $E^0 = 0,7$ V eines Huminpräparates mit Wasser Stoffe mit einem Potential $< 0,7$ V oxidiert bzw. mit einem Potential $> 0,7$ V reduziert werden. In hydrogeochemischen Systemen kann also die Redoxwirkung von Huminstoffen gleichzeitig zur Erhöhung und Verringerung der Ladungszahlen verschiedener kationischer Elemente führen (KRAINOFF & ŠWEZ).

Wie die Korrelationsmatrizen der einzelnen Komponenten für das „Kohlige Nebengestein“ zeigen, folgen die gegenseitigen Beziehungen der Größen untereinander einem etwas anderen Trend, als dies bei den Braunkohlen selbst der Fall war. Dennoch sind einige der oben genannten Zusammenhänge in etwa erhalten geblieben:

Die Gruppierung der Komponenten SiO_2 , Al_2O_3 und TiO_2 ist noch vage zu erkennen.

Bei der Analyse der Korrelationsmatrix ist erkennbar, dass im Wesentlichen auch hier die hohen negativen Korrelationen des Aschegehaltes gegenüber den Komponenten organischer Herkunft charakteristisch sind. Gleiches trifft auch für SiO_2 zu.

Das andere Muster der Korrelationen der Komponenten des kohligen Nebengesteins basiert vor allem auf dem geringen Anteil organischer Substanz, so dass hier der Charakter der mineralischen Substanz des Sedimentes die dominierende Rolle übernimmt. Deshalb müssen für das Nebengestein im Flözliegenden und -hangenden sowie in den kohlefreien Zwischenmitteln die korrelativen Beziehungen hauptsächlich in direkten Zusammenhang mit der mineralogischen Zusammensetzung des betreffenden Lockersedimentes und somit mit der Geologie des Einzugsgebietes der Sedimentation gebracht werden.

Unter Berücksichtigung der lithotypenspezifischen Besonderheiten, lassen sich die einzelnen untersuchten Komponenten der Bildungen des braunkohleführenden Komplexes in ein allgemeingültiges Bild einordnen. Demnach sind nach der Korrelationsanalyse folgende Gruppen von anorganischen Komponenten auszuhalten:

1. SiO_2 , Al_2O_3 , TiO_2 , K_2O

Diese Komponenten werden aufgrund der Assoziation der Elemente, dem Abschnitt 8.4 vorwegnehmend, als lithophil-klastogene Komponenten bezeichnet (s. Abb. 44).

2. SO_3 und CaO

Die anorganischen Komponenten der zweiten Gruppe werden den organophil-chemogenen Stoffen zugeordnet (s. Abb. 39-44).

3. Fe_2O_3 , Na_2O , MgO , S

Die Komponenten der dritten Gruppe sind den biogen-chemogenen Stoffen zugeordnet.

Aus Tabelle 21 sind noch weitere interessante Beziehungen zu entnehmen, die im Zusammenhang mit der Abhängigkeit einzelner Komponenten von der Teufenlage stehen. So bestehen unerwartet gute korrelative Beziehungen zwischen der Teufenlage und dem TiO_2 -Gehalt. Besonders bei Brauner mineralisch verunreinigter Kohle und dem kohligen Nebengestein ist mit zunehmender Teufe signifikant

ein Anstieg der TiO_2 -Gehalte zu verzeichnen. Diese Tendenz ist außer bei GK auch bei allen anderen Lithotypen deutlich zu verzeichnen. Ebenfalls ist der Trend der Anreicherung von Al_2O_3 ausschließlich bei den braunen Lithotypen mit zunehmender Teufe festzustellen. Beide Anreicherungen werden so interpretiert, dass Aluminium und Titan infolge der Bildung metallorganischer Komplexverbindungen mobilisiert werden und sich somit unter Wirkung gravitativ-konvektiver Prozesse mit zunehmender Teufe aufkonzentrieren. Am wahrscheinlichsten ist dies noch während der Moorphase aufgrund der hier höchstmöglichen Permeabilität.

Weitestgehend lithotypenunabhängig besteht auch mit zunehmender Teufe die Tendenz des Anstieges der Na_2O -Gehalte. Dies wird gleichfalls mit der gravitativ-konvektiven Anreicherung von Na_2O bereits im Moorstadium mit zunehmender Lagerungsteufe in Zusammenhang gebracht.

8.3 Faktorenanalyse

Bei der Faktorenanalyse werden alle Kennwerte sowie ihre Abhängigkeiten untereinander berücksichtigt. Die Faktorenanalyse dient dazu, ein in der Matrix der Ausgangsdaten enthaltenes Bezugssystem mit den verschiedenen Mittelwerten und Streuungen der standardnormierten Einzelmerkmale sowie den Kovarianzen zwischen den Merkmalen (als Parameter des Miteinander-Variierens der Merkmale) durch eine geringe Anzahl von Faktoren zu beschreiben. Die extrahierten Faktoren werden zunächst nur als rein formale mathematische Größen verstanden. Das Ziel der Faktorenanalyse besteht also prinzipiell in einer Merkmalsreduktion. Diese wird dadurch, dass sich gleich oder ähnlich verhaltende Parameter (Variablen) in einem übergeordneten Faktor zusammengefasst werden können (DAVIS 1973, STOYAN et al. 1997, KÜHL et al. 1996.). Die einzelnen Variablen lassen sich, entsprechend der Stärke des Zusammenhangs zwischen dem Merkmal und dem Faktor mit unterschiedlichen Faktorladungen (zwischen -1 und +1) dem jeweiligen Faktor zuordnen. Dabei weist die Größe der Faktorladung des jeweiligen Merkmals auf den Grad seiner Zugehörigkeit zum entsprechenden Faktor bzw. auf die Stärke des Einflusses auf den Faktor hin. Das Faktorvorzeichen drückt dabei die Art des Einflusses im Faktor aus.

Die Auswertung der Ergebnisse der Faktorenanalyse basiert darauf, dass die einem Faktor durch hohe Absolutbeträge der Faktorladungen zuzuordnenden Variablen ähnliches (bei gleichem Vorzeichen) bzw. entgegengesetztes Verhalten (bei negativem Vorzeichen) zeigen. Die auf diese Weise den extrahierten Faktoren zugeordneten Variablen müssen damit als gemeinsam zu interpretierende Gruppe von Variablen oder auch als einzeln zu interpretierende Größe (wenn einem Faktor nur eine Variable zuzuordnen ist) angesehen werden.

Der mathematische Hintergrund der Faktorenanalyse besteht darin, dass ausgehend von der vorliegenden Datenmatrix eine Korrelationsmatrix berechnet wird, aus der die eigentliche Faktorextraktion mit Hilfe von Matrizen- und Vektorengeneration sowie der Berechnung der Eigenwerte erfolgt. Im Resultat dieser Extraktion erhält man ein Faktorenmuster, welches sich aus den Faktorladungen und den Gewichtszahlen aller Faktoren für die einzelnen Veränderlichen (bzw. chemischen Komponenten) zusammensetzt. Durch eine nachfolgende Rotation des von den Faktoren gebildeten Koordinatensystems wird eine einfache und klare Zuordnung zwischen Faktoren und chemischen Komponenten (Variablen) angestrebt (DAVIS 1973, STOYAN et al. 1997). In der Arbeit wurden anstelle der Faktoren die Hauptkomponenten berechnet. Hierbei wird eine nicht interpretierbare Reststreuung über die ausgewiesenen Hauptkomponenten (Faktoren) hinaus im Gegensatz zur Faktorenanalyse i. e. S. toleriert (KÜHL et al. 1996). Die Anzahl der zu extrahierenden Faktoren wurde entsprechend dem Kaiser-Kriterium bestimmt – einem Auswahlkriterium, nach dem die Anzahl der zu extrahierenden Faktoren durch die Anzahl der Faktoren mit Eigenwerten > 1 festgelegt wird.

Tab. 22: Finalstatistik der Faktorenanalyse-rotierte Faktormatrix, Braune Kohle

Parameter	FAKTOR 1	FAKTOR 2	FAKTOR 3	FAKTOR 4	FAKTOR 5	FAKTOR 6	Kommunalität
A ^d	0.76	0.52	-0.04	0.11	0.19	-0.11	0.91
T _{SK} ^d	0.08	-0.15	0.79	-0.07	-0.12	-0.10	0.69
C ^d	-0.63	-0.62	0.32	0.01	-0.05	0.05	0.89
H ^d	-0.05	-0.07	0.75	0.07	0.08	0.08	0.59
S _c ^d	-0.14	0.92	-0.04	-0.08	-0.08	0.03	0.88
B ^d	0.16	0.08	0.79	-0.16	-0.31	-0.01	0.78
SiO ₂	0.82	0.06	0.09	0.10	0.13	-0.27	0.79
Al ₂ O ₃	0.84	-0.20	-0.05	0.08	-0.05	0.10	0.76
CaO	-0.12	-0.31	-0.19	-0.29	0.64	-0.16	0.67
MgO	-0.04	-0.15	-0.13	0.18	0.81	0.15	0.76
Na ₂ O	0.14	-0.03	-0.04	0.93	0.12	-0.00	0.91
SO ₃	-0.81	0.24	-0.23	0.02	0.15	0.04	0.77
TiO ₂	0.86	-0.08	0.08	0.04	-0.16	0.16	0.81
Fe ₂ O ₃	-0.06	0.88	0.01	-0.16	-0.15	0.19	0.87
K ₂ O	0.33	0.07	0.09	0.15	0.40	-0.61	0.68
Na ₂ Og	0.03	-0.16	-0.07	0.92	-0.06	-0.04	0.89
S _p ^d	-0.07	0.86	-0.11	-0.01	-0.16	0.04	0.79
S _{SO4} ^d	0.13	0.28	0.04	0.05	0.24	0.78	0.76
Faktoreigenwert	4.16	3.63	2.51	1.67	1.15	1.08	
% der Varianz	23.1	20.2	13.9	9.3	6.4	6.0	Σ=78,8

(Die Faktorladungen mit Absolutwerten größer 0,5 sind fett und kursiv gedruckt, Faktorladungen mit Absolutwerten zwischen 0,4 und 0,5 sind kursiv gedruckt)

Wie aus Tab. 22 zu entnehmen ist, sind für den Lithotyp Braune Kohle 6 Faktoren extrahiert worden. Die 6 Faktoren erklären 78,8 % der Gesamtvarianz. Entsprechend den Werten der Faktorladungen $> |0,5|$ werden den folgenden Faktoren die Parameter auf folgende Weise zugeordnet:

Faktor 1

A^d, SiO₂, Al₂O₃ und TiO₂ sind auf diesen Faktor hochladend positiv. Damit wird der siliziklastische Charakter bzw. der terrigene Eintrag in das Flöz markiert. Diametral hierzu steht C^d und SO₃. C^d als hochladend negativ vertritt den Hauptsubstanzträger des Flözes.

Faktor 2

S_c^d, S_p^d, Fe₂O₃ und A^d werden als Hauptträger von Eisen im Faktor 2 gebündelt. Abgeschwächt erweist sich dies auch für A^d. (Der Hauptteil von A^d konzentriert sich im Faktor 1.)

Faktor 3

T_{SK}^d, B^d, H^d stehen für die Schwelteerausbeute im Zusammenhang mit der engen Beziehung zum Bitumengehalt und dem in den organischen Verbindungen enthaltenen Wasserstoff.

Faktor 4

Na₂O vertritt eigenständig den Faktor 4 und kann als Indikator für eine Porenwasserversalzung gelten.

Faktor 5

CaO und MgO vertreten als 2-er Gruppe den Faktor 5 sehr wahrscheinlich als als karbonatische Phase.

Faktor 6

S_{SO4}^d repräsentiert isoliert und gesondert den Sulfatschwefel in diesem Faktor unter Ausschluss von K₂O.

Tab. 23: Finalstatistik der Faktorenanalyse-rotierte Faktormatrix; Gelbe Kohle

Parameter	FAKTOR 1	FAKTOR 2	FAKTOR 3	FAKTOR 4	FAKTOR 5	FAKTOR 6	Kommunalität
A ^d	0.79	0.44	-0.16	0.04	0.20	0.03	0.88
T _{SK} ^d	-0.05	-0.16	0.81	-0.17	-0.32	0.03	0.82
C ^d	-0.84	-0.21	0.29	0.00	0.05	0.10	0.85
H ^d	-0.17	-0.02	0.70	-0.13	-0.14	0.11	0.54
S _c ^d	-0.05	0.85	-0.12	-0.02	0.03	0.10	0.74
B ^d	-0.09	-0.10	0.84	-0.21	-0.15	0.05	0.79
SiO ₂	0.89	-0.03	0.11	-0.13	-0.14	0.03	0.82
Al ₂ O ₃	0.78	-0.09	-0.16	0.02	0.06	-0.02	0.65
CaO	-0.05	-0.05	-0.18	-0.15	0.83	0.02	0.74
MgO	-0.08	-0.11	-0.34	0.06	0.81	0.07	0.80
Na ₂ O	0.06	-0.04	-0.26	0.88	0.03	0.09	0.85
SO ₃	-0.46	0.36	-0.05	0.45	0.48	-0.31	0.88
TiO ₂	0.85	-0.12	0.04	0.05	-0.19	0.03	0.78
Fe ₂ O ₃	0.05	0.92	-0.05	-0.06	-0.02	0.05	0.87
K ₂ O	-0.09	0.07	-0.43	-0.50	-0.26	0.56	0.82
Na ₂ O _g	-0.08	0.00	-0.25	0.88	-0.17	0.04	0.88
S _p ^d	0.07	0.91	-0.03	0.07	-0.13	-0.02	0.85
S _{SO4} ^d	0.03	0.14	0.31	0.18	0.15	0.80	0.81
Faktoreigenwert	4.08	3.59	2.59	1.85	1.24	1.04	
% der Varianz	22.6	19.9	14.4	10.3	6.9	5.8	Σ=80.0

Aus den Daten von Tab. 23 ist zu ersehen, dass für den Lithotypen Gelbe Kohle ebenfalls 6 Faktoren extrahiert wurden. Die 6 Faktoren erklären 80,0 % der Gesamtvarianz.

Nach den Werten der Faktorladungen $> |0,5|$ werden den Faktoren die Parameter folgendermaßen zugeordnet:

Faktor 1

A^d, SiO₂, Al₂O₃ und TiO₂ markieren die Siliziklastika bzw. terrigenen Einträge ins Flöz. Kohlenstoff (C^d) und Schwefel (SO₃) stehen dazu diametral im sich gegenseitig ausschließenden Sinne.

Faktor 2

S_c^d, S_p^d, Fe₂O₃ und untergeordnet A^d werden als Hauptträger von Eisen im Faktor 2 vertreten. Abgeschwächt erweist sich dies auch für A^d. Der Hauptteil von A^d konzentriert sich im Faktor 1. Das wird darauf zurückgeführt, dass Eisen einen bestimmten Anteil in der Asche ausmacht.

Faktor 3

T_{SK}^d, B^d, H^d stehen für die Schwelteerausbeute im Zusammenhang mit der engen Beziehung zum Bitumengehalt und dem in den organischen Verbindungen enthaltenen Wasserstoff.

Faktor 4

Na₂O gilt als Indikator für eine Porenwasserversalzung. Das K₂O in schwach signifikanter inverser Ladung ist den Siliziklastika zuzuordnen.

Faktor 5

CaO und MgO vertreten den Faktor als karbonatische Phasen.

Faktor 6

S_{SO4}^d repräsentiert isoliert und gesondert den Sulfatschwefel in diesem Faktor unter Ausschluss von K₂O.

Tab. 24: Finalstatistik der Faktorenanalyse-rotierte Faktormatrix; Braune, mineralisch verunreinigte Kohle

Parameter	FAKTOR 1	FAKTOR 2	FAKTOR 3	FAKTOR 4	FAKTOR 5	Kommunalität
A ^d	0,80	-0,34	0,08	-0,32	0,00	0,87
T _{SK} ^d	-0,18	0,87	-0,14	0,09	0,10	0,83
C ^d	-0,78	0,36	-0,09	0,31	0,12	0,86
H ^d	-0,53	0,65	-0,10	0,40	0,14	0,90
S _c ^d	-0,23	-0,15	0,87	0,10	-0,00	0,86
B ^d	-0,10	0,89	0,04	0,08	0,09	0,82
SiO ₂	0,64	-0,35	-0,09	-0,49	-0,01	0,79
Al ₂ O ₃	0,85	-0,03	-0,09	0,20	-0,11	0,80
CaO	-0,38	0,06	-0,30	0,24	0,73	0,83
MgO	-0,01	-0,16	-0,05	0,29	-0,82	0,80
Na ₂ O	-0,02	-0,00	-0,05	0,92	0,01	0,86
SO ₃	-0,73	-0,10	0,26	0,01	0,19	0,66
TiO ₂	0,67	0,45	-0,27	0,13	0,07	0,76
Fe ₂ O ₃	0,05	-0,05	0,95	0,02	-0,01	0,92
K ₂ O	0,79	-0,17	-0,01	0,11	0,01	0,67
Na ₂ O _g	0,06	0,42	0,04	0,67	-0,26	0,70
S _p ^d	-0,10	-0,01	0,92	-0,08	-0,11	0,88
S _{SO₄} ^d	0,03	-0,59	0,28	0,50	-0,03	0,69
Faktoreigenwert	5,69	3,65	2,32	1,77	1,08	
% der Varianz	31,6	20,3	12,9	9,8	6,10	Σ=80,7%

Aus Tab. 24 kann entnommen werden, dass für die Braunen mineralisch verunreinigten Kohlen 5 Faktoren ausgehalten wurden. Die 5 Faktoren erklären 80,7 % der Gesamtvarianz. In Abhängig von den Faktorladungen mit Werten > |0,5| erfolgt die Parameterzuordnung zu den Faktoren auf folgende Weise:

Faktor 1

A^d, Al₂O₃, K₂O, TiO₂ und SiO₂ markieren die Siliziklastika bzw. terrigenen Einträge ins Flöz; C^d als Flözbildner sowie SO₃ und H^d stehen dazu diametral im sich gegenseitig ausschließenden Sinne.

Faktor 2

T_{SK}^d, B^d und H^d stehen für die Schwelteerausbeute im Zusammenhang mit der engen Beziehung zum Bitumengehalt und dem in den organischen Verbindungen enthaltenen Wasserstoff unter Ausschluss von S_{SO₄}^d.

Faktor 3

S_c^d, Fe₂O₃ und S_p^d werden als Hauptträger von Eisen im Faktor 3 vertreten.

Faktor 4

Na₂O und S_{SO₄}^d vertreten den Faktor 4. Das gleichzeitige Erscheinen der beiden Komponenten in einem Faktor spricht von ihrem gemeinsamen Auftreten in wässriger Lösung im Moorstadium.

Faktor 5

CaO vertritt den Faktor 5 als Komponente, die als Kation Verbindungen mit Karbonaten und Sulfaten einhergeht sowie Komplexe bildet. Offensichtlich ist, dass sich MgO-reiche Verbindungen mit denen von Kalzium mengenmäßig gegenseitig ausschließen.

Tab. 25: Finalstatistik der Faktorenanalyse-rotierte Faktormatrix; Gelbe, mineralisch verunreinigte Kohle

Parameter	FAKTOR 1	FAKTOR 2	FAKTOR 3	FAKTOR 4	FAKTOR 5	Kommunalität
A ^d	-0,81	-0,06	0,22	-0,21	-0,21	0,81
T _{SK} ^d	0,25	-0,22	-0,06	0,87	-0,05	0,88
C ^d	0,80	0,04	-0,32	0,36	0,22	0,94
H ^d	0,47	0,05	-0,25	0,59	0,12	0,66
S _c ^d	0,24	0,85	0,03	-0,05	-0,12	0,80
B ^d	0,15	-0,07	0,04	0,85	-0,16	0,79
SiO ₂	-0,80	-0,31	-0,05	-0,18	-0,22	0,86
Al ₂ O ₃	0,08	0,04	0,96	0,05	-0,03	0,94
CaO	0,72	-0,02	0,25	0,26	0,15	0,68
MgO	0,74	-0,17	0,19	0,08	0,31	0,73
Na ₂ O	0,40	-0,06	0,11	0,02	0,83	0,87
SO ₃	0,00	0,74	-0,22	-0,14	0,15	0,65
TiO ₂	-0,58	-0,24	0,48	0,15	0,41	0,83
Fe ₂ O ₃	-0,01	0,93	0,21	-0,06	-0,07	0,93
K ₂ O	-0,04	0,07	0,89	-0,21	0,05	0,84
Na ₂ Og	0,36	0,05	-0,11	-0,27	0,81	0,89
S _p ^d	0,00	0,91	0,09	-0,05	-0,03	0,85
S _{SO4} ^d	-0,42	0,43	-0,21	0,26	0,12	0,49
Faktoreigenwert	5,31	3,59	2,56	1,99	1,08	
% der Varianz	29,5	19,9	14,2	11,1	6,0	Σ=80,7%

Für die Gelben mineralisch verunreinigten Kohlen werden 5 Faktoren ausgehalten (Tab. 25). Die 5 Faktoren erklären 80,7 % der Gesamtvarianz. Die Parameterzuordnung erfolgt nach Faktorladungen mit Werten > |0,5| folgendermaßen:

Faktor 1

Die Assoziation C^d, CaO, MgO und untergeordnet H^d markiert die Moor- bzw. Flözbildung (C^d, H^d) und die enge Beziehung von MgO und CaO. Konträr dazu verhalten sich SiO₂ und TiO₂ als Komponenten terrigener Einträge in das Moor.

Faktor 2

S_c^d, Fe₂O₃, SO₃ und S_p^d vertreten als Hauptträger von Eisen den Faktor 2.

Faktor 3

Al₂O₃ und K₂O markieren terrigene Einträge, die bei den Gelben Kohlen bei stärkerer Verwitterung unter Bildung aluminium- und kaliumreicher Minerale (Kaolinit, Illit) von-statten gehen, was im Gegensatz zum Verhalten von SiO₂ und TiO₂ im Faktor 1 steht.

Faktor 4

T_{SK}^d, B^d und H^d stehen für die Schwelteerausbeute im Zusammenhang mit der engen Beziehung zum Bitumengehalt und dem in den organischen Verbindungen enthaltenen Wasserstoff.

Faktor 5

Na₂O vertritt eigenständig den Faktor 4 und kann als Indikator für eine Porenwasserversalzung gelten.

Tab. 26: Finalstatistik der Faktorenanalyse-rotierte Faktormatrix; Kohliges Nebengestein

Parameter	FAKTOR 1	FAKTOR 2	FAKTOR 3	FAKTOR 4	FAKTOR 5	Kommunalität
A ^d	0.03	-0.38	-0.86	0.26	0.01	0.96
T _{SK} ^d	-0.41	0.82	0.24	0.24	-0.01	0.95
C ^d	-0.02	0.82	-0.07	-0.22	0.16	0.76
H ^d	-0.05	0.72	0.59	0.01	0.29	0.95
S _c ^d	0.85	-0.29	0.17	-0.19	-0.16	0.90
B ^d	-0.16	0.84	0.15	0.33	-0.05	0.86
SiO ₂	-0.42	-0.17	-0.84	0.12	-0.19	0.97
Al ₂ O ₃	0.68	-0.30	0.09	0.39	0.46	0.93
CaO	-0.28	-0.04	0.32	-0.50	0.60	0.80
MgO	0.71	-0.14	0.03	0.15	0.18	0.58
Na ₂ O	0.02	0.14	0.22	-0.05	0.87	0.83
SO ₃	0.09	0.08	0.26	-0.88	0.21	0.89
TiO ₂	-0.21	0.13	-0.07	0.85	0.06	0.80
Fe ₂ O ₃	0.96	-0.20	-0.01	-0.09	-0.06	0.97
K ₂ O	0.46	-0.65	-0.20	0.28	0.27	0.83
Na ₂ O _g	-0.18	-0.05	0.86	-0.08	0.23	0.82
S _p ^d	0.84	0.17	-0.09	-0.12	-0.06	0.77
S _{SO4} ^d	0.83	-0.23	-0.06	-0.27	-0.11	0.84
Faktoreigenwert	6.02	4.25	2.25	1.83	1.09	
% der Varianz	33.4	23.6	12.5	10.2	6.0	Σ=85.8

Tab. 26 sagt aus, dass für das kohlige Nebengestein 5 Faktoren extrahiert wurden. Die 5 Faktoren erklären 85,8 % der Gesamtvarianz. Nach Faktorladungen $> |0,5|$ wurden die Parameter den Faktoren auf folgende Weise zugeordnet:

Faktor 1

Verbrennlicher Schwefel (S_c^d), Sulfid (S_p^d)- und Sulfatschwefel (S_{SO4}^d) sowie das an Schwefel gebundene Eisen (Fe₂O₃) vereinigen sich hochladend positiv im Faktor 1. Schwächer damit korrespondieren MgO und Al₂O₃ als Bestandteil von Tonmineralen.

Faktor 2

C^d, T_{SK}^d, B^d und H^d vereinigen sich in Faktor 2 als kohlenstoff- und wasserstoffreiche Organika. Konträr steht dazu K₂O in silikatischer Bindung (K₂O –reiche Tonminerale). K₂O wird durch diesen Faktor ausgeschlossen.

Faktor 3

H^d, Na₂O_g repräsentiert die Mineralisation der Porenwässer. Der Hauptaschebildner (A^d) Quarz (SiO₂) steht invers dazu.

Faktor 4

TiO₂ bildet vorzugsweise die Titanminerale (Ilmenit, Rutil) ab. Reziprok verhalten sich dazu SO₃ und CaO (Gips/Anhydrit)

Faktor 5

Na₂O repräsentiert hier die Alkalien in Korrespondenz mit CaO (Karbonate), untergeordnet mit dem Al₂O₃ der Tonminerale.

Verallgemeinernd ergibt sich, dass die für die einzelnen Lithotypen ausgehaltenen Faktoren zu einem Spektrum gehören. Das heißt, dass insgesamt betrachtet, immer die gleichen Faktoren extrahiert wurden, jedoch ist ihre Wertigkeit bei jedem Kohlenlithotypen unterschiedlich. Dies wird besonders bei den mineralisch verunreinigten Lithotypen sowie beim Nebengestein deutlich.

Mit Hilfe von Tab. 27 wird gezeigt, wie die je Lithotyp extrahierten Faktoren einander zugeordnet werden können.

Tab. 27: Allgemeine Zuordnung lithotypenspezifisch extrahierter Faktoren

Lithotyp	Allgemeine Faktorenbezeichnung					
	Faktor A	Faktor B	Faktor C	Faktor D	Faktor E	Faktor F
	je Lithotyp extrahierte Faktoren					
	Faktor 1	Faktor 2	Faktor 3	Faktor 4	Faktor 5	Faktor 6
Braune Kohle	A ^d , SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , TiO ₂ (-C ^d), (-SO ₃)	S _c ^d , S _p ^d , Fe ₂ O ₃ , (-C ^d)	T _{sk} ^d , B ^d , H ^d	Na ₂ O, Na ₂ O _g	CaO, MgO	S _{SO4} ^d , (-K ₂ O)
Gelbe Kohle	A ^d , SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , TiO ₂ , (-C ^d), (-SO ₃)	S _c ^d , Fe ₂ O ₃ , S _p ^d	T _{sk} ^d , B ^d , H ^d	Na ₂ O, Na ₂ O _g	CaO, MgO	S _{SO4} ^d , (-K ₂ O)
	Faktor 1	Faktor 3	Faktor 2	Faktor 4	Faktor 5	Faktor 6
Braune Kohle, mineralisch, verunreinigt	A ^d , Al ₂ O ₃ , TiO ₂ , K ₂ O, (-H ^d), (-C ^d), (-SO ₃)	S _c ^d , Fe ₂ O ₃ , S _p ^d	T _{sk} ^d , B ^d , H ^d (-S _{SO4} ^d)	Na ₂ O, S _{SO4} ^d	CaO, (-MgO)	nicht extrahiert
	Faktor 3	Faktor 2	Faktor 4	Faktor 5	Faktor 1	Faktor 6
Gelbe Kohle mineralisch, verunreinigt	Al ₂ O ₃ , K ₂ O	S _c ^d , Fe ₂ O ₃ , S _p ^d , SO ₃	T _{sk} ^d , B ^d , H ^d	Na ₂ O	C ^d , CaO, MgO, (-SiO ₂), (-TiO ₂)	nicht extrahiert
	Faktor 4	Faktor 1	Faktor 2	Faktor 3	Faktor 5	Faktor 6
kohliges Nebengestein	TiO ₂ , (-SO ₃), (-CaO)	S _c ^d , Fe ₂ O ₃ , S _{SO4} ^d , S _p ^d , Al ₂ O ₃ , MgO	T _{sk} ^d , C ^d , B ^d , H ^d , (-K ₂ O)	Na ₂ O _g , H ^d , (-SiO ₂), (-A ^d)	Na ₂ O, CaO, Al ₂ O ₃	nicht extrahiert

Nach der Zuordnung der bisher anonymen Faktoren ist es nun erforderlich, diese zu benennen bzw. zu interpretieren. Das wird durch eine genetisch-fazielle Betrachtungsweise unter Berücksichtigung der Komponentenassoziationen ermöglicht.

Demnach kann **Faktor A** aufgrund der hohen Affinität der Oxide SiO₂, Al₂O₃, TiO₂ und K₂O zum Aschegehalt sowie der Reziprozität zu Kohlenstoff und dem Ascheschwefel als hypergenetischer Faktor bezeichnet werden. Er verkörpert den mechanischen Eintrag von bereits vorher entstandenen mineralischen Stoffen (Quarz, Feldspäte, Tonminerale, andere Silikate), deren Charakter vom Einzugsgebiet der Sedimentation während der Moorgenese abhängt. Deshalb wird der **Faktor A** hier als geochemischer *sedimentogen-siliziklastischer Faktor* bezeichnet.

Die Interpretation des **Faktors B** erweist sich ebenfalls als eindeutig: Die Gruppierung von Schwefel verschiedener Bindungsformen und Eisenoxiden weist auf die Bildung von Sulfiden hin. Der Faktor B kann deshalb als biogeochemischer epigenetischer Faktor eingestuft werden, der für die diagenetische Pyritbildung verantwortlich zeichnet. Weil Pyrit ein Produkt der biochemischen Umsetzung von Sulfaten bzw. der Sulfatreduktion darstellt, wird **Faktor B** *diagenetisch-biochemischer Faktor* genannt.

Um **Faktor C** gruppieren sich Komponenten rein organischer Natur wie Schwelteer, Bitumen, Wasserstoff und Kohlenstoff. Diese Stoffe verdanken ihre Herkunft den pflanzlichen Ausgangsstoffen, die im Moor zur Ablagerung gelangten und der Inkohlung ausgesetzt waren. **Faktor C** stellt einen syngenetischen Faktor dar und wird als *organogen-biochemischer Faktor* bezeichnet.

Für den **Faktor D** steht für die Braunkohlenlithotypen allein der Natriumgehalt. Dies ist ein Hinweis auf die Sonderrolle des Natriumgehaltes hinsichtlich seiner Genese. Es liegt deshalb nahe, an die Vermutungen, wie sie von IVANOVA (1985) geäußert wurden, anzuknüpfen. Demnach können u. a. Natrium- und Chloridionen über marine Wässer in das Moor infiltrieren, wobei sie sich gravitativ über den statischen Druck, den Flüssigkeiten höherer Dichten ausüben, in tieferen Bereichen des Moores anreichern können. Von letzterem zeugt auch der hohe Korrelationskoeffizient der Natriumgehalte mit den absoluten Liegendhöhen der Probensektionen. Ein weiterer Hinweis für diese Entstehungsweise ist auch der Chemismus und die Genese der Grundwässer im Liegenden und Hangenden des Flözkomplexes Bruckdorf (Grundwasserleiter 81, 98, Kap. 6.5). Der **Faktor D** ist vorwiegend als geochemischer syngenetischer Faktor einzustufen und wird *migrativ-chemogener Faktor* genannt.

Der **Faktor E** ist hauptsächlich mit den Komponenten Kalzium und Magnesium verknüpft. Für Magnesium und Kalzium gilt in den Fazies der Moorlandschaften ihr fast vollständiger Übergang in mobile Zustände (hauptsächlich in Form von Bikarbonaten, seltener als organo-mineralische Komplexe) als typisches geochemisches Kriterium (IVANOV 1985, KOROBECI et al. 1988). Faktor E kennzeichnet damit den syngenetischen Charakter der beiden genannten Komponenten als in den Moorwässern in Lösung gegangene Stoffe. **Faktor E** wird deshalb als *hydrofaziell-chemogener Faktor* bezeichnet.

Der **Faktor F** als sechster Faktor wurde nur bei den reinen Braunkohlenlithotypen extrahiert. Bei den braunen Kohlen vertritt der Sulfatschwefel diesen Faktor, bei den Gelben Kohlen das Kalium. Wie oben (Kap. 8.1) beschrieben wurde, ist Kalium wie auch Natrium in Gelben Kohlen im Vergleich zu braunen angereichert. Entsprechend seiner Herkunft gelangt Kalium ebenso wie Natrium aus angrenzenden Wässern in das Moor und kann sich mit Chlor in Hohlräumen in Ionenform ansammeln oder sich auch organisch binden. Möglicherweise bilden die Gelben Kohlen aufgrund ihrer petrographischen Besonderheiten in besonderem Maße eine Falle für Kalium. In Braunen Kohlen ist Kalium offensichtlich mobiler und migriert in gelbe Straten, wo es dann zumindest länger verweilt als in Braunen Kohlen (Kap. 8.1). Ebenso wie beim Kalium stammt der Gesamtschwefelgehalt der Braunkohlen größtenteils aus dem mineralischen Dargebot (hier Sulfate) von den das Moor kontaminierenden Wässern. Beide Stoffe sind während der Diagenese migrationsfähig. Die Sulfate verfügen dabei aber über eine geringere Mobilität als Natrium und Chlor. Kalium reichert sich infolge von Migrationsvorgängen in Gelben Kohlen partiell an (demgegenüber steht das negative Vorzeichen der Faktorladung als Ausschlusskriterium bei braunen Lithotypen), wobei die Sulfationen in beiden Lithotypen gleichermaßen als Ausgangsmaterial für die biochemisch-bakteriell ablaufende Sulfatreduktion zur Verfügung stehen. Der Faktor F ist also dem Faktor D sehr ähnlich. Der biogeochemische epigenetische **Faktor F** wird dementsprechend als *migrativ-biochemischer Faktor* bezeichnet.

8.4 Clusteranalyse

Das Ziel der Clusteranalyse besteht darin, Objekte aus einer Menge von Objekten zu so genannten Clustern (Haufen) zusammenzufassen. Damit dient die Clusteranalyse ebenso der Reduktion von Merkmalen zur Herstellung einer besseren Übersichtlichkeit. Die Clusteranalyse ist ein iteratives Verfahren, bei dem schrittweise Objekte zu immer größeren Clustern zusammengefasst werden, bis schließlich nur noch ein Cluster vorliegt. Die einzelnen Methoden unterscheiden sich danach, wie die Proximitäten, d. h. wie die Abstände von Clustern berechnet werden. In der Arbeit wurde das hierarchische Ward-Verfahren zur Ermittlung der Cluster unter Nutzung der Programmpaketes STATGRAPHICS Plus Version 5 verwendet. Ein Ergebnis der hierarchischen Clusteranalyse stellen so genannte Dendrogramme dar. In den Dendrogrammen wird gezeigt, bei welchen Distanzen welche Objekte bzw. Cluster zu größeren Clustern zusammengefasst werden. Bei der Clusteranalyse nach der Ward-Methode werden vergleichsweise sehr homogene Cluster mit geringen Abständen der Objekte zu den Clusterzentren erzielt (STOYAN et al. 1997). Die Bildung von Clustern kann einmal nach Fällen erfolgen, die den Proben zugeordnet werden können, zum anderen ist eine Clusterberechnung nach Merkmalen möglich. In dem einen und dem anderen Fall sind die Merkmale bzw. die Fälle jeweils die „Objekte“. Hier erfolgte die Clusterberechnung nach Merkmalen unter Anwendung der Metrik der Euklidischen Distanz. Die Clusteranalyse wurde in Analogie zur Faktorenanalyse nach den Lithotypen der Braunkohlen sowie dem gesamten Flözkomplex durchgeführt. In Abb. 45 ist das Dendrogramm für den gesamten Flözkomplex dargestellt.

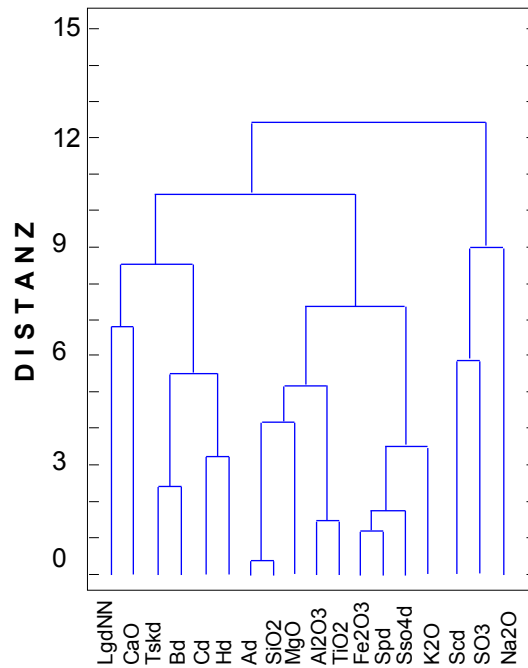


Abb. 45: Dendrogramm Flözkomplex Bruckdorf

(Bei den Betrachtungen aller weiteren Dendrogramme wurde die Größe LgdNN – Liegendtiefe der Probenintervalle in m NN ausgeklammert.)

Für den Fall des insgesamt betrachteten Flözkomplexes erscheint für eine sinnvolle Gruppierung der Merkmale eine Lösung mit 6 Clustern bei einer Distanz von ca. 7 am günstigsten. Es ergeben sich folgende Merkmalsgruppierungen:

1. Gruppe: CaO- vertritt die karbonatische Phase sowie die Bildung metallorganischer Komplexe.
2. Gruppe: T_{sk}^d, B^d, C^d, H^d - vertreten die organische Substanz als Flözbildner.
3. Gruppe: A^d, SiO₂, MgO, Al₂O₃, TiO₂- stellen die terrigenen Komponenten dar.
4. Gruppe: Fe₂O₃, S_p^d, S_{so4}^d, K₂O- vertreten die Pyritbildung unter Einbeziehung des Schwefeldargebotes in Sulfaten in Assoziation mit K₂O.
5. Gruppe: S_c^d, SO₃ – weisen auf die selbständige Rolle des Schwefels in der organischen Substanz hin, welcher Verbindungen mit ihr bildet.
6. Gruppe: Na₂O- zeigt die eigenständige Rolle von Na als Indikator für die Porenwasser-
versalzung.

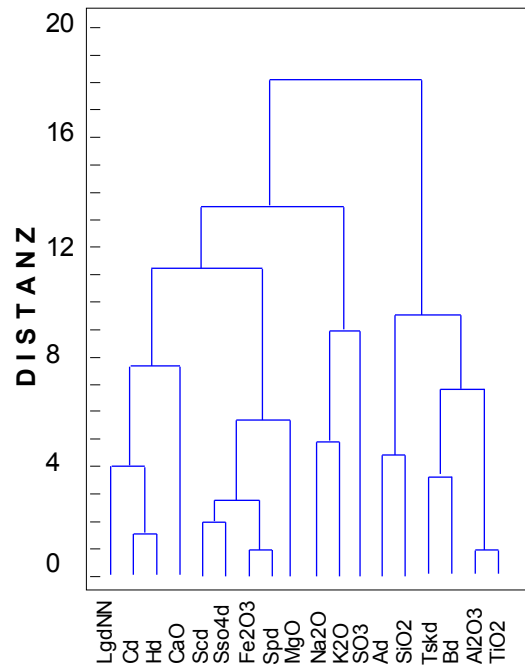


Abb. 46: Dendrogramm Braune Kohle

Für den Lithotyp Braune Kohle wurde für die Auswahl einer relevanten Gruppierung der Merkmale eine Lösung mit 7 Clustern bei einer Distanz von ca. 7 gewählt. Es ergeben sich nachfolgende Merkmalsgruppierungen:

1. Gruppe: $\underline{C^d, H^d}$ - vertreten die organische Substanz als Flözbildner.
2. Gruppe: \underline{CaO} - vertritt die karbonatische Phase sowie die Bildung metallorganischer Komplexe.
3. Gruppe: $\underline{S_c^d, S_{SO_4}^d, Fe_2O_3, S_p^d, MgO}$ vertreten die Pyritbildung unter Einbeziehung des Schwefelangebots in Sulfaten in Assoziation mit MgO.
4. Gruppe: $\underline{K_2O, Na_2O}$ - vertreten die Porenwasserversalzung, Kalium zeigt seine weitere Seite als Kationen-Element.
5. Gruppe: $\underline{SO_3}$ - vertritt gemeinsam mit Na und K die Moorwassermineralisation bzw. die Mineralisation der Porenwässer.
6. Gruppe: $\underline{A^d, SiO_2}$ - sind Hauptvertreter der Siliziklastika und Hauptaschebildner.
7. Gruppe: $\underline{T_{sk}^d, B^d}$ - vertreten die lipoiden Stoffe der Braunkohlen.
8. Gruppe: $\underline{Al_2O_3, TiO_2}$ - vertreten terrigene Komponenten und neigen zur Bildung metallorganischer Komplexe.

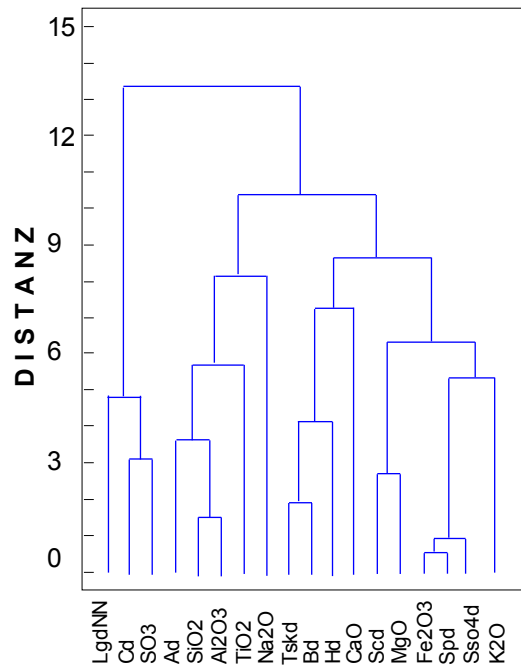


Abb. 47: Dendrogramm Braune Kohle, mineralisch verunreinigt

Für mineralisch verunreinigte Braune Kohle wurde für die Wahl einer sinnvollen Gruppierung der Merkmale eine Lösung mit 7 Clustern bei einer Distanz von ca. 6 gewählt. Es ergeben sich die folgenden Merkmalsgruppierungen:

1. Gruppe: C^d, SO₃- vertreten die organische Substanz als Flözbildner und drücken die Affinität von Schwefel zur organische Substanz aus
2. Gruppe: A^d, SiO₂, Al₂O₃, TiO₂- vertreten terrigene Komponenten, die ins Flöz eingetragen werden
3. Gruppe: Na₂O- zeigt die eigenständige Rolle als Indikator für die Porenwasserversalzung
4. Gruppe: T_{sk}^d, B^d, H^d- vertreten die lipoiden Stoffe der Braunkohlen
5. Gruppe: CaO- vertritt die karbonatische Phase sowie die Bildung metallorganischer Komplexe
6. Gruppe: S_c^d, MgO- stellen möglicherweise die Phase dar, die als Sulfatlieferant für die Reduktion dient.
7. Gruppe: S_{so4}^d, Fe₂O₃, S_p^d, K₂O- vertreten die Pyritbildung unter Einbeziehung des Schwefeldargebotes in Sulfaten in Assoziation mit K₂O.

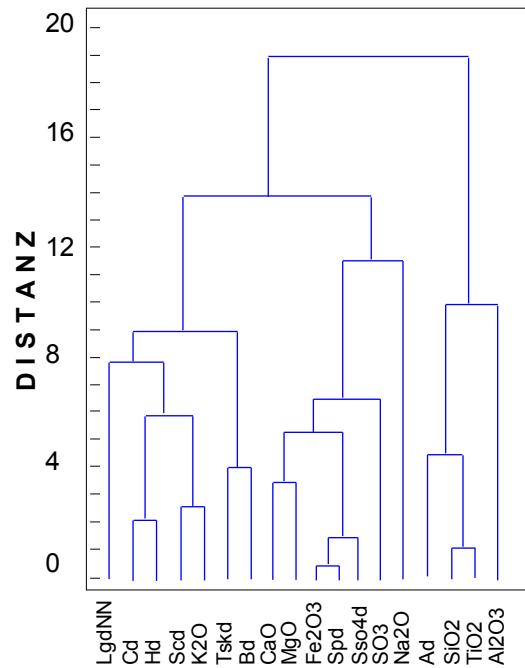


Abb. 48: Dendrogramm Gelbe Kohle

Für Gelbe Kohle wurde für die Gruppierung der Merkmale eine Lösung mit 6 Clustern bei einer Distanz von ca. 7 gewählt. Es ergeben sich die Merkmalsgruppierungen:

1. Gruppe: $\underline{C^d, H^d, S_c^d, K_2O}$ - vertreten die organische Substanz als Flözbildner und drücken die Affinität von Schwefel zur organische Substanz aus; der Zusammenhang der anomalen Kaliumverteilung mit der organischen Substanz wird deutlich
2. Gruppe: $\underline{T_{sk}^d, B^d}$ - vertreten die lipoiden Stoffe der Braunkohlen
3. Gruppe: $\underline{CaO, MgO, Fe_2O_3, S_p^d, S_{SO_4}^d, SO_3}$ vertreten die karbonatische Phase und die Bildung metallorganischer Komplexe sowie die Pyritbildung unter Einbeziehung des Schwefeldargebotes in Sulfaten
4. Gruppe: $\underline{Na_2O}$ - zeigt die eigenständige Rolle als Indikator für die Porenwasserversalzung
5. Gruppe: $\underline{A^d, SiO_2, TiO_2}$ - vertreten terrigene Komponenten, die ins Flöz eingetragen werden
6. Gruppe: $\underline{Al_2O_3}$ -vertritt terrigene Komponenten und neigt zur Bildung metallorganischer Komplexe.

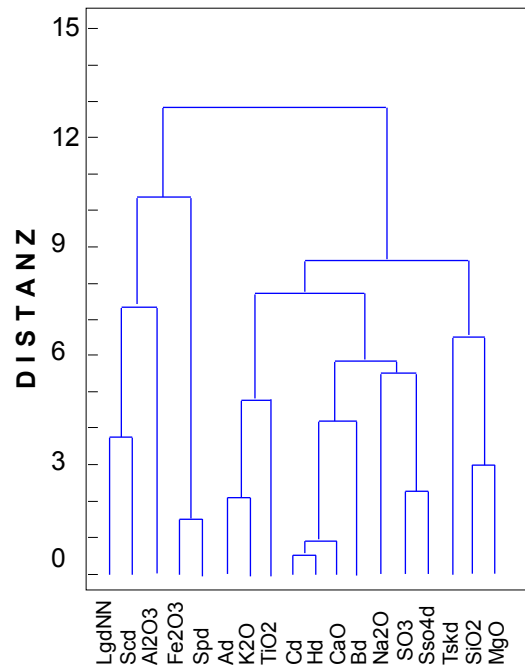


Abb. 49: Dendrogramm Gelbe Kohle, mineralisch verunreinigt

Für mineralisch verunreinigte Gelbe Kohle wurde für die Gruppierung der Merkmale eine Lösung mit 5 Clustern bei einer Distanz von ca. 7 gewählt. Es ergeben sich danach die Merkmalsgruppierungen:

1. Gruppe $\underline{S_c^d, Al_2O_3}$ - neigt zur Bildung metallorganischer Komplexe unter Mitwirkung von Schwefel aus der organischen Substanz.
2. Gruppe $\underline{Fe_2O_3, S_p^d}$ - vertreten die Pyritbildung.
3. Gruppe $\underline{A^d, K_2O, TiO_2}$ - vertreten terrigene Komponenten, die ins Flöz eingetragen werden.
4. Gruppe $\underline{C^d, H^d, CaO, B^d, Na_2O, SO_3, S_{SO_4}^d}$ - vertreten die organische Substanz als Flözbildner und drücken die Affinität von Schwefel zur organischen Substanz aus; Na und Ca bilden Verbindungen mit der organischen Masse.
5. Gruppe $\underline{T_{sk}^d, MgO, SiO_2}$ - vertreten terrigene Komponenten, die ins Flöz eingetragen werden und mit lipoiden Stoffen assoziieren.

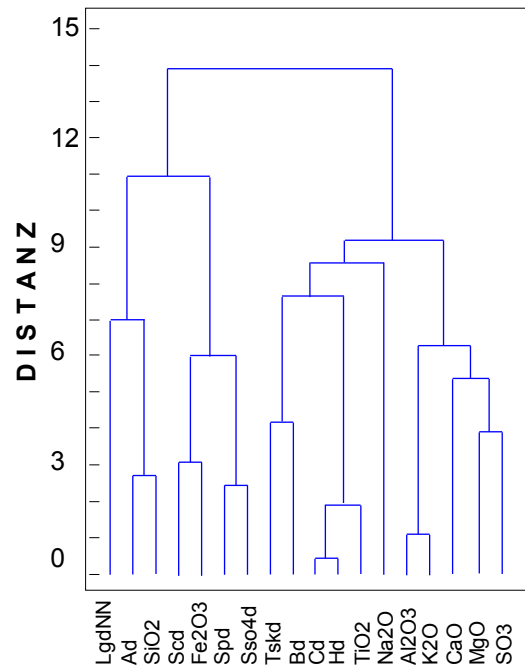


Abb. 50: Dendrogramm kohliges Nebengestein

Für das kohlige Nebengestein wurde für die Assoziierung der Merkmale zur sinnvollen Gruppierung eine Lösung mit 5 Clustern bei einer Distanz von ca. 8 für gut befunden. Es ergeben sich folgende Merkmalsgruppierungen:

1. Gruppe $\underline{A^d, SiO_2}$ - vertreten den Hauptaschebildner Quarz.
2. Gruppe $\underline{S_c^d, Fe_2O_3, S_p^d, S_{SO_4}^d}$ - weisen auf die Pyritbildung unter Einbeziehung des gesamten Schwefeldargebotes hin.
3. Gruppe $\underline{T_{sk}^d, B^d, C^d, H^d, TiO_2}$ - sind die Vertreter der organischen Substanz; die Assoziation mit Titan drückt die Neigung zur Komplexbildung unter Wirkung der Organika aus.
4. Gruppe $\underline{Na_2O}$ - zeigt die eigenständige Rolle als Indikator für die Porenwasserversalzung.
5. Gruppe $\underline{Al_2O_3, K_2O, CaO, MgO, SO_3}$ - vertreten die terrigenen Komponenten.

8.5 Typisierung von Komponenten

Als Zusammenfassung der Hauptaussagen der vorangegangenen Abschnitte erscheint nachfolgend Tab. 28.

Tab. 28: Gesamtergebnisse der statistischen Auswertung

statistische Methode	Lithotyp	Komponentengruppe							Kriterium			
Deskriptive Statistik	Braune Kohle	K ₂ O, TiO ₂ , Al ₂ O ₃ , SiO ₂		S _p ^d , Fe ₂ O ₃ , S _{SO4} ^d		T _{sk} ^d , SO ₃ , B ^d , S _c ^d , Na ₂ O, MgO, CaO		C ^d , H ^d	Verteilungscharakter (Variationskoeffizient)			
	Braune Kohle, verunreinigt	S _p ^d , Fe ₂ O ₃ , S _{SO4} ^d		K ₂ O, Al ₂ O ₃ , SiO ₂ , TiO ₂ , B ^d , MgO, SO ₃		T _{sk} ^d , Na ₂ O, S _c ^d , CaO		C ^d , H ^d				
	Gelbe Kohle	K ₂ O	S _p ^d , S _{SO4} ^d , Fe ₂ O ₃		Al ₂ O ₃ , SiO ₂ , TiO ₂		T _{sk} ^d , SO ₃ , B ^d , Na ₂ O, S _c ^d , MgO, CaO			C ^d , H ^d		
	Gelbe Kohle, verunreinigt	S _p ^d , Fe ₂ O ₃ , S _{SO4} ^d		K ₂ O, Al ₂ O ₃ , TiO ₂		T _{sk} ^d , SO ₃ , B ^d , S _c ^d , CaO		SiO ₂		C ^d , H ^d		
	kohliges Nebengestein	T _{sk} ^d , S _p ^d , B ^d , Fe ₂ O ₃ , S _{SO4} ^d		Al ₂ O ₃ , TiO ₂ , SO ₃ , S _c ^d , MgO		CaO, SiO ₂ , Na ₂ O, K ₂ O		SiO ₂		C ^d , H ^d		
Deskriptive Statistik	Braune Kohle	Fe ₂ O ₃			Al ₂ O ₃ , CaO, S _c ^d , S _p ^d , MgO, SO ₃			SiO ₂ , K ₂ O	F-Kriterium, t-Test			
	Gelbe Kohle	K ₂ O	TiO ₂ , H ^d , T _{sk} ^d , B ^d					SiO ₂ , K ₂ O				
Korrelationsanalyse	Braune Kohle	A ^d , SiO ₂ , TiO ₂ , Al ₂ O ₃ , K ₂ O		SO ₃ , C ^d , CaO		TiO ₂ , Al ₂ O ₃		C ^d , H ^d , T _{sk} ^d , B ^d , S _c ^d , S _p ^d , Fe ₂ O ₃		Korrelationskoeffizienten		
	Gelbe Kohle	A ^d , SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , TiO ₂		CaO, MgO		TiO ₂ , Al ₂ O ₃		C ^d , H ^d , T _{sk} ^d , B ^d , S _c ^d , S _p ^d , Fe ₂ O ₃				
	kohliges Nebengestein	A ^d , SiO ₂ , TiO ₂		Al ₂ O ₃ , K ₂ O, Fe ₂ O ₃ , MgO		C ^d , H ^d , T _{sk} ^d , B ^d		S _c ^d , S _p ^d , S _{SO4} ^d , Fe ₂ O ₃				
Faktoranalyse	Faktor											
	A		B		C		D		E		F	
	Braune Kohle		A ^d , SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , TiO ₂ (-C ^d , -SO ₃)		S _c ^d , S _p ^d , Fe ₂ O ₃ (-C ^d)		T _{sk} ^d , B ^d , H ^d		Na ₂ O, Na ₂ O _g		CaO, MgO, S _{SO4} ^d , (-K ₂ O)	
	Gelbe Kohle		A ^d , SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , TiO ₂ (-C ^d , -SO ₃)		S _c ^d , S _p ^d , Fe ₂ O ₃		T _{sk} ^d , B ^d , H ^d		Na ₂ O, Na ₂ O _g		CaO, MgO, S _{SO4} ^d , (-K ₂ O)	
	Braune Kohle, verunreinigt		A ^d , Al ₂ O ₃ , TiO ₂ , K ₂ O, (-H ^d , -C ^d), (-SO ₃)		S _c ^d , S _p ^d , Fe ₂ O ₃		T _{sk} ^d , B ^d , H ^d (-S _{SO4})		Na ₂ O, S _{SO4} ^d		CaO, (-MgO)	
	Gelbe Kohle, verunreinigt		Al ₂ O ₃ , K ₂ O		S _c ^d , Fe ₂ O ₃ , S _p ^d , SO ₃		T _{sk} ^d , B ^d , H ^d		Na ₂ O		C ^d , CaO, MgO, (-SiO ₂), (-TiO ₂)	
	kohliges Nebengestein		TiO ₂ , (-SO ₃), (-CaO)		Fe ₂ O ₃ , S _{SO4} ^d , S _c ^d , S _p ^d , MgO, Al ₂ O ₃		T _{sk} ^d , C ^d , B ^d , H ^d ; (-K ₂ O)		Na ₂ O _g , H ^d (-SiO ₂), (-A ^d)		Na ₂ O, CaO, Al ₂ O ₃	
Clusteranalyse	Braune Kohle	C ^d , H ^d	S _c ^d , S _{SO4} ^d , Fe ₂ O ₃ , S _p ^d , MgO, CaO		CaO	K ₂ O, Na ₂ O, MgO		SO ₃	A ^d , SiO ₂	T _{sk} ^d , B ^d	Al ₂ O ₃ , TiO ₂	Proximitäten
	Braune Kohle, verunreinigt	C ^d , SO ₃	A ^d , SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , TiO ₂		Na ₂ O	T _{sk} ^d , B ^d , H ^d		CaO	S _c ^d , MgO	S _{SO4} ^d , Fe ₂ O ₃ , S _p ^d , K ₂ O		
	Gelbe Kohle	C ^d , H ^d , S _c ^d , K ₂ O	T _{sk} ^d , B ^d		CaO, MgO, Fe ₂ O ₃ , S _p ^d , S _{SO4} ^d , SO ₃		Na ₂ O		A ^d , SiO ₂ , TiO ₂		Al ₂ O ₃	
	Gelbe Kohle, verunreinigt	S _c ^d , Al ₂ O ₃		Fe ₂ O ₃ , S _p ^d	A ^d , K ₂ O, TiO ₂		C ^d , H ^d , CaO, B ^d , Na ₂ O, SO ₃ , S _{SO4} ^d		T _{sk} ^d , MgO, SiO ₂			
	Kohliges Nebengestein	A ^d , SiO ₂		S _c ^d , Fe ₂ O ₃ , S _p ^d , S _{SO4} ^d		T _{sk} ^d , B ^d , C ^d , H ^d , TiO ₂		Na ₂ O		Al ₂ O ₃ , K ₂ O, CaO, MgO, SO ₃		

Die Ergebnisse der statistischen Auswertung nach verschiedenen Methoden verdichten und verifizieren die lithogenetisch-faziellen Erkenntnisse. Dabei stützen sich die unterschiedlichen Methoden gegenseitig. Komplexere Methoden wie die Faktoren- und Clusteranalyse liefern qualitative Resultate von übergeordneter Bedeutung. Die beschreibende Statistik gibt hauptsächlich merkmalsbezogene spezifische quantitative Besonderheiten wider, die verallgemeinert werden können (s. Klassifikation nach Verteilungscharakter). Die folgende Übersicht beinhaltet die

Verallgemeinerung der statistischen Auswertungsergebnisse als Versuch einer Typisierung der untersuchten chemischen und kohlenchemischen Komponenten, die vor allem genetischen Aspekten Rechnung tragen soll.

Tab. 29: Typisierung von Komponenten des Flözkomplexes Bruckdorf nach genetischen Aspekten

Komponentengruppe	Bezeichnung der Gruppe	Genese			
		Ursprung der Komponenten	Bildungsort, Ablagerungsort	Bildungszeit	Bildungsweise
Braunkohle					
SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , TiO ₂ , K ₂ O	lithophil- klastogene	hauptsächlich terrigen, untergeordnet marin	Moor	hypergenetisch, syngenetisch	klastogen
Al ₂ O ₃ , TiO ₂ , Fe ₂ O ₃ , CaO, MgO	chemobiogene (Komplexbildung)	hauptsächlich terrigen, untergeordnet marin	Moor, Braunkohlenflöz	syngenetisch, epigenetisch	chemobiogen, hydrochemogen
S _c ^d , S _p ^d , Fe ₂ O ₃	chemobiogene autigene	Moorwässer, Grundwässer	Braunkohlenflöz	epigenetisch	chemobiogen
S _{SO₄} ^d , SO ₃	chemogene	Moorwässer, Grundwässer	Moor	syngenetisch	hydrochemogen
C ^d , H ^d	primär organogene	pflanzliche Substanz	Moor Braunkohlenflöz	syngenetisch, epigenetisch	biochemogen
T _{sk} ^d , B ^d	sekundär, z.T. primär organogene	pflanzliche Substanz	Moor Braunkohlenflöz	epigenetisch	biochemogen, Destruktion
SO ₃ , CaO, MgO	organophil-chemogene	Moorwässer, Grundwässer	Moor	syngenetisch	hydrobiochemogen
Na ₂ O, K ₂ O	organophil-infiltrative	Meerwasser	Moor	syngenetisch	infiltrativ
Nebengestein					
SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , TiO ₂ , K ₂ O	lithophil- klastogene	terrigen	Sediment	hypergenetisch syngenetisch	klastogen
S _p ^d , S _{SO₄} ^d , Fe ₂ O ₃	chemobiogene	Grundwässer Moorwässer	Sediment	epigenetisch	chemobiogen
C ^d , H ^d , T _{sk} ^d , B ^d	organogene	Umlagerungsprodukte	Braunkohlenflöz, Sediment	hypergenetisch, syngenetisch	klastogen
Al ₂ O ₃ , K ₂ O, SiO ₂ , Fe ₂ O ₃ , MgO	authigene	in situ	Sediment	epigenetisch	chemogen
Na ₂ O	infiltrative	Meerwasser	Sediment	syngenetisch	infiltrativ

Mit dieser Typisierung (Tab. 29) wurde erstmals eine konkrete genetische Zuordnung von kohlenchemischen Komponenten bzw. Komponentengruppen für den Flözkomplex Bruckdorf im Raum Halle-Bitterfeld geliefert. Ausgehend von allgemeingültigem Wissensgut, ließen sich erwartungsgemäß die Merkmalsassoziationen der lithophil-klastogenen, der chemo-biogenen, der chemogenen und organogenen Gruppen aushalten. Die Ausgliederung der Gruppe der Komponenten SO₃, CaO, MgO - der organophil-chemogenen Gruppe erbringt neue Erkenntnisse über die näheren Bildungsbedingungen der Braunkohlen des Flözkomplexes Bruckdorf hinsichtlich des geochemischen Milieus im Stadium der Moorgenese bzw. der Torfbildung (Kap. 9). Dass sich die Komponentengruppe Na₂O, K₂O (infiltrative Gruppe) signifikant aushalten ließ, stellt im Zusammenhang mit der Herkunft dieser Oxide eine in dieser Deutlichkeit bisher nicht belegte Erkenntnis dar (Kap. 9).

9. Interpretation der Ergebnisse statistischer Untersuchungen und geologischer Sachverhalte, Schlussfolgerungen

Die in den vorangegangenen Kapiteln ermittelten kausalen Merkmalszusammenhänge markieren die Genese der Braunkohlen des Flözkomplexes Bruckdorf und charakterisieren den jetzigen Entwicklungsstand der einst im Moor angehäuften organo-mineralischen Masse. Ausgangspunkt für diese Entwicklung waren Meeresspiegelschwankungen und klimatischen Bedingungen, die die Herausbildung bestimmter Phytozönosen bedingten. Die konkrete fazielle Lage des Gebietes (küsten-nah) sowie das vorherrschende geotektonisches Regime ermöglichten die Akkumulation und Konservierung des organischen Materials. Der Charakter der Sedimentation wird im Untersuchungsgebiet durch das Vordringen und den Rückzug eines nördlich gelegenen Meeres bestimmt. Das Untersuchungsgebiet lag damals in einen Bereich südlich der maximalen Verbreitung des Obereozän-Meeres (Abb. 51, Abb. 10).

Die Abb. 51a und 51b stellen schematisch den Verlauf der obereozänen und früheren unteroligozänen Sedimentation mit der Entwicklung der Tertiärbasis und dem Zusammenspiel von Transgressionen und Regressionen dar.

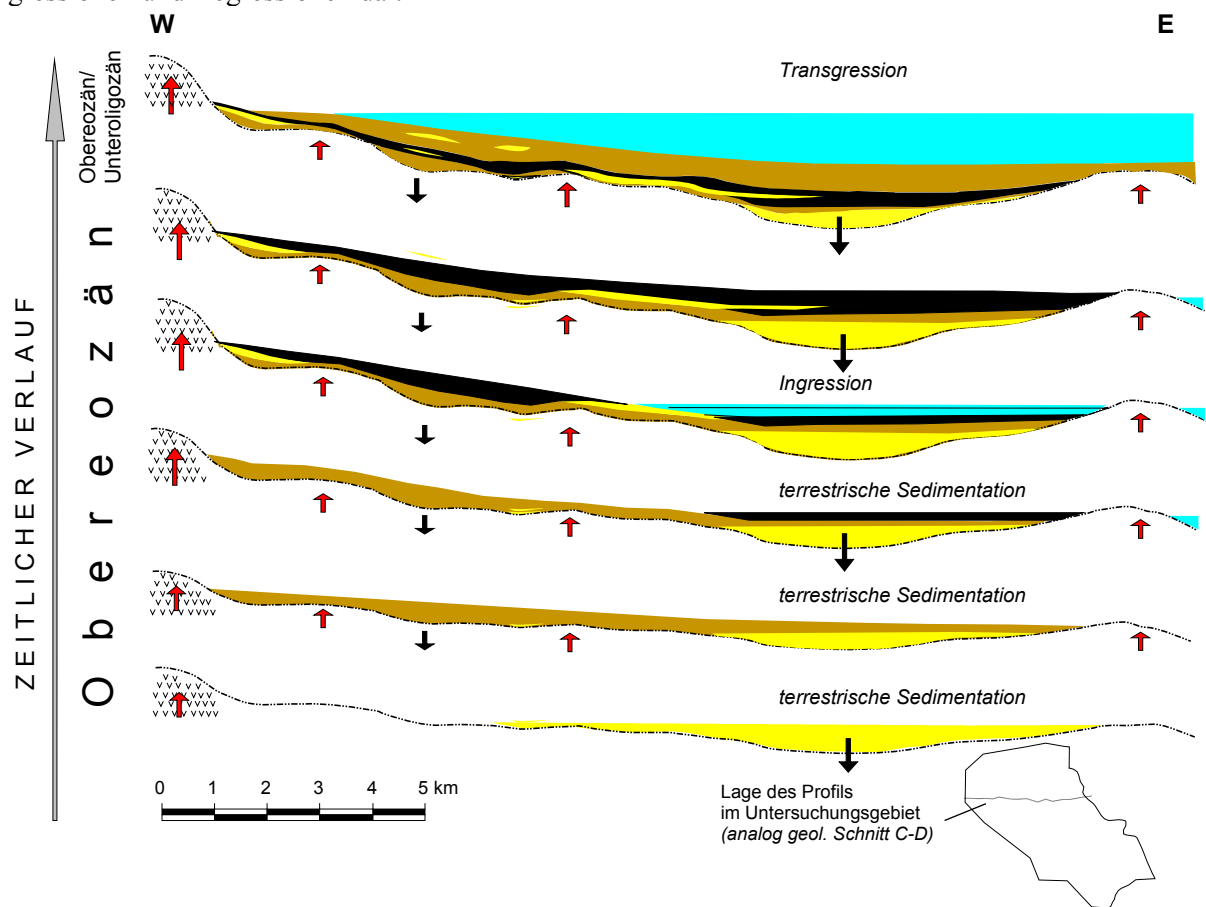


Abb. 51a: Entwicklung des Flözkomplexes Bruckdorf und seiner Begleitschichten (W-E-Profil)

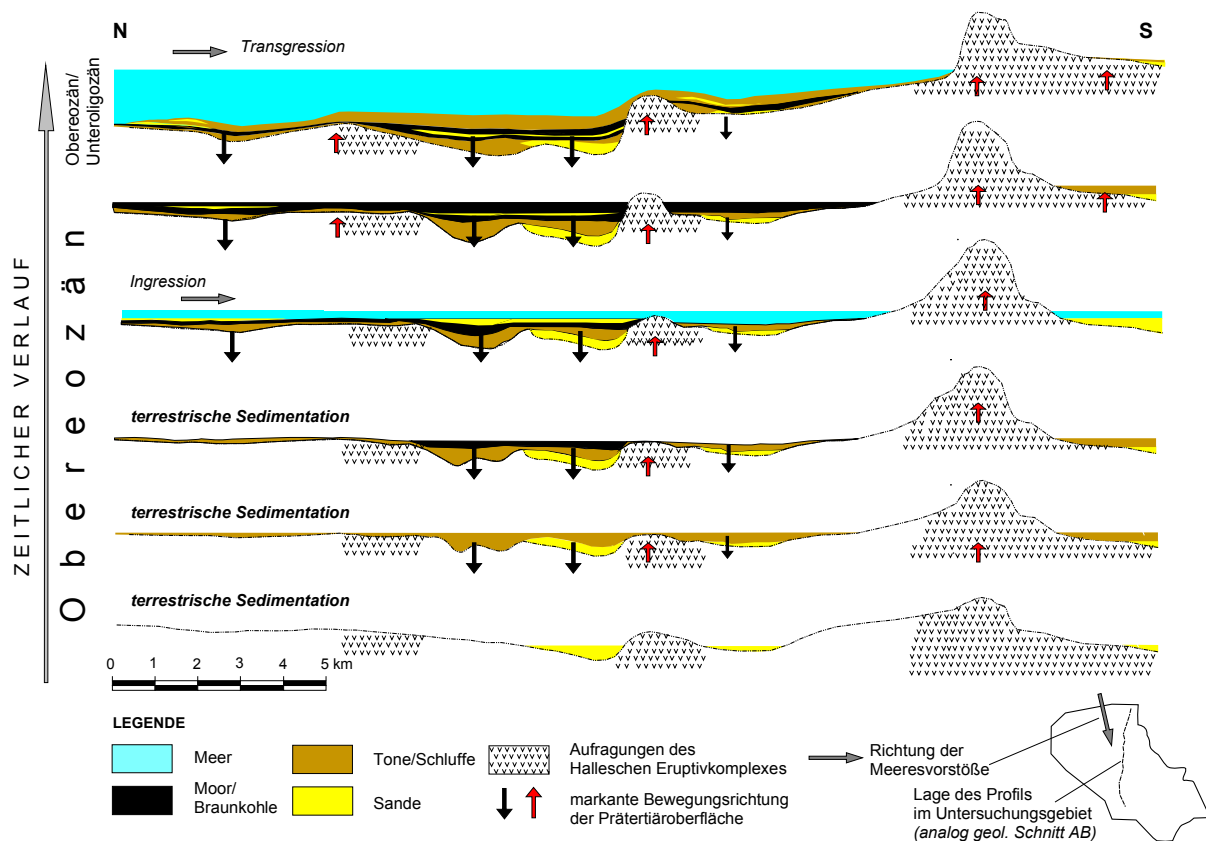


Abb. 51b: Entwicklung des Flözkomplexes Bruckdorf und seiner Begleitschichten (N-S-Profil)

Die rezente Flözmorphologie weist eine weitestgehende Konformität zum Relief der Prätertiäroberfläche auf. Die Flözmorphologie bzw. die Schichtdeformation in Abhängigkeit von der Prätertiäreliefform deutet darauf hin, dass auch nach Abschluss der Torfablagerung die krustalen Absenkungen nicht zum Stillstand kamen, welche die Zentren der im Obereozän einsetzenden Sedimentation (Abb. 6-9, 17, 50) bildeten.

Die geologisch-tektonischen Verhältnisse im präkanozoischen Untergrund lassen die hauptsächlich tektonische Anlage der lokalen tertiären Sedimentationsräume gut erkennen. Dies drückt sich in der weitgehenden Deckung der herzynischen Streichrichtung von tektonischen Störungen und der ebenfalls in vorwiegend herzynischer Richtung streichenden Hauptbeckenachsen aus. (Abb. 5, 12-15, Anl. 7). Die Genese des heute vorliegenden Paläoreliefs des Untergrundes lässt sich dementsprechend in geomorphologischer Hinsicht gut mit Hilfe einzelner Elemente der Schollenstruktur sowie den geophysikalischen Eigenschaften der anstehenden Gesteine erklären (Abb. 4, Anl. 7). Besonders deutlich ist dies an den z. T. zu Tage tretenden Rhyolithaufragungen (Aufragungen von Löbejün-Petersberg-Landsberg-Zwochau; Quetzer Berg, Aufragung südlich von Zörbig) zu erkennen. Diese Aufragungen bilden als Härtinge inselbergartige Strukturen.

Das Erscheinungsbild der Braunkohlen des Flözkomplexes Bruckdorf ist gekennzeichnet durch eine massive Textur, eine damit verbundene mikropetrographische Dominanz detritischen Materials in amorpher Grundmasse sowie eine extreme Armut an intakten Gewebefragmenten. Deshalb lassen sich hier auch nur Lithotypen nach farblichen Gesichtspunkten (Gelbe und Braune Kohlen) sowie ihre Varietäten mit höheren Gehalten mineralischer Verunreinigungen aushalten. Die räumliche Verteilung mineralischer Substanz zeigt summarisch (Abb. 25-29) höhere Konzentrationen in den faziellen Randbereichen des Flözausgehenden (Abb. 52) sowie in den unmittelbaren Bereichen der Hangend- und Liegendkontakte der Flöze bzw. Flözbänke (Anl. 4). In den Braunkohlen kam es dort verstärkt zur Anreicherung mineralischer Komponenten aus dem sie überdeckenden Nebengestein. Die höheren Anteile mineralischer Substanz in den genannten marginalen Flözbereichen sind vorrangig siliziklastischer Natur.

In den Flözteilen, wo die nicht verunreinigten braunen und gelben Lithotypen anstehen, ist eine Dominanz von CaO und SO_3 gegenüber den Komponenten zu beobachten, die in Zusammenhang mit alumosilikatischen Mineralen stehen. Röntgendiffraktometrische Untersuchungen an unveraschten und veraschten Proben des Bruckdorfer Flözkomplexes ergaben Gehalte von Quarz und untergeordnet von Illit, Kaolinit, Pyrit, Hämatit und Gips. In den unveraschten Proben niedriggaschiger Braunkohlen wurden als Hauptbestandteile meist Quarz und röntgenamorphe Anteile ausgewiesen. In den dazugehörigen veraschten Probenduplikaten wurden dann die gleichen Quarzanteile und zusätzlich große Anteile von Anhydrit nachgewiesen (Anl. 6). Dieser Sachverhalt stützt ausgezeichnet die Ergebnisse der mathematisch-statistischen Analyse. Es konnten im Ergebnis der Korrelationsanalyse, der Faktorenanalyse und der Clusteranalyse die Gruppe der Komponenten CaO , MgO und SO_3 als organophile Komponenten ausgewiesen werden. Das heißt, dass die Ergebnisse der Röntgendiffraktometrie einen deutlichen Hinweis auf die Bindungsform dieser Komponenten innerhalb der Kohlesubstanz geben. Das weitgehende Fehlen von Kalziumkarbonaten und -sulfaten (Kalzit, Gips, Anhydrit) bzw. ihre mengenmäßig äußerst untergeordnete Rolle innerhalb der Braunkohlensubstanz lassen den Schluss zu, dass diese Komponenten Bestandteil der organischen Moleküle (z. B. unlösliche Kalziumhumate) sind, die am Aufbau der mikropetrographisch nachgewiesenen amorphen Grundmasse beteiligt sind. Die Fixierung der erdalkalischen Elemente in die organische Substanz kann deshalb nur über die Absorption vom vorhandenen Dargebot dieser Elemente durch die organische Masse aus der Lösung (Moorwässer) heraus vonstatten gegangen sein.

Für die Gehaltsverteilung der Elemente Natrium und Kalium (als $\text{Na}_2\text{O}_{\text{ges.}}$) kann eine gewisse Konformität zum Relief der Prätertiäroberfläche und auch zur Flözmorphologie konstatiert werden (Abb. 29, Abb. 52). Aus den Darlegungen in den Kapiteln 7.3 und 8.3 über die Natrium- und Kaliumgehalte geht hervor, dass diese Elemente ebenfalls in gelöster Form u. a. auch über Meerwässer in das Moor bzw. in das Braunkohlenflöz gelangt sein können. Dabei wurde zumindest ein Teil der Alkalimetalle genau wie die Erdalkalimetalle durch die organische Substanz absorbiert und ebenso in ihr über molekulare Bindungen fixiert. Im Untersuchungsgebiet belegen diesen Bildungsmechanismus auch die Untersuchungsergebnisse von BLUMENSTENGEL (in SPANGENBERG et al. 1984, HARTMANN et al. 1988). Hier konnte innerhalb der Braunkohlenflözkomplexe (in Zwischenmitteln) Mikrofauna mariner Herkunft nachgewiesen werden. Auch die Beobachtungen von SOMMERWERK (1990), aus denen für das Gebiet des Tagebaues Merseburg-Ost das Vorkommen sandiger Wattsedimente im unmittelbaren Hangenden des Flözkomplexes hervorgeht, zeugen von einem direkten Kontakt des Flözkomplexes mit marinen Wässern (s. auch BALASKE 1999). Außerdem spricht das in Kap. 6.4 aufgezeigte Chlor-Brom-Verhältnis in den Grundwässern des Flözliegenden für eine marine Genese. Hinzu kommt, dass die von tertiären Sedimenten überdeckten Gesteine der prätertiären Oberfläche fast flächendeckend z. T. sehr tiefgründig verwittert sind. Die tonige Verwitterungsdecke weist Mächtigkeiten zwischen 15 m bis über 40 m auf (BÖTTGER 1992). Im Untersuchungsgebiet und seiner näheren Umgebung sind im Bereich der prätertiären Oberfläche keine Gesteine nachgewiesen worden, die dem Zechsteinsalinar direkt oder indirekt zuzuordnen wären (Anl. 7). Zu Beginn der Entstehung des tertiären Grundwasserstockwerkes mit dem Einsetzen der Sedimentation im Obereozän erscheint eine Speisung der Grundwässer aus dem prätertiären Untergrund (Zechstein) aufgrund seiner geringen Durchlässigkeit als nicht wahrscheinlich. Eine Speisung der sich neubildenden Grundwässer (also auch der Moorwässer) aus Niederschlagswässern, Oberflächengewässern und Meerwässern ist demgegenüber sehr viel wahrscheinlicher. Im Gebiet südlich der Halleschen Störung im Bereich des Merseburger Reviers und im Geiseltal (HÜBNER et al. 1980) sowie im Gebiet der Egelner Mulde (ZIEGENHARDT et al. 1967 und 1972) ist jedoch die Herkunft der Alkalien in den Braunkohlenflözen zweifellos zechsteinzeitlich.

Im Ergebnis der statistischen Untersuchungen (Kap. 8) wird eine signifikant unterschiedliche sehr inhomogene Verteilung von Kalium in den gelben gegenüber den braunen Lithotypen nachgewiesen. K_2O hat in den Gelben Kohlen keinerlei korrelative Beziehungen zu den anderen untersuchten Stoffen. Na_2O weist nur in den Gelben Kohlen höher signifikante Korrelationen mit CaO und MgO auf. Dies wirft Fragen hinsichtlich der hydrogeologischen bzw. hydrochemischen Verhältnisse in der Moorphase auf. Offensichtlich hängt die Bänderung der Braunkohlen im Flözkomplex Bruckdorf damit zusammen. Die Bänderung kann dadurch entstehen, dass oberflächlich anstehende Moorbereiche über längere Zeiträume oberhalb des Grundwasserspiegels lagen und somit atmosphärischen Einflüssen ausgesetzt waren. So konnten außer den Inertiten und den lipoiden Stoffen alle Mikrokomponenten der Torfe zersetzt und ausgetragen werden. Nach der Elution dieser Stoffe kann dann eine Anreicherung der migrierten Substanzen in den unterhalb des Wasserspiegels befindlichen Moorbereichen erfolgen, wo anaerobe Verhältnisse vorherrschen. Damit lässt sich die relative Armut an-

organischer Substanzen in den Gelben Kohlen gut in Einklang bringen. Die Braunen Kohlen erfahren dagegen eine Anreicherung aller untersuchten anorganischen Substanzen mit Ausnahme von Titan. Offensichtlich wird von den untersuchten Stoffen ausschließlich Titan in den Gelben Kohlen festgehalten. Die Erklärung ist darin zu suchen, dass Titan einerseits wie auch andere Elemente (z. B. Aluminium, Kalzium u. a.) zur Komplexbildung unter dem Einfluss organischer Substanzen neigt und andererseits eben diese Titanverbindungen bevorzugt in den Gelben Kohlen verweilen.

Durch ein zeitweises Vordringen bzw. Eindringen von Meerwasser kommen die destruierten Moorbereiche zuerst mit den höher mineralisierten Wässern aus dem Meer in Kontakt, so dass primäre Anreicherungen aller möglichen Wasserinhaltsstoffe in den Gelben Kohlen erfolgen konnten. Der Effekt der inhomogenen Kaliumverteilung verstärkt sich dadurch, dass die Gelben Kohlen eine etwas effektivere Falle für Kalium aufgrund seines großen Atomradius darstellen. Dabei geht die Stoffmigration in vertikaler Richtung im Braunkohlenstadium weiter, so dass sich final eine vertikale Zonalität der Gehaltsverteilung von beispielsweise Titan, Natrium und Aluminium einstellt. Diese Vorstellung lässt sich auch damit in Übereinstimmung bringen, dass die moorwasserbildenden Grundwässer über eine hydraulische Verbindung direkt vom Meereswasser ohne ein „Eindringen von oben“ beeinflusst werden können. Auch auf diese Weise hätten alle im Meerwasser gelösten Inhaltsstoffe Zugang zu den Moorwässern gefunden.

Die vergleichsweise hohen Gehalte des Gesamtschwefels im Flöz können in der Summe nicht aus der im Moor angehäuften organischen Substanz stammen, da die pflanzliche Substanz bedeutend geringere Gehalte an organischem Schwefel aufweist (WOITKJEWITSCH et al. 1995). Es ist deshalb nahe liegend, dass der gesamte Schwefel der Braunkohlen seinen Ursprung in den gelösten Sulfaten aus dem mit dem Moor in Kontakt getretenen Grundwässern hat. So konnte der überwiegende Schwefelanteil bereits im Moorstadium in das Flöz integriert werden. Im Ergebnis der unter bakterieller Beteiligung anaerob verlaufenden Sulfatreduktion konnte der Schwefel atomar in den organischen Molekülverband gelangen bzw. sich in die Endprodukte der Reduktionsreihe wie Sulfide (Pyrit) und Schwefelwasserstoff (H_2S) umwandeln (BRINKMANN 1977, BROWN et al. 1995). Der größte Anteil des Schwefels in den Braunkohlen liegt bei dem in der Elementaranalyse bestimmten verbrennlichen Schwefel. Geringere Anteile verteilen sich auf den in Sulfat- und Sulfidform vorliegenden Schwefel.

Die mit Pyrit verbundenen Eisenkonzentrationen entstammen ebenfalls den Moorwässern. Das nicht an Sulfide gebundene Eisen kann sich auch wie die bisher beschriebenen Stoffe in die organischen Moleküle einlagern. Eisen bildet bereits in der Moorphase mit Huminstoffen komplexe mobile Verbindungen. Ein anderer Teil des Eisens kann auch aus Wässern im Liegenden und Hangenden des Flözes von den Braunkohlen noch während des Braunkohlenstadiums absorbiert werden. Die Aussagen zur Stoffgruppe der Schwefelverbindungen sowie zum Eisen lassen sich gut durch die Ergebnisse besonders der Korrelationsanalyse untermauern.

Die bisher getroffenen Aussagen über die anorganischen Komponenten lassen erkennen, dass der überwiegende Teil der in den reinen Lithotypen nachgewiesenen Komponenten eng mit der organischen Substanz verzahnt ist, ohne dass es zu stärkeren Konzentrationen eigener Minerale gekommen ist. Das ändert sich mit zunehmendem Aschegehalt und äußert sich im größer werdenden Anteil alumosilikatischer klastogener Mineralkörner unterschiedlichster Korngrößen.

Die röntgendiffraktometrisch nachgewiesenen Quarzanteile und die akzessorischen Minerale Illit und Kaolinit sind bei den zur Untersuchung gelangten Proben mit großer Sicherheit mit den Karbomineraten assoziiert (Anl. 6). Deshalb kann es sich bei den genannten Mineralen auch um authigene Sekundärbildungen handeln. Das schließt natürlich nicht die Bildung dieser Minerale als primäre terogene siliziklastische Komponenten aus (s. makropetrographische Beschreibung, Kap. 7.2.1).

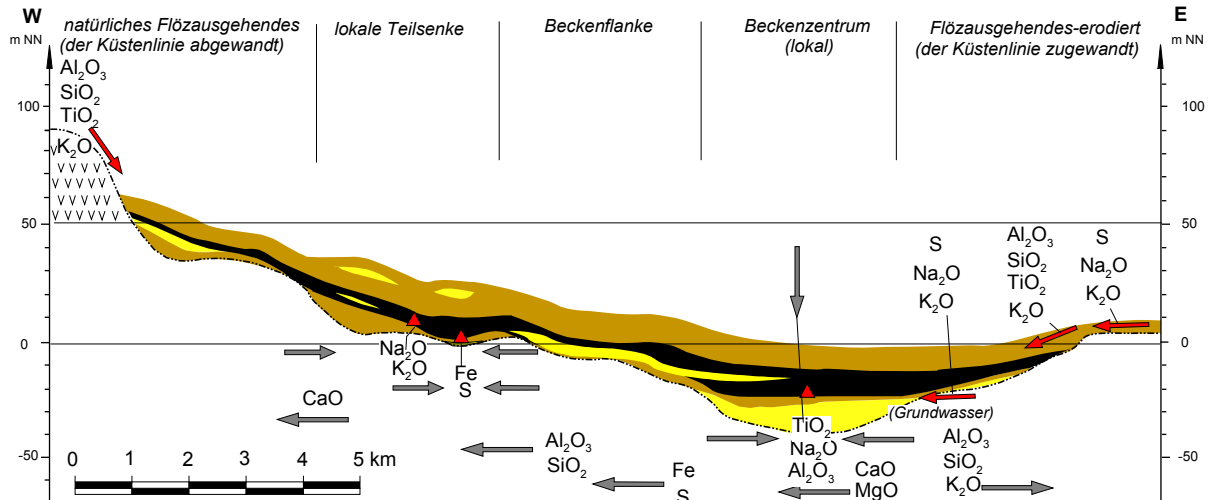


Abb. 52a: Fazies der Makroelemente im Flözkomplex Bruckdorf (W-E-Profil)

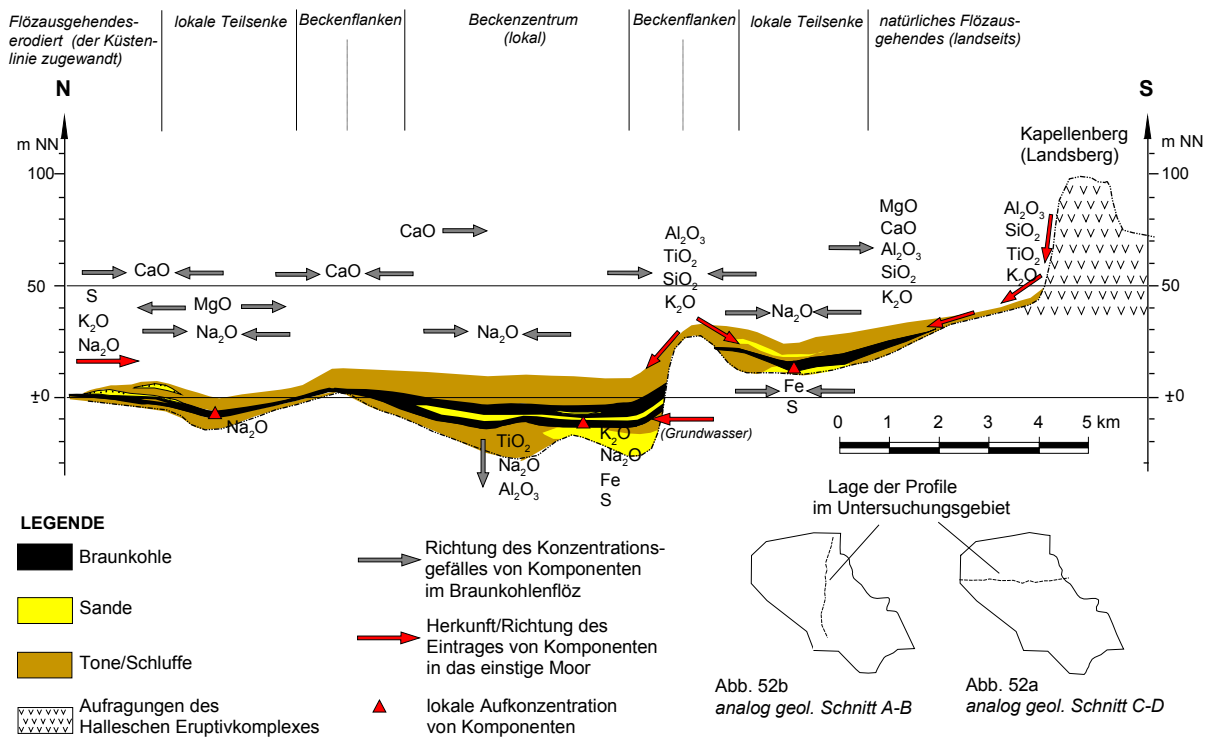


Abb. 52b: Fazies der Makroelemente im Flözkomplex Bruckdorf (N-S-Profil)

Die Abb. 52a, 52b illustrieren alle bisherigen Darlegungen über die Verteilung der anorganischen Hauptkomponenten am Beispiel der schematischen geologischen Schnitte A-B und C-D (Abb. 6, 7).

Unter Zuhilfenahme verschiedener Quotienten von anionär zu kationär gebundenen Oxiden sowie der Summe der Alkalien zur Summe der Erdalkalien (Tab. 30) werden weitere Möglichkeiten zur Klärung genetischer Fragen der Bildungen der Braunkohlen des Flözkomplexes Bruckdorf genutzt.

Tab. 30: Koeffizienten zur geochemischen Charakterisierung des Bildungsmilieus der Elemente der Braunkohlenformation des Flözkomplexes Bruckdorf

Koeffizient	Braune Kohle	Gelbe Kohle	mineralisch verunreinigte Kohle	kohlige Nebengestein			
				gesamt	Liegend-schichten	Zwischen-mittel	Hangend-schichten
$\frac{\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3}{(\text{MgO} + \text{CaO} + \text{Fe}_2\text{O}_3)}$	0,76	0,85	4,62	14,60	18,00	16,80	12,20
$\frac{(\text{Na} + \text{K})}{(\text{Ca} + \text{Mg})}$	0,23	0,23	0,27	0,61	0,50	0,62	0,62

Das Verhältnis der Summe von SiO_2 und Al_2O_3 zur Summe der Erdalkalimetalle und Eisen drückt den Reduktionsgrad der Kohlen aus. Ist das Verhältnis geringer als 1, so handelt es sich um wenig destruierte Kohlen, fällt es größer als 1 aus, so sind die Kohlen hochdestruiert. Außerdem ist das Verhältnis ein Maß für den Anteil von allochthonen Bestandteilen innerhalb der Gesamtasche. Der Quotient ist vorrangig innerhalb eines Kohlebeckens für Bildungen mit ähnlichen Aschegehalten anwendbar (KIRJUKOV 1979). Entsprechend den berechneten Koeffizienten sind die Braunen und Gelben Kohlen, insgesamt betrachtet, wenig destruiert. Der Destruktionsgrad der Gelben Kohlen ist erwartungsgemäß etwas höher als bei den Braunen Kohlen. Der etwas größere Koeffizient bei den Gelben Kohlen zeugt gleichzeitig von einem wenig höheren Anteil klastogener Komponenten aluminosilikatischer Minerale. Das lässt sich damit erklären, dass die Torfsubstanz, aus der die gelben Straten hervorgingen, länger den Bedingungen im oberen Bereich des Moores ausgesetzt war. Es handelt sich hier um den Teil des Moores, wo Einträge von Mineralpartikeln äolisch oder über Oberflächenwässer direkt in Kontakt mit der organischen Masse treten konnten. Die Größen der Koeffizienten für mineralisch verunreinigte Kohlen und für das kohlige Nebengestein belegen die hohen Anteile klastogener Bestandteile der Aschen gegenüber den reinen Lithotypen.

Mit Hilfe des Verhältnisses der Summe der Alkalimetalle Natrium und Kalium zur Summe der Erdalkalimetalle Kalzium und Magnesium (WERNER 1954, 1958) können Aussagen über die hydrofazielle Position der entsprechenden Bildungen getroffen werden. Ist das Verhältnis kleiner als 0,6, so entstand das Sediment im Süßwassermilieu. Liegt der Koeffizient über 0,6, so befindet sich der Bildungsraum in brackischer bis mariner Fazies (IVANOV et al. 1985, KIRJUKOV 1979, 1989). Aus den berechneten Werten (Tab. 30) geht erwartungsgemäß hervor, dass die Braunkohlen primär mit dem Süßwassermilieu in Verbindung stehen. Die Deckschichten des Flözkomplexes sowie die kohlefreien Zwischenmittel weisen dagegen Anzeichen einer zumindest brackisch beeinflussten Genese auf. Die Liegendsedimente sind terrigener Genese. Dies geht konform mit den oben getroffenen Schlussfolgerungen zur Anreicherung verschiedener anorganischer Substanzen im Flöz.

Die im Kapitel 9 getroffenen Aussagen untermauern, dass die Braunkohlen des Flözkomplexes Bruckdorf im küstennahen Raum entstanden, wo das Moor auch kurzzeitig dem direkten Einfluss von Meerwasser ausgesetzt gewesen sein konnte. Eine rein limnische Bildungsweise ist ausgeschlossen. Die stratigraphische Stellung des Flözkomplexes im Profil des Lockergesteinsstockwerkes, welches den zyklischen Verlauf der Sedimentation im Känozoikum abbildet, lässt andererseits, unabhängig von anderen Untersuchungen, nur den Schluss über eine paralische Genese des Flözkomplexes zu.

Der Flözkomplex Bruckdorf ist ein Bestandteil eines großen Komplexes känozoischer Lockergesteine. Sie entstanden im Rahmen großregional zyklisch verlaufender Sedimentationsprozesse. Ebenso wie der Flözkomplex Bruckdorf markieren die anderen im Profil anstehenden Flöze und Flözgruppen bestimmte lithogentisch-fazielle Positionen innerhalb der Sedimentationszyklen. Durch ihr mehrmaliges Auftreten und die sich wiederholende Art und Weise ihrer Einbettung (Liegendsschichten/ Flözbänke/Hangendschichten) in das Schichtprofil belegen sie den zyklischen Charakter der Sedimentation. Ausgehend von dieser Zyklizität kann mit Bestimmtheit gefolgert werden, dass sich im zyklischen Verlaufe der Sedimentation immer wieder fazielle Bedingungen einstellten, die für alle vorliegenden Sedimentationszyklen an den jeweiligen Positionen im Profil sehr ähnlich waren bzw. generalisiert als gleich anzusehen sind. Dies bedeutet, dass sich die allgemeinen genetischen Bedingungen der Torfablagerung und Flözbildung vom Eozän bis zum Miozän grundsätzlich nicht voneinander unterscheiden. Das heißt, wenn in dem gesamten genetisch zusammengehörenden Lockergesteinskomplex für einen Flözkomplex im konkreten Falle eine paralische Genese festgestellt wurde,

so sollte das auch für die anderen im Profil vorkommenden Flöze und Flözgruppen gelten. Vorgefundene Unterschiede innerhalb der Flözgruppen sind dann lediglich auf die jeweilig unterschiedlichen klimatischen Bedingungen der Entwicklung und Akkumulation pflanzlichen Materials, auf das unterschiedliche Dargebot klastogener Materialien, auf den möglicherweise unterschiedlichen Charakter der die Torfkörper und Braunkohlenflöze kontaminierenden Wässer sowie auf die unterschiedlichen geomorphologischen Ausgangsbedingungen zurückzuführen.

Zusammenfassung der Ergebnisse

1. Die Anlage des lokalen Sedimentationsraumes für den Flözkomplex Bruckdorf ist tektonischer Natur (Prägung erster Ordnung). Die lokale Flözbildung erfolgte in einer Senke, deren Hauptachse NW-SE streicht und ein Element zweiter Ordnung darstellt.
2. Mit der paläogeographischen Einordnung des Gebietes wird die fazielle Situation und der Charakter der Sedimentation im Untersuchungsgebiet erklärt. Das Gebiet erweist sich als Raum im Einflussbereich häufiger Meeresspiegelschwankungen.
3. Die Untersuchung der Verteilung der Salzgehalte (Na_2O -Gehalte) ergab, dass sich die Gehaltsmaxima in Gebieten maximaler Absenkungsbeträge der prätertiären Oberfläche, in Gebieten mit maximalen Flözmächtigkeiten sowie in Zentren lokaler, relativ isolierter Randbecken konzentrieren.
4. Die Korrelations- und Faktorenanalyse lieferten den Beweis für eine Erhöhung der Gehalte von TiO_2 , Na_2O und untergeordnet Al_2O_3 mit zunehmender Teufe, die sich besonders in den Braunen Kohlen zeigt. Die Stützung mikropaläontologischer und lithologisch-fazieller Befunde aus dem Bereich der Braunkohlenformation durch Untersuchungsergebnisse des Chlor-Brom-Verhältnisses der Grundwässer im Liegenden und Hangenden des Flözkomplexes mit einem Quotienten zwischen 300 und 400 sowie der Mengenbestimmung des chlorionisch gebundenen Natriums in den Braunkohlen legen die Beeinflussung des Grundwassers durch fossile Meereswässer nahe. Eine Zufuhr von Natrium aus hochmineralisierten Zechsteinwässern wird ausgeschlossen. Die Natriumanreicherung erfolgte sowohl über zeitweilige Meerwasserzutritte in den Bereich des Moores als auch über hydraulische Verbindungen mit dem Meer. Natrium- und Chloridionen reicherten sich dabei unter der Wirkung gravitativ-konvektiver Strömungsvorgänge und von Diffusionsprozessen im Moor an.
5. Kalium ist in den Gelben Kohlen äußerst inhomogen verteilt. Die inhomogene Kaliumverteilung in Gelben Kohlen hängt sehr wahrscheinlich mit seinem großen Ionenradius zusammen.
6. Es besteht ein Zusammenhang zwischen dem Verteilungscharakter der Alkalimetalle Natrium und Kalium in den Braunkohlen des Bruckdorfer Flözkomplexes und dem Wechsel von Gelben und braunen Lithotypen. Dieser Zusammenhang ergibt sich aus der Wirkung der Aerationzone, die den Bereich der Schwankung des Grundwasserspiegels mit einschließt. Hier können Natrium und Kalium durch Meerwasserinfiltration direkt in den Torfkörper gelangen. Gleichzeitig mussten aber auch im oberen Bereich des Moores die Bedingungen dafür erfüllt sein, dass Huminstoffe ausgebracht werden können. Tatsächlich kam es ja zu einer Anreicherung lipoider Stoffe, durch deren höhere Konzentration sich eben die gelben Lithotypen der Braunkohlen auszeichnen. Diese Bedingungen werden innerhalb der Aerationzone des Moores oberhalb des Grundwasserspiegels angetroffen. Innerhalb dieser Aerationzone, können Elutions- und Ilutionsprozesse in der Torfmasse effektiv stattfinden. Im Bereich der destruierten Straten wurde Kalium aufgrund seines großen Atomvolumens bevorzugt gegenüber allen anderen untersuchten Stoffen fixiert. Eine Ausnahme bildet Titan, welches sich als einziges anorganisches Element in den Gelben Kohlen anreicherte. Für Titan ist eine bevorzugte Fixierung in den Gelben Kohlen über die Bildung metallorganischer Komplexe offensichtlich.

7. Das Vorhandensein und die Lage der Aerationszone müssen sich auch in der Verteilung der Schwelteerausbeuten widerspiegeln. Das tatsächliche Verteilungsbild zeigt, dass Bereiche mit Konzentrationsmaxima entlang der Flankenbereiche der Senken des Prätertiärreliefs auftreten. Die Destruktionsprozesse, die im Endeffekt zur Bildung von gelben Straten führen, verlaufen intensiver in den Bereichen, wo häufiger Wasserspiegelschwankungen auftreten. In den zentralen Beckenbereichen sind die Schwankungen des Wasserspiegels deutlich geringer und führen zur Vorherrschaft anaerob verlaufender Prozesse, die ihrerseits die Entstehung brauner Lithotypen implizieren.
8. Die Verteilung der Gesamtschwefelgehalte, der Schwefelgehalte in Sulfiden und Sulfaten sowie der Gehalte organisch gebundenen Schwefels weist auf eine generelle Abreicherung im Zentrum des Beckens mit maximalen Tieflagen der Flözbasis hin. Dagegen steigen die Schwefelgehalte nach Südwesten in Richtung des natürlichen Flözausgehenden. Diese Tendenz hängt mit der Vorherrschaft eines stark reduzierenden Milieus besonders in den Tieflagen des Beckens zusammen. Die Reduktion des Sulfatdargebotes erfolgte durch unter anaeroben Bedingungen lebende Bakterien.
9. Ein wesentliches Ergebnis der eingehenden mathematisch-statistischen Analyse stellte die Typisierung der kohlenchemischen organischen und anorganischen Kennwerte dar. So konnten die Hauptgruppen der lithophil-klastogenen (Si, Al, Ti), der chemo-biogenen (organischer Schwefel, Sulfide), der chemogenen (Sulfatschwefel), der organophilen (organophile-infiltrative -Na, K; organophil-chemogene- Sulfate, Ca, Mg;) und der organogenen (C, H, O, Schwelteer, Bitumen) Komponenten ausgliedert werden.
10. Eine kombinierte Interpretation der Ergebnisse der mathematisch-statistischen Untersuchung der kohlenchemischen Parameter mit den Ergebnissen der röntgendiffraktometrischen Analytik an veraschten und unveraschten Braunkohlenproben erlaubt die Aussage, dass der Großteil der aschebildenden Elemente innerhalb der wenig durch klastogene Komponenten verunreinigten Braunkohlen nicht an rein mineralische Stoffe gebunden ist. Die anorganischen Komponenten sind in unterschiedlichsten molekularen Formen und Bindungen in die organische Masse eingebettet. Die Verteilung der Aschebildner zeugt von ihrer hauptsächlich syngenetischen Entstehung bereits im frühen Moorstadium.
11. Die insgesamt hohen Gesamtschwefel- und Kalziumgehalte, die aus den Daten der Hauptkomponentenanalyse erhaltenen verschiedenen faziesanzeigenden Koeffizienten, geologische, stratigraphische und paläogeographische Kriterien weisen deutlich auf eine küstennahe fazielle Position des ursprünglichen Moores hin. Es handelt sich um organogene Sedimente, bei denen eine direkte marin-geochemische Beeinflussung erfolgte. Die Bruckdorfer Braunkohlenflöze sind paralische Flöze.

10. Offene Fragestellungen, Ausblick

Im Rahmen der Arbeiten konnte nicht geklärt werden, welcher konkrete Anteil an der Herausbildung der tertiären Sedimentabfolge auf tektonische Bewegungen und eustatische Meeresspiegelschwankungen entfällt. Es ist auffällig, dass in der neueren Literatur zum Tertiär fast ausschließlich der Wirkung eustatischer Meeresspiegelschwankungen der Vorrang als auslösender Faktor großräumiger Akkumulation und Abtragung von Sedimenten gegeben wird. Die Meeresspiegelschwankungen werden vorrangig mit Klimaänderungen in Zusammenhang gebracht. Dagegen gelten tektonische Bewegungen in allen älteren Zeitaltern wie beispielsweise der Kreidezeit als faziesverändernder Faktor nach wie vor als unbestritten.

Die Dichte paläontologischer bzw. mikropaläontologischer Untersuchungen zur sicheren altersmäßigen Einstufung bestimmter lithologischer Einheiten besonders in den Bereichen des Obereozäns und dem Übergang zum Oligozän ist nicht ausreichend.

Spezielle Untersuchungen an Sedimenten und Grundwässern des Hüllstockwerkes zur Klärung genetischer Fragen fehlen im Untersuchungsgebiet fast vollständig.

Der Umfang mikropetrographischer Untersuchungen an den Braunkohlen des Flözkomplexes Bruckdorf ist sehr spärlich. Umfassende direkte Rückschlüsse auf die klimatischen Bedingungen im Obereozän und die Entwicklung von Phytozönosen sind anhand der vorhandenen Untersuchungsergebnisse nicht möglich. Bei derartigen Betrachtungen wird eher in Analogie auf die detailreichen Erkenntnisse beispielsweise aus dem Geiseltal zurückgegriffen.

Für künftige weitere Arbeitsrichtungen und Untersuchungen werden folgende Vorschläge unterbreitet:

Im Untersuchungsgebiet liegen für alle in den 1980-er Jahren geteufte Kernbohrungen über das gesamte vertikale Profil Körnungsanalysen sowie bohrlochgeophysikalische Messkurven vor. Dies betrifft eine Anzahl von mindestens 590 Bohrungen, die das Hüllstockwerk durchteufte. Das entspricht einer Bohrungsdichte von ca. 2,5 Bohrungen je km². Durch die Einbeziehung bohrlochgeophysikalischer Messergebnisse aus Bohrungen der SDAG Wismut könnte die Untersuchungsdichte noch um ein Vielfaches erhöht werden. Die Daten können für eingehende fazielle Untersuchungen genutzt werden. Diese Arbeiten sollten mit zusätzlichen mineralogischen (einschließlich Schwermineralanalysen) sowie mikropaläontologischen Analysen der Sedimente komplettiert werden. Die Ergebnisse derartiger Untersuchungen würden einen wichtigen Beitrag zur Klärung der paläogeographischen Verhältnisse und der geologischen Entwicklungsgeschichte darstellen.

Zur weiteren Einschätzung der Rolle tektonischer Bewegungen sollten neueste Daten des Feinreliefs der Erdoberfläche möglicherweise auch unter Nutzung spezieller Kosmographien herangezogen und mit den hier dargestellten Sachverhalten abgeglichen werden.

Für die Klärung der Genese der Grundwässer wäre die Bestimmung der Brom-Jod-Verhältnisse von großer Bedeutung. Mit Hilfe dieses Koeffizienten ist die Klärung der Herkunft (marin oder nicht marin) der Wässer leicht möglich. Diese Untersuchungen können an Grundwasserproben aus vorhandenen älteren und neueren Grundwassermessstellen vorgenommen werden. Die Bestimmung dieses Koeffizienten in Kombination mit mikropaläontologischen Untersuchungen besonders im Liegenden, Hangenden und innerhalb der Flözkomplexe würden weitere konkrete Erkenntnisse über die faziellen Bedingungen nahe den Zeiten der Moorbildungsphasen liefern.

Aus der Untersuchung der Bindungsformen besonders der Makroelemente Al, Mg, Na, K, Ca und Ti in Verbindung mit Untersuchungen an den Porenwässern der Braunkohlen (einschließlich organischer Komplexverbindungen) würde sich ein wichtiger Beitrag zur Wechselwirkung zwischen den Systemen der organo-mineralischen Substanz der Braunkohlen und ihrer wassererfüllten Porenräume ergeben (COHEN et al. 1991).

Nähere weitere Untersuchungen der Schwefelbindungsformen sowie Untersuchungen verschiedener Schwefelisotopen (BORG et al. 2000) könnten Erkenntnisse über die Genese des Schwefels (organisch/anorganische) vertiefen.

Mit Hilfe moderner Verfahren und Aufbereitungstechniken sollten gezielte mikropetrographische Untersuchungen an den obereozänen Braunkohlen durchgeführt werden. Material für diese Untersuchungen kann unkompliziert beispielsweise aus dem laufenden Tagebau Amsdorf (Romonta GmbH) gewonnen werden. (Das Amsdorfer Hauptflöz stellt ein altersmäßiges Äquivalent zum Flöz Bruckdorf dar.) Auch aus aktuellen Bohrungen im Stadtgebiet von Halle, die ständig in allen möglichen Zusammenhängen anfallen, kann entsprechendes Material entnommen werden. Die mikropetrographischen Untersuchungen würden viele neue Fakten liefern und den Kenntnisstand über die Pflanzengesellschaften im Obereozän vertiefen.

11. Literatur

- ABBT-BRAUN, G. (1987): Untersuchungen zur Struktur isolierter Huminstoffe-Allgemeine Charakterisierung und massenspektrometrische Bestimmung.– Diss.; Universität München.
- ADRIANOVA, O. S. & KIRJUKOV, V. V. (1965): Coal atlas of the South-Urals brown-coal basin.– Geological Survey of the RSFSR, Leningrad Mining Institut; 75 p.; Moscow.
- ALISCH, U. (1987): Die Sedimentationsentwicklung vom höheren Oberoligozän bis zum Untermiozän im Raum Leipzig-Bitterfeld - Ein Beitrag zur komplexen petrologischen, stofflichen und genetischen Kennzeichnung des Bitterfelder Flözhorizontes.– Diss., 99 S.; Bergakademie Freiberg [unveröff.].
- ALISCH, U. (1990): Die moorfazielle Entwicklung des Bitterfelder Flözhorizontes in seinem südlichen Verbreitungsgebiet.– Z. geol. Wiss., **18**: 875-881; Berlin.
- BACHMANN, G.H., EHLING, B.-C., EICHNER, R. & SCHWAB, M. (Hrsg.): Die Geologie von Sachsen-Anhalt.– Stuttgart (Schweizerbart, in Vorbereitung).
- BALASKE, P. (1999): Die marin beeinflussten Sande im Tertiär von Nachterstedt-Schadeleben in der östlichen Subherzynen Senke.– Hall. Jb. Geowiss., **B 9**: 1-92; Halle (Saale).
- BANKWITZ, P., KOPP, J. & EHLING, B.-C. (2001): Die Mitteldeutsche Kristallinzone (MKZ) im Abschnitt Halle-Guben.– Cour. Forsch.- Inst. Senkenberg, **234**: 186-194; Stuttgart.
- BARWISE, A. J. G. & WHITHEAD, F. Y. (1983): Fossil fuel metals.- In: AUGUSTHITIS (ed.): Trace elements in petrogenesis, 599-643 p.; Athens (Theophrastus).
- BELLMANN, H.-J. & STARKE, R. (1986): Beitrag zur Petrographie und Genese der Ton- und Schluffmittel im Bornaer Hauptflöz (Flöz II) südlich von Leipzig.- In: Kohlenqualität- von der Erkundung bis zur Förderqualität.– WTI Zentr. Geol. Inst., **27**: 78-85; Berlin.
- BERTHOLD, M. R. & HAND, D. J. (2002): Intelligent Data Analysis.– 514 S.; Berlin (Springer).
- BLANKENBURG, H.-J. (1987): Untersuchungen zur Bindung von anorganischen Bestandteilen in den Weichbraunkohlen der DDR.- In: Erzeugung flüssiger Produkte aus Kohlen.– Vorträge der 1. Tagung Carbochemie 1986 in Rostock.– Akademie der Wissenschaften., Inst. Chem. Techn., 270-275; Rostock.
- BLUMENSTENGEL, H., KRUTZSCH, W. & VOLLAND, L. (1996): Revidierte Stratigraphie tertiärer Ablagerungen im südlichen Sachsen-Anhalt, Teil 1: Raum Halle-Merseburg.– Hall. Jb. Geowiss., Reihe B, **Beih. 1**: 1-101; Halle.
- BOCHMANN & MITZINGER (Hrsg., 1985): Erkundungsmethodik Braunkohle.– 349 S., Ministerium für Kohle und Energie/Ministerium für Geologie; Berlin [unveröff.].
- BOENISCH, R. & MOKOSCH, M. (1977): Kohlenpetrologische Untersuchungen an den Braunkohlen des Flözes Bruckdorf im Tagebau Merseburg-Ost.– Studienarbeit, Bergakademie Freiberg [unveröff.].
- BORG, G. & RITTMAYER, A. (2000): Syn- and epigenetic sulfides in Archean BIFs of NW-Tanzania and their significance to gold mineralization.- Abstract Volume, ICAM-Conference; Göttingen.

- BÖRTITZ, S. (1976): Spurenelemente fossiler Brennstoffe als Ursache von Vegetationsschäden.– Freiburger Forschh., **C 317**: 149-156; Leipzig.
- BÖTTGER, J. (1992): Zum Aufbau und zur Geochemie der prätertiären Verwitterungskruste im Bereich des westelbischen Braunkohlenreviers.– Diss., 121 S.; Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg [unveröff.].
- BOUSKA, V. (1981): Geochemistry of coal.– 284 p.; Prague (Academia).
- BURCHARDT, I. (1995): Untersuchungen an Septarien aus dem Rupelton von Vehlitz bei Magdeburg (Sachsen-Anhalt).– Abh. Ber. Naturk., **18**: 53-62; Magdeburg.
- BRAUSE, H. (1979): Probleme des Krustenbaus und der geotektonischen Entwicklung auf der Geotranverse Baltikum-DDR-Ceski Massif.– Schriftenr. geol. Wiss., **15**: 5-36; Berlin.
- BRENDEL, K. (1957): Lagerungsverhältnisse, Feinstratigraphie und Petrographie des Braunkohlenflözes im Bereich des Tiefbaues Gölzau bei Köthen unter besonderer Berücksichtigung der kalkigen und kieselhaltigen Einlagerungen in der Unterbank.– Dipl.-Arb., 121 S.; Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg [unveröff.].
- BROWN, K. E. & COHEN, A. D. (1995): Stratigraphic and micropetrographic occurrences of pyrit in sediments at the confluence of carbonate and peat forming depositional systems, southern Florida, U.S.A.– Org. Geochim., **22**: 105-126; London.
- BRINKMANN, K. (1977): Mineralogie und Geochemie von Eisensulfiden der Hangendschichten im Tagebau Prechen, Rheinisches Braunkohlen-Revier.– N. Jb. Mineral. Abh., **133**: 333-352; Stuttgart.
- BUBNOFF, S. VON (1937): Kohlenbildung in Raum und Zeit.– Glückauf, **73**: 641-652; Essen.
- COHEN, A. D., ROLLINS, M. S., ZUNIC, W. M. & DURIG, J. R. (1991): Effects of chemical and physical differences in peats on their ability to extract hydrocarbons from water.– Wat. Res. **25**: 1047-1060; London.
- DÄSSLER, H.-G., BÖRTITZ, S., AUERMANN, E., CZERWINSKI, C. & ENGMANN, F. (1973): Über den Fluorgehalt von Braunkohlen der DDR.– Z. angew. Geol.- **19**: 447-449; Berlin.
- DARBINJAN, F. (1988): Geochemie der Braunkohlen der DDR am Beispiel des ostelbischen Kohlereviers.– Diss.; Bergakademie Freiberg [unveröff.].
- DARBINJAN, F., PÄLCHEN, W. & LANGE, H. (1987): Zur Geochemie von Braunkohlen.– Freiburger Forschh., **C 425**: 107-123; Leipzig.
- DAVIS, J. C. (1973): Statistics and data analysis in geology.– 550 p.; New York (Wiley).
- EICHNER, R., KUNERT, R., BLUM, H., BÖTTGER, J., PAPKE, W., BRANDT, U., HARTMANN, B. & HOHENHAUSEN, U. (1988): Ergebnisbericht mit Vorratsberechnung Braunkohle Amsdorf-Nord.– Bericht, Teil 1, 362 S., GFE Halle [unveröff.].
- EISSMANN, L. (1975): Das Quartär der Leipziger Tieflandsbucht und angrenzender Gebiete um Saale und Elbe.– Schriftenr. geol. Wiss., **2**: 1-263; Berlin.
- EISSMANN, L. (1978): Molisoldiapirismus.– Z. angew. Geol., **24**: 130-138; Berlin.

- EISSMANN, L. (1981): Periglaziäre Prozesse und Permafroststrukturen aus sechs Kaltzeiten des Quartärs.– *Altenburger naturwiss. Forsch.*, **1**: 1-171; Altenburg.
- EISSMANN, L. & LITT, T. (Hrsg., 1994): *Das Quartär Mitteldeutschlands - Ein Leitfaden und Exkursionsführer. Mit einer Übersicht über das Präquartär des Saale-Elbe-Gebietes.*– *Altenburger naturwiss. Forsch.*, **7**: 1-458; Altenburg.
- EŠKENAZY, G., PETROV, P. & SIMEONOVA, V. (1982): *Volframonosnost`uglej nekotorych mestoroshdenii Bolgarii.*– *Geol. Balkan.*, **12**: 99-114; Sofia.
- FJODOROFF, JU. A., KIZIL`ŠTEJN, L. J. & GAL`ČIKOFF, V. V. (1983): *Gidrochimiceskie uslovija formirovanija s povyschennym sodershaniem soleina primere donezkogo bassejna.*– *Izvestija vusov geol. i razvedki*, 46-51; Moskwa.
- FRÜHAUF, M. (1990): *Neue Befunde zur Lithologie, Gliederung und Genese periglazialer Lockermaterialdecken.*– *Petermanns Geograph. Mitt.*, **4**: 49-250; Halle.
- FRIEDRICH, K. & FRÜHAUF, M. (Hrsg., 2002): *Halle und sein Umland-Geographischer Exkursionsführer.*– 279 S.; Halle (Mitteldeutscher Verlag).
- GINDORF, L., PÄTZ, M. & SCHÖN, J. (1980): *Zusammenhänge zwischen der Inkohlung organischer Substanzen, petrophysikalischen Parametern und geologischen Elementen bei der Kohlenwasserstofferkundung.*– *Z. angew. Geol.*, **26**: 435-438; Berlin.
- GIVEN, P. H. & MILLER, R. N. (1987): *The association of major, minor and trace inorganic elements with lignites. I. Experimental approach and study of a North Dakota Lignite.* – *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **51**: 2033- 2043; London.
- GIVEN, P. H. & MILLER, R. N. (1987): *The association of major, minor and trace elements with lignites. II. Minerals, and major and minor element profiles, in four seams.*– *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **51**: 1311-1322; London.
- GLÄSER, L. (1968): *Zusammenhänge zwischen den rohstofflichen und technologischen Eigenschaften von Braunkohlen.*– 96 S.; Leipzig (Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie).
- HAQ, B. U., HARDENBOL, J. & VAIL, R. P. (1987): *Chronology of fluctuation sealevels since the Triassic.*– *Science*, **235**: 1156-116; Washington. ???
- HARTMANN, B. & NOVAK, S. (1987): *Bodenphysikalische Untersuchungen an Braunkohlenproben nach verschiedenen Probenahmemethoden.*– Bericht, 25 S., GFE Halle [unveröff.].
- HARTMANN, B., SPANGENBERG, R., JANKOWSKI, W., BÖTTGER, J., KUNERT, R. & HOHENHAUSEN, U. (1988): *Vorratsberechnung Suche Braunkohle Zörbig.*– Bericht, Teil 1, 188 S., GFE Halle [unveröff.].
- HAUBOLD, H. & HELLMUND, M. (1997): *Contribution of the Geiseltal to the palaeogene biochronology and the actual perspective of the Geiseltal district.*– In: ANGULAR, J.-P., LEGENDRE, S. &
- MICHAUX, J. (eds.): *Actes Congr. Biochro M 97.- Mem. et Travaux de l Institut de Montpellier*, **21**: 353-359; Montpellier.
- HILLE, R. & SEIFERT, A. (1984): *Makropetrographische Klassifikation der organisch-klastischen Folge Braunkohle-Nebengestein.*– *Z. angew. Geol.* **30**: 220-234; Berlin.

- HILLE, R. (1977): Rohstoffcharakteristik von Salzkohlen insbesondere der Tagebaufelder Merseburg-Ost und Löderburg.– Bericht, 46 S.; Brennstoffinstitut Freiberg [unveröff.].
- HENNINGSSEN, P. & KATZUNG, G. (1992): Einführung in die Geologie Deutschlands.– 228 S.; Stuttgart (Enke).
- HOHL, R. (Red., 1985): Die Entwicklungsgeschichte der Erde.– 703 S.; Leipzig (Edition).
- HOKR, Z. (1977): Arsenic in the coal of the North Bohemian brown coal basin.– S. 267-273, Vest. ust. Geol.; Praha.
- HÜBNER, J. & BEUGE, P.(1980): Zusammenhänge zwischen geologischem Untergrund und Flözbildung am Beispiel der Braunkohlenlagerstätte Wallendorf.– Z. angew. Geol., **26**: 494-498; Berlin.
- IVANOVA, A. V. (1985): Geologo-geneticeskie i petrochimiceskie faktory zasoloneniya uglej zapadnogo donbassa.– Geol. Z., **45**: 25-33; Kiev.
- IVANOV, G. A., IVANOV, N. V. & MAKEDONOV, A. V. (Hrsg., 1985): Osnovnye zakonomernosti stroeniya i obrazovaniya uglenosnych formazii i metody prognoza uglenosnosti.– 255 S.; Leningrad (Nedra).
- IVANOV, G. A. & IVANOV, N. V. (Hrsg.) (1985): Metody formacionnogo analiza uglenosnych tolcsch.– 198 S.; Moskwa (Nedra).
- JACOB, H. (1960): Betrachtungen zur Genese von Salzkohlen.– Braunkohle, Wärme und Energie, **12**: 355-361; Düsseldorf.
- JACOB, H. (1956): Die biochemische Inkohlungsphase und das Weichbraunkohlenstadium.– Chem. Erde, **18**: 138-166; Jena.
- JACOB, H.(1961): Die Bildung der Kohlen unter besonderer Berücksichtigung der biochemischen Phase.– Geol. Jb., **78**: 103-122; Hannover.
- JUDOVIC, J. E. (1978): Geochimija iskopaemych uglej.– Leningrad (Nauka).
- JURASKY, K. A. (1936): Deutschlands Braunkohlen und ihre Entstehung.– 165 S.; Berlin (Bornträger).
- KAMPE, A. (1985): Bewertung Rohstoffführung Grundgebirgseinheiten/Mitteldeutsche Schwelle, Zentralteil II, Vorschläge für Bohransatzpunkte. – Bericht, Zentr. Geol. Inst. Berlin [unveröff.].
- KAMPE, A. (1987): Zwischenbericht Rohstoffführung Grundgebirgseinheiten/Südteil der DDR 1:100 000.– Zentr. Geol. Inst. Berlin [unveröff.].
- KATZUNG, G. (1983): Regionalgeologische Gliederung des Territoriums der DDR (TGL 34331).– 6 S.; Berlin.
- KATZUNG, G. & EHMKE, G. (1993): Das Prätertiär in Ostdeutschland – Strukturstockwerke und ihre regionale Gliederung.– 139 S.; Köln (Loga).
- KESSLER, M. F. (1979): Die Bewertung der Elementarzusammensetzung der chemischen Stoffgruppen von Braunkohle.– Braunkohle Tagebautechnik, **31**: 54-57; Düsseldorf.

- KIRJUKOV, V. V. (1979): *Obrazovanie i izmenenie ugljosnych formacij.*– 89 S., Leningr. Gorn. Inst.; Leningrad.
- KIRJUKOV, V. V. & OČKUR, H. P. (1981): *Kacestvo uglej, geologiceskie osnovy prognozirovaniija i upravljenija kacestvom.*– 95 S., Leningr. Gorn. Inst.; Leningrad.
- KIZIL`ŠTEJN, L. J.; FJODOROV, JU. A. & LUTOCHIN, A. G. (1984): *Natrii v ugljach donbassa.*– *Razvedka i ochrana neдр*, **54**: 33-36; Moskwa.
- KIZIL`ŠTEJN, L. J.; MOSTOVOI, P. P. & SHAK, S. V. (1987): *Ocenka obogotimosti iskopajemych uglej na stadii geologorazvedocnych rabot.*– 120 S.; Moskwa (Nedra).
- KNOTH, W. & SCHWAB, M. (1972): *Abgrenzung und geologischer Bau der Halle-Wittenberger Scholle.*– *Geologie*, **21**: 1153-1172; Berlin.
- KÖLBEL, H., HOTH, K., KATZUNG, G., FRANKE, D., LOTSCH, D., CEPEK, G. & BANKWITZ, P. (1968): *Grundriß der Geologie der DDR.*– Bd. 1, 452 S., Berlin (Akademie).
- KÖTHE, A. (2001): *Bericht über Dinoflagellaten und Kalk-Nannoplankton– Untersuchungen an Proben aus der Bohrung Loburg 1/90.- Bericht, 2 S., BGR Hannover [unveröff.].*
- KÖTHE, A. (2001): *Bericht über Dinoflagellaten und Kalk-Nannoplankton– Untersuchungen an Proben aus der Bohrung.- Bericht, 2 S., BGR Hannover [unveröff.].*
- KREJTER, V. M. (1969): *Poiski i razvjedka poleznych iskopajemych.*– 332 S.; Moskwa (Nedra).
- KOROBECKI, I. A. & ŠPIRT, M. JA. (1988): *Genesis i svoistva mineral`nych komponentov uglej.*– 227 S.; Novosibirsk (Nauka).
- KRAINOFF, S. R. & ŠWETZ, V. M. (1980): *Osnovy geochimii podzemnych vod.*– 285 S.; Moskwa (Nedra).
- KRIČKO, A. A., JERJOMIN, I. V., ŠPIRT, M. JA. et. al. (1984): *Razvitie ugolnoi chimii.*– 295 S.; Moskwa (Nedra).
- KREJCI-GRAF, K. (1983): *Minor elements in coals.*– In: AUGUSTITIS (ed.): *Trace elements in petrogenesis.*– 533-597; Athens (Theophrastus publications S.A.).
- KRUTZSCH, W. (1955): *Zur Altersstellung der mitteldeutschen älteren Braunkohlenschichten.*– *Geologie*, **4**: 511-519; Berlin.
- KRUTZSCH, W., BLUMENSTENGEL, H., KIESEL, Y., & RÜFFLE, L. (1992): *Paläobotanische Klimagliederung des Alttertiärs in Mitteldeutschland und das Problem der Verknüpfung mariner und kontinentaler Gliederungen.*– *Jb. Geol. Palaont. Abh.*, **186**: 137-253; Stuttgart.
- KÜHL, A., SCHREIBER, A. & SCHEFFLER, E. (1996): *Faziesanalyse mit multivariat-statistischen und geostatistischen Methoden am Beispiel des Dunklen Knotenkalkes von Wildenfels.*– *Freiberger Forschh.*, **C 462**: 1-212; Freiberg.
- KÜNSTNER, E. & SCHNEIDER, W. (1986): *Petrographische Aspekte bei der Klassifikation von Braunkohlen.*– *Z. angew. Geol.*, **32**: 197-204; Berlin.
- KUNERT, R., EICHNER, R., EDLER, C., JANKOWSKI, W., POBLOZKI, B. VON, DE NAZARÉ, S., MÜLLER, M., WIEHLE, P., HÄNTZE, W. & KNAUF, C. (1982): *Ergebnisbericht Braunkohle Köckern.*– *Bericht, Teil 1*, 718 S.; GFE Halle [unveröff.].

- KUNERT, R. & KNOTH, W. (1987): Bericht über Spezialuntersuchungen des Prätertiärs und zur Steinkohlenführung – Suche Braunkohle Zörbig.– Bericht, 76 S.; GFE Halle [unveröff.].
- KUNERT, R. (1970): Lithofazielle und tektonische Untersuchungen im Permokarbon des östlichen Harzvorlandes.– Jb. Geol., **3**: 57- 120; Berlin.
- LAUER, D. (1983): Analyse der faziellen Entwicklung des Känozoikums im Weißelsterbecken zur Ableitung eines Genesemodells für das Leipziger Braunkohlenrevier.– Diss., 156 S., Bergakademie Freiberg [unveröff.].
- LEHMANN, H. (1953): Leitfaden der Kohlengeologie.– 231 S.; Halle (Knapp).
- LEHMANN, H. (1950): Die Entstehung der mitteldeutschen Salzkohle.– Freiburger Forschungsh., **1**: 78-81; Leipzig.
- LINSTOW, O. VON (1912): Die geologischen Verhältnisse von Bitterfeld und Umgebung.- N. Jb. Min., Beil.-Bd. **33**: 754 - 830; Stuttgart.
- LISSNER, A. & RAMMLER, E. (1952): Untersuchungen an Salzkohlen der Egelner Mulde.– Schriftenreihe des Verlages für Technik, **42**: 90-121; Berlin.
- LISSNER, A. & THAU, A. (1956): Die Chemie der Braunkohle.– 1. Wissenschaftlicher Teil; Halle (Knapp).
- LOTSCH, D. (1979): Abschlußbericht Regionale Geologie tieferliegender Braunkohlenflöze einschließlich Begleitschichten Raum Bitterfeld-Torgau.– Bericht, Zentr. Geol. Inst. Berlin [unveröff.].
- MAHNHENKE, V. & GROSSE, R. (1970): Beitrag zur Kenntnis des Pleistozäns nordwestlich von Leipzig (Hatzfeld).– Geologie, **19**: 909-930; Berlin.
- MARQUES DE SÁ, J.P. (2003): Applied Statistics using SPSS, STATISTIKA and MATLAB.– 452 S.; Berlin (Springer).
- MEYNEN, E., SCHMITHÜSEN, J., GELLERT, J., NEEF, E., MÜLLER-MINY, H. & SCHULTZE, J. H. (1962): Handbuch der naturräumlichen Gliederung Deutschlands.– Bundesamt für Landschaftskunde, Remagen.
- MICHELIS, A. A. (1984): Petrogeneticeskie osobennosti burych uglej Novodmitrovskogo mestoroshdenija v svjazi s ich bitumonosnosti.– Geol. Z., **44**: 33-38; Kiev.
- MUCKE, D. & LEGLER, C. (1984): Zur Bewertung der Spurenelemente in Braunkohlenaschen.– Bericht, Forschungsinstitut für Aufbereitung der AdW der DDR; Freiberg [unveröff.].
- OEHLSCHEGEL, H. G. (1964): Geochemische Untersuchungen an nordwestdeutschen und nordhessischen tertiären Braunkohlen.– N. Jb. Mineral. Abh., **101**: 67-96; Stuttgart.
- PAPKE, W., KUNERT, R.; HARTMANN, B. et al. (1989): Ergebnisbericht und Vorratsberechnung Braunkohle Delitzsch-NW II.– Bericht, Teil 1, 1043 S.; VEB GFE Halle [unveröff.].
- PAPKE, W., EICHNER, R., SPANGENBERG, R., WIEHE, P., POBLOZKI, B. VON, KNAUF, C., GABRIEL, W., KUNERT, R. & RABITZSCH, K. (1985): Vorratsberechnung Braunkohle Bad Dübener C2.– Bericht, Teil 1, 361 S.; GFE Halle [unveröff.].

- PÄTZ, H., RASCHER, J. & SEIFERT, A. (1986): Kohle - Ein Kapitel aus dem Tagebuch der Erde.– Leipzig (Teubner).
- PEN'KOV, V. F. (1996): Geneticeskaja mineralogija uglerodistych veschestv.– 223 S.; Moskwa (Nedra).
- PESCHEL, G. J.; FORMELLA, J. & POPPITZ, H. M. (1991): Klassifizierung qualitätsbestimmender Rohstoffparameter einer Braunkohlenlagerstätte.– In: PESCHEL, G. J.: Theorie und Methodik der Klassifizierung geowissenschaftlicher Informationen (Beitr. z. Math. Geol. und Geoinformatik); Köln (S. v. Loga).
- PESTER, L. (1967): Übersicht über die Braunkohlenlagerstätten im Gebiet zwischen Halle, Leipzig und Bitterfeld.– *Bergbautechnik*, **17**: 113-120; Leipzig.
- PESTER, L. (1981): Probleme der Aussage von Braunkohlenerkundungsdaten.– *Z. angew. Geol.*, **27**: 9-13; Berlin.
- PIETZSCH, K. (1925): Die Braunkohlen Deutschlands. Handbuch der Geologie und Bodenschätze Deutschlands.– 488 S.; Berlin (Borntraeger).
- PIETZSCH, K. (1962): Geologie von Sachsen.– 870 S.; Berlin (Deutscher Verlag für Wissenschaften).
- POGREBIZKIJ, W. W. (Hrsg., 1977): Metodika razwjedki mjestoroshdenii poleznych iskopajemych.– 345 S.; Leningrad (Nedra).
- POTONIÉ, H. (1895): Über Autochthonie von Carbonkohlen-Flötzen und des Senftenberger Braunkohlen-Flötzes.– *Jb. Preuss. Geol. LA.*, **16**: 1-35; Berlin.
- RABITZSCH, K.; HARTMANN, B. & KNUTH, G. (1996): Glaukonitführung im Oligozän des Bitterfelder Braunkohlenreviers.– *Mitt. Geol. Sachsen-Anhalt*, **2**: 101-119, Halle.
- RAMMLER, E., RENTROP, K.-H. & NAUNDORF, W. (1984): Chemische Charakterisierung der Braunkohlen.– Leipzig (Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie).
- RASCHER, J. & SEIFERT, A. (1980): Makropetrographische Untersuchungen an Weichbraunkohlen und ihre Bedeutung für die Praxis.– *Z. angew. Geol.*, **26**: 611-619; Berlin.
- REUTER, F., MOLEK, H. & KOCKERT, W. u.a. (1981): Laborversuche zur Entsalzung von Braunkohlen durch Elektrosmose (Kurzinformation).– *N. Bergb.*, **11**: 186-187; Leipzig.
- REYMENT, R. A. & SAVAZZI, E. (1999): Aspects of multivariate statistical analysis in geologie.– **IX**: 1-285; 1. ed., Amsterdam (Elsevier).
- ROSELT, G. (1981): Kohlengeologische Faktoren und ihr Einfluß auf Genese, Qualität und Ausbildung der Flöze und ihre Lagerstätten.– *N. Bergb.*, **11**: 673-679; Leipzig.
- RÖSLER, H.-J.; BEUGE, P., SCHRÖN, W. HAHNE, K. & BRÄUTIGAM, S. (1977): Die anorganischen Komponenten der Braunkohlen und ihre Bedeutung für die Braunkohlenerkundung.– *Freiberger Forschh.*, **C 331**: 53-70; Leipzig.
- SAMARIN, M. A. (1982): Dneprovski burougolny bassejn-syrevaja basa dlja proisvodstva gornogo voska.– *Geol. Z.*, **42**: 117-121; Kiev.

- SCHNEIDER, W. (1984): Angewandte Paläobotanik und Braunkohlenpetrologie pflanzliche Gewebe als Gefügebildner in der Braunkohle.– Freiberger Forschh., **C 381**: 14-19 Leipzig.
- SCHNEIDER, W. (1980): Mikropaläontologische Faziesanalyse der Weichbraunkohle.– N. Bergb., **10**: 670-675; Leipzig.
- SCHNEIDER, W. (1986): Die Vergelung des 2. Miozänen Flözhorizontes der Lausitz-Genese und Erscheinung.– WTI des Zentr. Geol. Inst., **27**: 31-39; Berlin.
- SCHULZ, H.-M. (2003): Die westliche Zentral-Paratethys an der Wende Eozän/Oligozän.– Clausthaler Geowissenschaften, **3**: 1-130; Clausthal-Zellerfeld.
- SCHWAB, M. (1964): Der geologische Aufbau des Halleschen Porphyrokompleses.– *Herzyna*, **1**: 167-185; Leipzig.
- SEIDEL, B. & HARTMANN, B. (1985): Geologisch-ökonomische Bewertung der mongolischen Wolfram-Molybdän-Lagerstätte Undur Zagan im Vergleich mit der Wo-Mo-Lagerstätte Delitzsch.– Bericht, GFE Halle [unveröff.].
- SEIFERT, A. & RASCHER, J. (1979): Beitrag zur makropetrographischen Klassifikation von Weichbraunkohlen. Teil 1: Grundlagen zu Aufstellung einer internationalen makropetrographischen Klassifikation von Weichbraunkohlen.– *Z. angew. Geol.*, **25**: 458-465; Berlin.
- SEIFERT, A. & RASCHER, J. (1979): Beitrag zur makropetrographischen Klassifikation von Weichbraunkohlen. Teil 2: Grundlagen und Begründung einer nationalen makropetrographischen Klassifikation.– *Z. angew. Geol.*, **25**: 582-587; Berlin.
- SEROVA, N. B. (1980): Voskosodershashcie ugli, uslovija ich obrazovanija razmeshcenija na territorii SSSR.– *Sovjetskaja geologija*, **3**: 96-104; Moskwa.
- SOMMERWERK, K. (1990): Untersuchungen an primären Sedimentgefügen der Braunkohlenlagerstätte Merseburg-Ost.– Dipl.-Arb.; Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald [unveröff.].
- SPANGENBERG, R., JANKOWSKI, W., KUNERT, R., LAUTERBACH, M., POBLOZKI, B. von, KNAUF, C., HARTMANN, B., WIEHLE, P., EICHNER, R. (1984): Ergebnisbericht Braunkohle Brehna C2.– Bericht, Teil 1, 324 S.; GFE Halle [unveröff.].
- SPELTER, M. (1966): Beziehungen zwischen dem Tertiär und dem prätertiären Untergrund im Raum südlich Halle-Leipzig.– *Braunkohle, Wärme und Energie*, **18**: 18-22; Düsseldorf.
- STEINMÜLLER, A. & ORTMANN, R. (1970): Sedimentologische und stratigraphische Untersuchungen im Tertiär Ostthüringens. – *Geologie*, **19**: 178-205; Berlin.
- STILLE, H. (1926): Kohlebildung als tektonisches Problem.– *Braunkohle*, **24**: 913-918; Halle.
- STOLPER, W. (1960): Ermittlung seltener Elemente in den Braunkohlen der DDR und ihre Verwertung (Germanium, Vanadium, Titan, Phosphor).– Bericht, Brennstoffinstitut Freiberg [unveröff.].
- STOYAN, D., STOYAN, H. & JANSEN, U. (1997): Umweltstatistik- Statistische Verarbeitung und Analyse von Umweltdaten.– In: BAHADIR, M., COLLINS, H.-J. & HOCK, B. (Hrsg.):– 348 S.; Stuttgart-Leipzig (Teubner).

- STUTZER, O. (1926): Zusammenhang zwischen Bewegungen der Erdkruste und der Bildung von Braunkohlenlagern.– Glückauf, **56**: 249-251; Essen.
- SÜSS, M. & SONTAG, E. (1966): Beitrag zur petrographischen Nomenklatur und Systematik von Weichbraunkohlen. – Bergbautechnik, **16**: 186-190; Leipzig.
- TAUPITZ, K. C. (1984): Uraniferous coals in the neogene of NE-Macedonia, Greece.– Erzmetall, **37**: 57-65; Stuttgart.
- TEICHMÜLLER, M. (1958): Rekonstruktion verschiedener Moortypen des Hauptflözes der nieder-rheinischen Braunkohle.– Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf., **1/2**: 599-612; Krefeld.
- TEICHMÜLLER, M. (1958): Die Genese der Kohle.– 4. Congr. intern. Strat. Geol.. Carbonifere, 699-722; Heerlen - Maastricht.
- TEICHMÜLLER, M. (1978): Bericht über die Tätigkeit der Braunkohlengruppe der internationalen Kommission für Kohlenpetrographie.– 8. Meshdunarodn. Kongr. Stratigr. i Geol. Karbona, **4**: 9-16; Moskwa (Nauka).
- TEICHMÜLLER, M. (1950): Zum petrographischen Aufbau und Werdegang der Weichbraunkohle.– Geol. Jb., **64**: 429-488; Hannover.
- THOMSON, P. W. (1958): Pseudo-Allochthonie und partielle Autochtonie. Abweichungen von der gewöhnlichen Autochthonie bei der Entstehung von Torf- und Kohlenlagern.– N. Jb. Geol. Paläont. Mh., **1958**: 263-270; Stuttgart.
- UNGER, R. (1957): Mikro- und makropetrographische Charakteristik der Braunkohle des Bornaer Reviers.– S. 7-22; Berlin (Akademie-Verlag).
- VETTER, H. (1932): Die Bedeutung der Schollentektonik Mitteldeutschlands für die Entstehung der eozänen Braunkohlenformation.– N. Jb. Hallesch. Verb., N. F., **11**: 5-120; Halle.
- VOLKMANN, N. (1983): Zu einigen petrographisch-faziellen Aspekten des Vorkommens fossiler pflanzlicher Exkrete in tertiären Weichbraunkohlen.– Z. angew. Geol., **9**: 23-32; Berlin.
- VULPIUS, R. & NEUBERT, K.-H. (1986): Zum Einfluß der Tektonik auf die Bildung und stoffliche Differenzierung des 2. Lausitzer (miozänen) Flözhorizontes.– WTI des Zentr. Geol. Inst., **27**: 31-39; Berlin.
- VULPIUS, R. & NEUBERT, K.-H. (1987): Zur Verteilung und Genese des Schwefels in den Braunkohlen des 2. Lausitzer Flözhorizontes.– Freiburger Forschh., **C 425**: , Leipzig.
- WERNER, H. (1958): Der Nachweis mariner Beeinflussung von niederrheinischen Braunkohlen mit Hilfe des Ca/Mg-Verhältnisses.– Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf., **1/2**: 95-98; Krefeld.
- WERNER, H. (1954): Über den Nachweis mariner Beeinflussung von Torf und Kohle.– Geol. Jb., **69**: 287-292; Hannover.
- WILDENHAIN, W. (1969): Chemie der Fulvo- und Huminsäuren.– Freiburger Forschh., **A 447**; Leipzig
- WOITKJEWIČ, G. V., MIROŠNIKOV, A. J., POVARENNYCH, A. S. & PROCHOROV, V. G. (1996): Kurzwörterbuch der Geochemie.– 184 S.; Moskwa (Nedra).

- WOLF, P. (1990): Die Bindungsmöglichkeiten anorganischer Komponenten in Braunkohlen unter besonderer Berücksichtigung der Alkali- und Erdalkalielemente.– Diss., 81 S., Bergakademie Freiberg [unveröff.].
- WOLFRUM, E. & WAWRZINEK, J. (1981): Beziehungen zwischen petrographischen und chemischen Eigenschaften Rheinischer Braunkohle.– *Tagebautechnik*, **33**: 381-386; Düsseldorf.
- ZIEGENHARDT, W. & KRAMER, H.-J. (1967): Die Verteilung der Salzgehalte in den Braunkohlenflözen der Egelner Südmulde.– *Z. angew. Geol.*, **13**: 465-473; Berlin.
- ZIEGENHARDT, W. & KRAMER, H.-J. (1968): Das marine Tertiär der Braunkohlenlagerstätte Egelner Südmulde.– *Geologie*, **17**: 273-287; Berlin.
- ZIEGENHARDT, W. & KRAMER, H.-J. (1972): Die Geologischen Verhältnisse des eozänen Braunkohlenvorkommens von Calbe (Saale).– *Jb. Geol.*, **7**: 263-276; Berlin.
- ZIMMERMANN, G. (1992): Die Spurenelementführung westelbischer Braunkohlen und deren Beziehungen zur Braunkohlenlagerstättengenese.– Diss., 99 S.; Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg [unveröff.]

ANLAGEN

Statistische Maßzahlen

Anlage 1.1

Statistische Maßzahlen

Braunkohlenformation allgemein (bezogen auf 100% Asche)

N - Anzahl der Werte x_{\min} Minimum x_a arithmetischer Mittelwert
R - Spannweite x_{\max} Maximum s Standardabweichung
V Variationskoeffizient

	N	R	x_{\min}	x_{\max}	x_a	s	V	Schiefe	Exzess
A ^d	557	82,20	9,40	91,60	23,43	17,16	73,25	1,852	2,704
C ^d	513	67,40	3,00	70,40	54,58	12,39	22,71	1,726	2,326
H ^d	513	7,12	0,50	7,62	4,74	1,22	25,71	1,092	1,301
S _c ^d	516	13,20	0,00	13,20	2,70	1,28	47,46	1,683	10,069
T _{sk} ^d	557	36,80	0,10	36,80	14,60	6,85	46,91	0,059	-0,251
B ^d	449	24,00	0,10	24,10	7,59	4,41	58,09	0,494	4,276
SiO ₂	513	89,85	1,14	90,99	30,92	23,64	76,48	0,695	0,670
Al ₂ O ₃	513	42,27	0,90	43,17	9,79	6,55	66,92	1,396	2,362
TiO ₂	513	6,18	0,00	6,18	1,16	1,07	92,12	1,492	1,765
CaO	513	40,50	0,49	40,99	19,07	9,27	48,61	0,417	0,965
MgO	513	10,48	0,19	10,67	2,78	1,28	45,94	0,161	1,629
Na ₂ O	513	8,81	0,29	9,10	4,21	2,21	52,62	0,030	1,066
K ₂ O	513	36,88	0,00	36,88	0,70	1,68	240,00	19,537	418,366
SO ₃	513	48,65	0,19	48,84	24,59	14,16	57,58	0,179	1,282
Fe ₂ O ₃	513	61,98	0,19	62,17	5,14	6,76	131,59	3,518	17,129
S _p ^d	513	9,65	0,00	9,65	0,58	0,75	129,31	5,081	45,330
S _{SO4} ^d	512	6,10	0,00	6,10	0,22	0,46	209,09	7,366	75,067

Anlage 1.2

Statistische Maßzahlen

Lithotyp „Braune Kohle“ (bezogen auf 100% Braunkohle)

Parameter	arithm. Mittelwert	Standardabweichung	Variationskoeffizient [%]	Spannweite	Minimum	Maximum	Schiefe	Kurtosis	Anzahl der Werte
A ^d	14,68	2,51	17,1	9,40	10,50	19,90	0,37	-0,92	140
C ^d	59,70	2,62	4,4	13,90	50,30	64,20	-0,68	0,51	140
H ^d	4,79	0,53	11,1	5,33	0,51	5,84	-4,04	31,87	131
S _c ^d	3,07	1,04	21,7	5,33	1,60	7,00	1,51	2,70	122
T _{SK} ^d	11,48	2,69	23,4	14,00	1,00	14,90	-1,04	1,41	140
B ^d	5,42	2,26	41,7	14,40	0,20	14,60	0,80	2,33	115
SiO ₂	2,60	2,40	92,3	10,64	0,15	10,79	1,16	0,47	140
Al ₂ O ₃	1,21	0,95	78,5	7,71	0,19	7,90	3,25	17,52	140
TiO ₂	0,10	0,01	10,0	0,64	0,01	0,65	2,55	7,23	137
CaO	3,45	0,44	12,8	3,53	1,59	5,12	-0,18	3,72	140
MgO	0,50	0,07	14,0	0,55	0,23	0,78	0,03	3,63	140
Na ₂ O	0,72	0,24	33,3	1,05	0,17	1,22	-0,24	-0,64	140
Na ₂ Og	0,82	0,25	30,5	1,00	0,27	1,27	-0,47	-0,83	111
K ₂ O	0,08	0,07	87,5	0,39	0,01	0,40	2,43	6,82	140
SO ₃	4,73	0,96	20,3	5,20	1,50	6,70	-0,90	1,06	140
Fe ₂ O ₃	1,07	1,56	145,8	7,80	0,05	7,85	2,68	6,90	140
S _p ^d	0,57	0,63	110,5	3,36	0,07	3,43	2,55	6,94	122
S _{SO4} ^d	0,25	0,61	244,0	6,09	0,01	6,10	7,72	70,15	122

Anlage 1.3

Statistische Maßzahlen

Lithotyp „Gelbe Kohle“ (bezogen auf 100% Braunkohle)

Parameter	arithm. Mittelwert	Standard-abweichung	Variationskoeffizient [%]	Spannweite	Minimum	Maximum	Schiefte	Kurtosis	Anzahl der Werte
A ^d	13,30	2,42	18,2	10,60	9,40	20,00	0,82	-0,02	220
C ^d	62,53	2,73	4,4	18,00	52,40	70,40	-0,89	1,64	202
H ^d	5,60	0,81	14,5	7,11	0,51	7,62	-3,43	21,09	202
S _c ^d	2,52	0,67	26,6	4,50	1,10	5,60	0,96	2,65	193
T _{SK} ^d	20,37	4,14	20,3	21,70	15,10	36,10	1,10	1,26	220
B ^d	10,93	3,27	29,9	22,00	2,10	24,10	1,01	2,30	187
SiO ₂	2,43	1,89	77,8	9,95	0,31	10,26	1,45	2,11	220
Al ₂ O ₃	1,09	0,79	72,5	4,70	0,16	4,86	2,02	5,38	220
TiO ₂	0,14	0,16	114,3	0,86	0,01	0,87	2,54	6,86	217
CaO	3,27	0,51	15,6	5,39	1,66	7,05	2,13	14,09	220
MgO	0,46	0,07	15,2	0,51	0,22	0,73	0,17	0,94	220
Na ₂ O	0,74	0,19	25,7	0,96	0,15	1,11	-1,00	1,12	220
Na ₂ O _g	0,82	0,22	26,8	1,05	0,19	1,24	-0,93	0,54	132
K ₂ O	0,10	0,35	350,0	5,07	0,02	5,09	13,81	198,86	220
SO ₃	4,23	0,88	20,8	6,99	0,05	7,04	-0,83	2,50	220
Fe ₂ O ₃	0,60	0,77	128,3	5,45	0,05	5,50	3,05	11,35	220
S _p ^d	0,42	0,46	109,5	4,07	0,03	4,10	3,95	23,08	193
S _{SO4} ^d	0,15	0,35	233,3	4,49	0,01	4,50	10,69	133,13	192

Anlage 1.4

Statistische Maßzahlen

Lithotyp „Braune, mineralisch verunreinigte Kohle“ (bezogen auf 100% Braunkohle)

Parameter	arithm. Mittelwert	Standard-abweichung	Variationskoeffizient [%]	Spannweite	Minimum	Maximum	Schiefte	Kurtosis	Anzahl der Werte
A ^d	32,09	8,62	26,86	29,3	20,1	49,4	0,279	-1,069	83
C ^d	46,72	8,59	18,37	54,7	3,0	57,7	-1,962	7,264	83
H ^d	3,98	0,64	16,08	3,18	2,24	5,42	-0,144	0,102	83
S _c ^d	3,44	1,76	51,16	12,3	0,9	13,2	2,583	11,147	83
T _{SK} ^d	9,49	3,38	35,62	13,5	1,5	15,0	-0,237	-0,661	83
B ^d	3,85	2,20	57,14	8,6	0,2	8,8	0,034	-0,853	72
SiO ₂	17,21	8,18	47,53	34,07	0,51	34,58	0,165	-0,883	83
Al ₂ O ₃	4,29	3,01	70,17	15,38	0,62	16,00	1,304	2,015	83
TiO ₂	0,55	0,38	69,09	1,48	0,02	1,50	0,519	-0,856	83
CaO	3,06	0,81	26,47	5,84	0,42	6,26	0,108	4,360	83
MgO	0,53	0,36	67,92	3,09	0,26	3,35	6,474	48,856	83
Na ₂ O	0,73	0,26	35,62	1,94	0,22	2,16	1,845	9,527	83
Na ₂ O _g	0,75	0,20	26,66	1,08	0,17	1,25	-0,422	0,589	75
K ₂ O	0,26	0,17	65,38	0,62	0,03	0,65	0,623	-0,774	82
SO ₃	3,25	1,38	42,46	7,4	0,14	7,54	0,303	0,347	83
Fe ₂ O ₃	1,78	2,49	139,89	16,77	0,14	16,91	3,713	17,785	83
S _p ^d	0,91	1,32	145,05	9,62	0,03	9,65	4,321	24,321	83
S _{SO4} ^d	0,29	0,52	179,31	3,89	0,01	3,9	4,816	29,810	82

Anlage 1.5

Statistische Maßzahlen

Lithotyp „Gelbe, mineralisch verunreinigte Kohle“ (bezogen auf 100% Braunkohle)

Parameter	arithm. Mittelwert	Standard-abweichung	Variations-koeffizient [%]	Spannweite	Minimum	Maximum	Schiefe	Kurtosis	Anzahl der Werte
A ^d	26,97	7,79	28,88	30,0	20,0	50,0	1,689	2,292	52
T _{SK} ^d	19,50	3,76	19,28	13,9	15,0	28,9	0,833	-0,350	52
C ^d	52,04	6,26	12,03	27,6	32,2	59,8	-1,462	1,733	50
H ^d	4,92	0,65	13,21	2,74	3,52	6,26	-0,023	-0,192	50
S _c ^d	2,43	0,84	34,57	4,5	1,1	5,6	1,558	3,74	48
B ^d	10,17	3,38	33,24	19,2	3,8	23,0	1,570	3,952	43
SiO ₂	14,43	8,71	60,36	41,09	1,94	43,03	1,771	3,187	52
Al ₂ O ₃	3,21	2,43	75,70	9,98	0,29	10,27	1,293	1,176	52
CaO	3,00	0,69	23,00	2,99	1,8	4,79	0,628	0,742	52
MgO	0,43	0,12	28,60	0,70	0,23	0,93	1,571	4,495	52
Na ₂ O	0,70	0,22	31,43	0,89	0,27	1,16	0,076	-0,533	52
SO ₃	3,00	1,13	37,67	5,0	0,9	5,9	0,271	-0,262	52
TiO ₂	0,61	0,38	62,29	1,58	0,06	1,64	0,554	0,188	51
Fe ₂ O ₃	0,97	1,18	121,65	5,44	0,06	5,5	2,079	4,135	52
K ₂ O	0,14	0,12	85,71	0,46	0,02	0,48	1,396	1,513	52
Na ₂ Og	0,73	0,18	24,66	0,77	0,24	1,01	-0,735	-0,035	37
S _p ^d	0,61	0,74	104,22	4,07	0,03	4,10	2,821	9,915	48
S _{SO4} ^d	0,17	0,26	152,94	1,57	0,01	1,58	3,824	18,453	47

Anlage 1.6

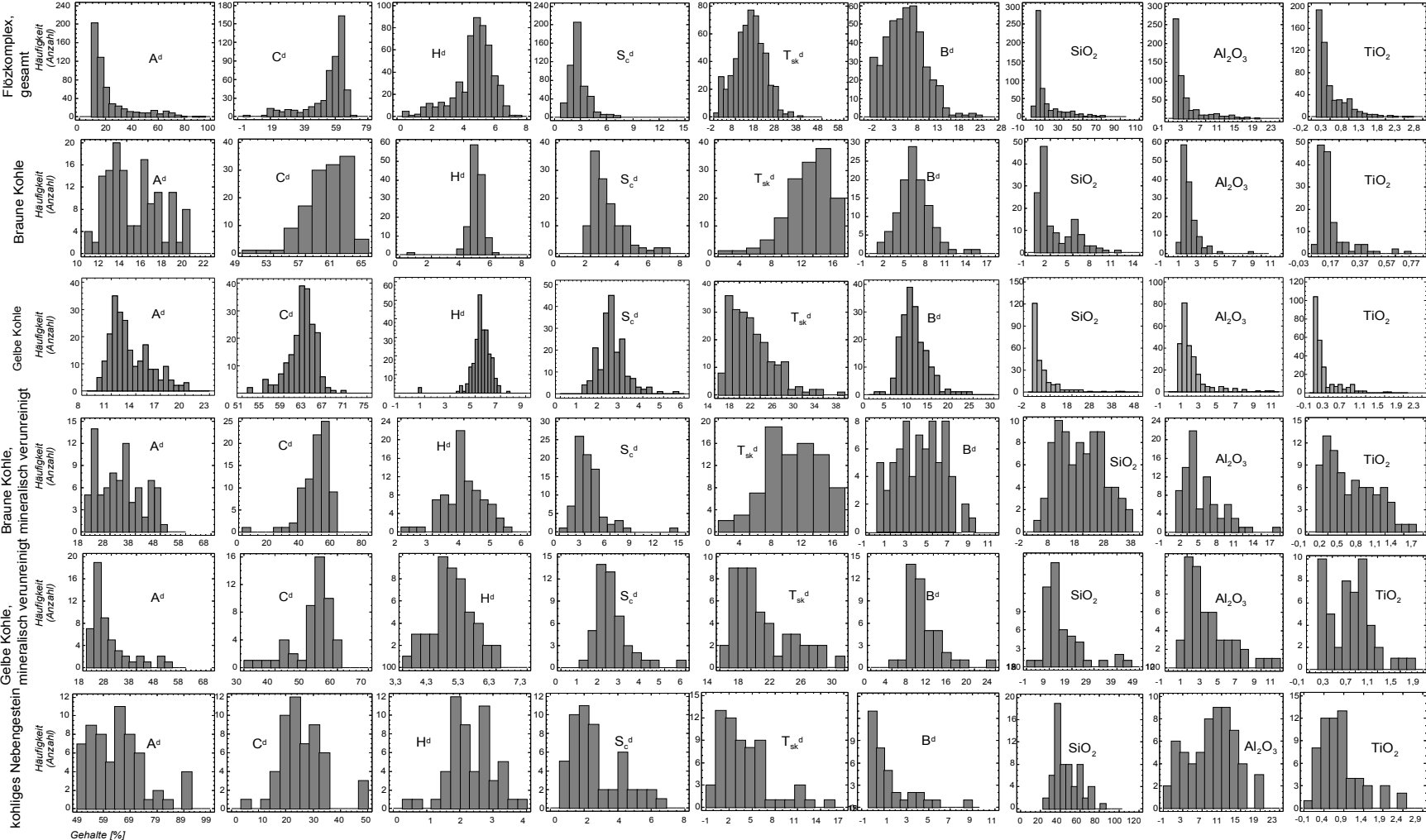
Statistische Maßzahlen

Lithotyp „Kohliges Nebengestein“ (bezogen auf 100% Gesteinssubstanz)

Parameter	arithm. Mittelwert	Standard-abweichung	Variations-koeffizient [%]	Spannweite	Minimum	Maximum	Schiefe	Kurtosis	Anzahl der Werte
A ^d	64.83	10.46	16.1	40.50	51.10	91.60	0.88	0.42	62
C ^d	25.81	7.98	30.9	41.80	4.80	46.60	0.59	1.36	53
H ^d	2.31	0.68	29.7	3.28	0.50	3.78	-0.05	0.11	53
S _c ^d	2.79	1.50	53.8	5.70	0.90	6.60	0.96	0.03	52
T _{SK} ^d	4.12	3.35	81.7	15.40	0.10	15.50	1.38	1.75	62
B ^d	1.60	1.92	120.1	8.10	0.10	8.20	1.73	2.97	36
SiO ₂	46.42	13.08	16.1	55.02	26.41	81.43	0.76	-0.17	62
Al ₂ O ₃	8.96	4.79	58.1	18.85	0.58	19.43	1.73	-0.66	62
TiO ₂	0.82	0.52	62.4	2.30	0.11	2.41	1.25	1.35	62
CaO	1.62	0.52	42.5	2.34	0.45	2.79	0.20	-0.20	62
MgO	0.48	0.27	56.6	2.05	0.11	2.16	3.88	23.36	62
Na ₂ O	0.52	0.18	43.0	0.98	0.16	1.14	0.56	0.92	62
Na ₂ Og	0.51	0.18	72.0	0.99	0.14	1.13	0.99	2.64	44
K ₂ O	0.72	0.05	50.2	2.03	0.05	2.08	0.30	1.51	62
SO ₃	1.84	1.10	59.8	5.03	0.13	5.16	0.67	0.52	62
Fe ₂ O ₃	2.71	2.11	84.2	7.31	0.15	7.46	0.62	-0.96	62
S _p ^d	0.89	0.65	73.3	2.57	0.08	2.65	1.20	0.60	52
S _{SO4} ^d	0.45	0.65	73.0	1.44	0.01	1.45	0.71	-0.95	51

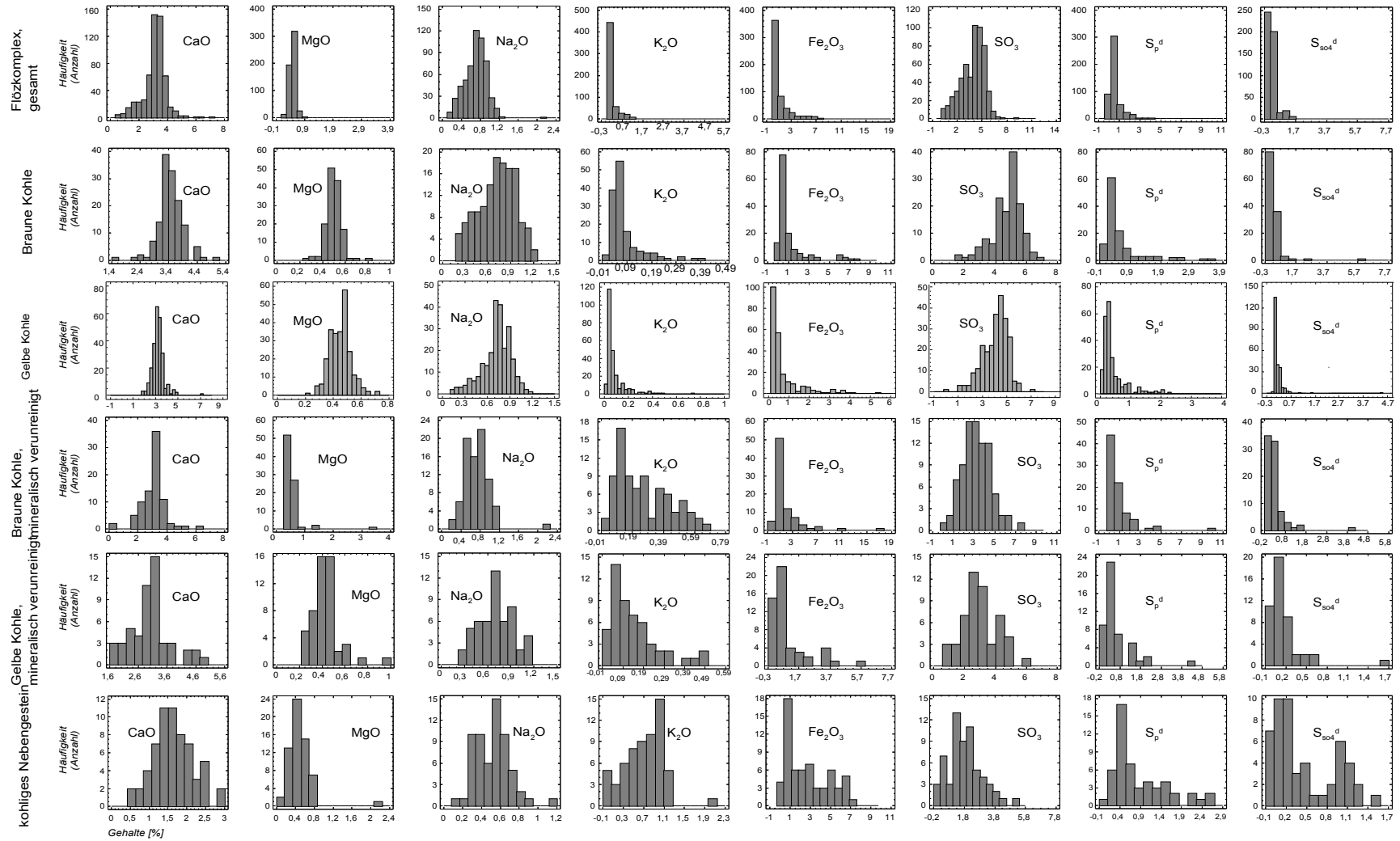
Häufigkeitsverteilungen, Verteilungstests

Histogramme



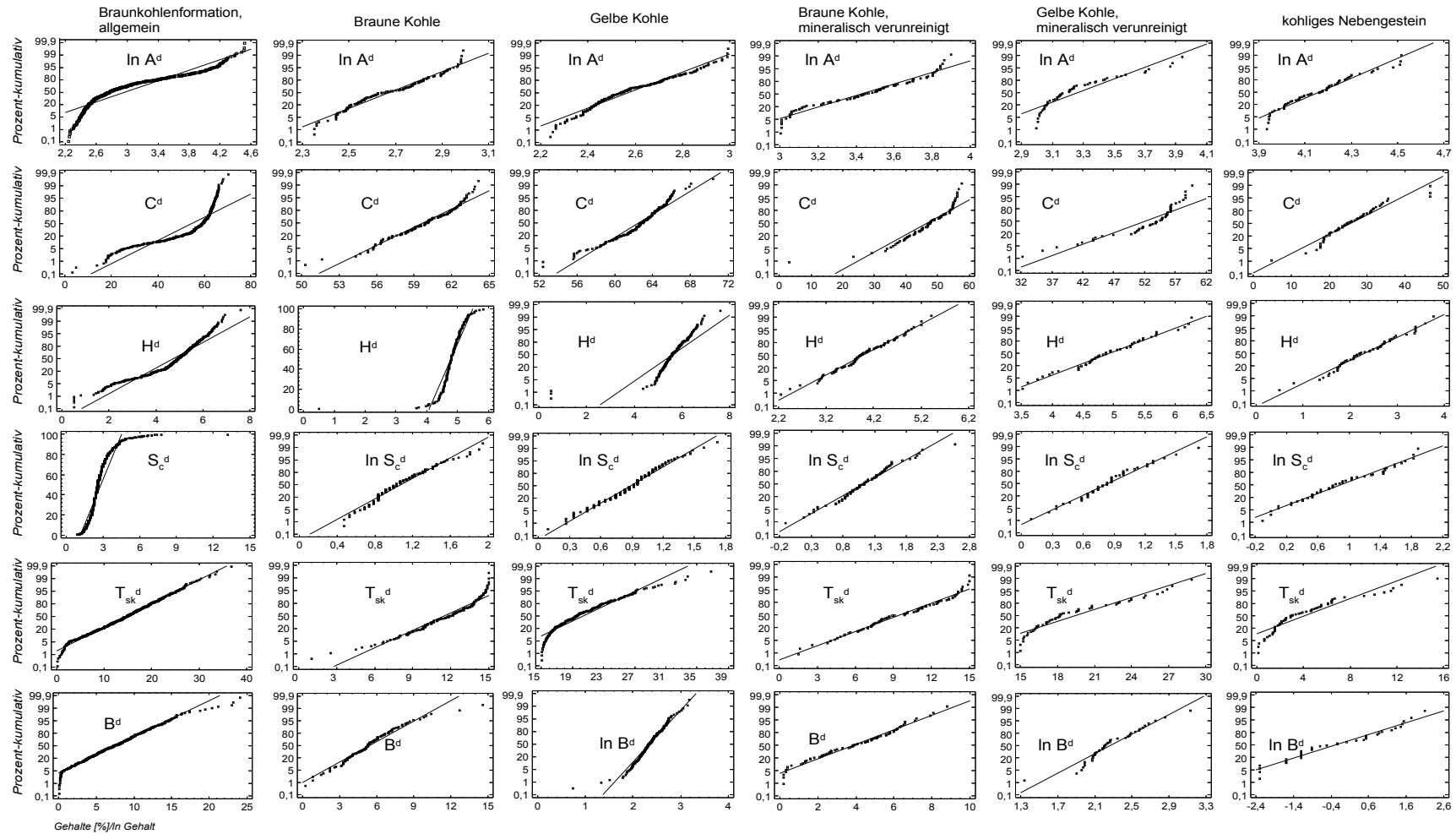
Histogramme

Anl.2.12



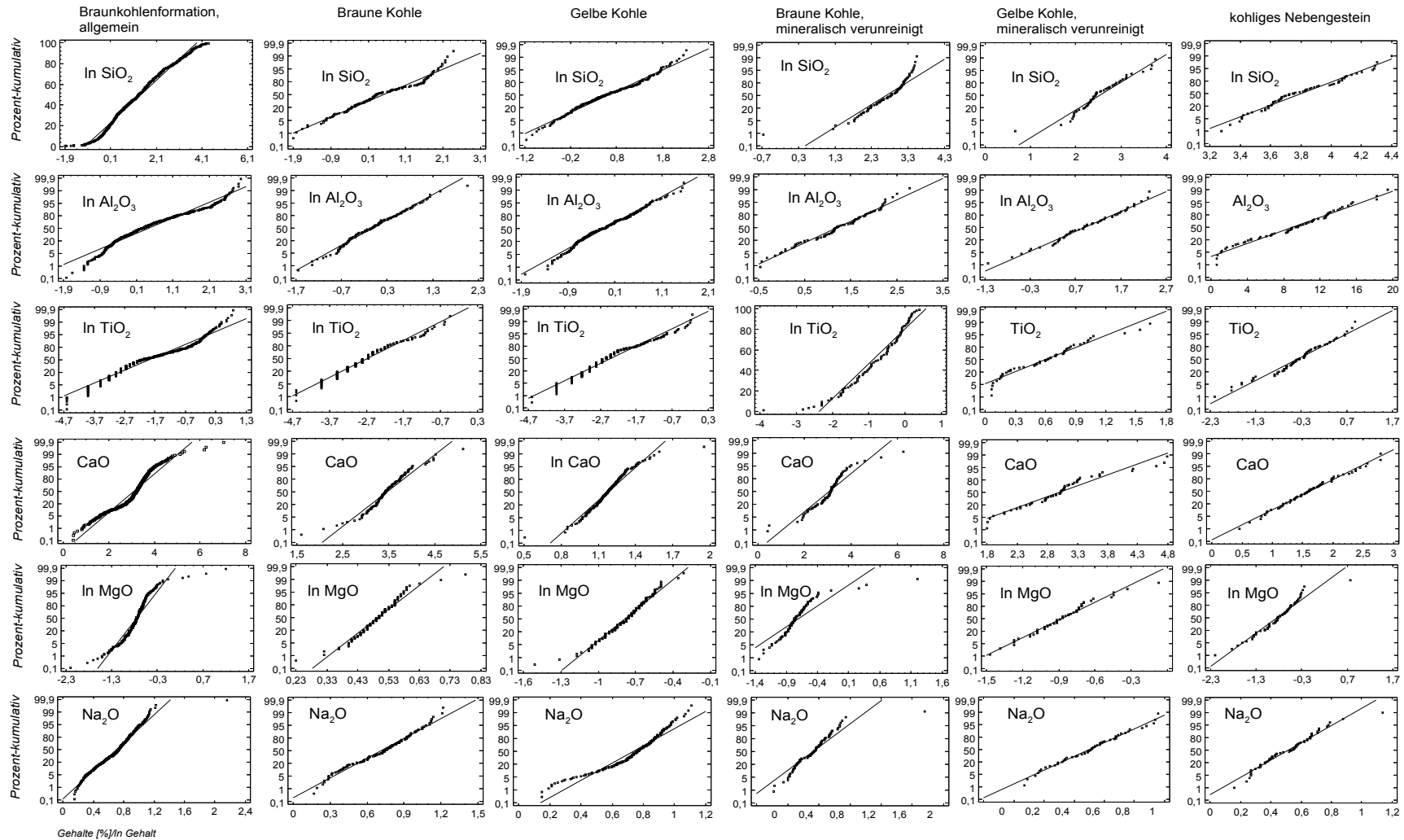
Test auf Normalverteilung

Anl.2.21



Test auf Normalverteilung

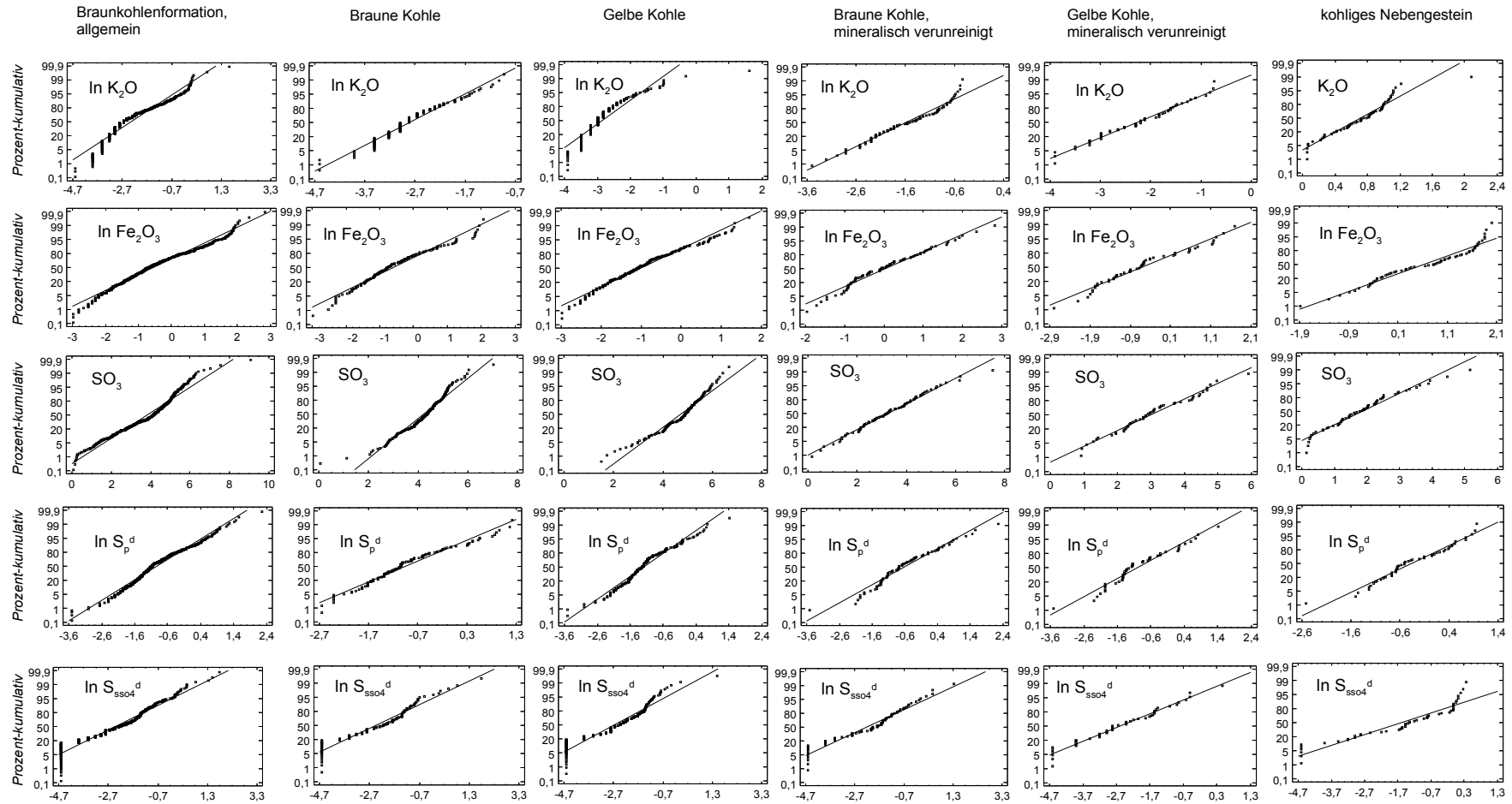
Anl.2.22



Gehalte [%]/In Gehalt

Test auf Normalverteilung

Anl.2.23



Gehalte [%]/ln Gehalt

Korrelationsmatrizen

Korrelationskoeffizienten der kohlenchemischen Parameter des Flözkomplexes
Bruckdorf (Braune Kohlen)

	A ^d	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	TiO ₂	MgO	Na ₂ O	Fe ₂ O ₃	CaO	SO ₃	C ^d	T _{sk} ^d	B ^d	H ^d	S _c ^d	S _{so4} ^d	S _p ^d	Na ₂ O _g	
A ^d	1.00																		
Al ₂ O ₃	0.53	1.00																	
SiO ₂	0.70	0.60	1.00																
K ₂ O	0.30	0.21	0.47	1.00															
TiO ₂	0.57	0.68	0.66	0.14	1.00														
MgO	0.01	0.09	-0.02	0.02	-0.04	1.00													
Na ₂ O	0.22	0.33	0.31	0.20	0.17	0.30	1.00												
Fe ₂ O ₃	0.31	-0.26	-0.23	-0.12	-0.04	-0.26	-0.23	1.00											
CaO	-0.19	-0.08	-0.17	-0.14	-0.04	0.48	-0.13	-0.23	1.00										
SO ₃	-0.34	-0.61	-0.63	-0.24	-0.67	0.17	-0.13	0.31	0.21	1.00									
C ^d	-0.82	-0.41	-0.49	-0.17	-0.46	0.04	-0.11	-0.40	-0.22	0.26	1.00								
T _{sk} ^d	-0.05	0.02	0.09	0.05	0.06	-0.14	-0.10	-0.15	-0.16	-0.31	0.31	1.00							
B ^d	0.08	0.03	0.15	-0.06	0.26	-0.36	-0.18	0.11	-0.25	-0.31	0.10	0.60	1.00						
H ^d	0.00	-0.02	0.02	0.09	0.01	-0.02	-0.03	-0.09	-0.02	-0.05	0.07	0.15	0.26	1.00					
S _c ^d	0.29	-0.31	-0.07	0.02	-0.16	-0.17	-0.09	0.63	-0.26	0.35	-0.44	-0.15	0.05	-0.05	1.00				
S _{so4} ^d	0.21	-0.10	-0.05	0.03	-0.04	0.00	0.02	0.45	-0.31	0.21	-0.14	-0.05	0.07	0.06	0.46	1.00			
S _p ^d	0.35	-0.20	-0.11	-0.10	0.11	-0.17	-0.07	0.77	-0.13	0.23	-0.46	-0.23	0.05	-0.07	0.61	0.32	1.00		
Na ₂ O _g	0.05	0.17	0.20	0.18	0.02	0.11	0.81	-0.26	-0.13	-0.08	0.03	-0.06	-0.15	-0.08	-0.20	-0.15	-0.13	1.00	

Korrelationskoeffizienten der kohlenchemischen Parameter des Flözkomplexes
Bruckdorf (Braune Kohlen, mineralisch verunreinigt)

	A ^d	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	TiO ₂	MgO	Na ₂ O	Fe ₂ O ₃	CaO	SO ₃	C ^d	T _{sk} ^d	B ^d	H ^d	S _c ^d	S _{so4} ^d	S _p ^d	Na ₂ O _g	
A ^d	1.00																		
Al ₂ O ₃	0.49	1.00																	
SiO ₂	0.89	0.22	1.00																
K ₂ O	0.57	0.78	0.38	1.00															
TiO ₂	0.29	0.40	0.29	0.28	1.00														
MgO	-0.01	0.34	-0.22	0.25	-0.14	1.00													
Na ₂ O	-0.23	0.07	-0.36	0.09	0.13	0.35	1.00												
Fe ₂ O ₃	-0.08	0.13	-0.18	0.16	-0.23	0.12	-0.04	1.00											
CaO	-0.38	-0.07	-0.50	-0.18	-0.26	0.24	0.19	-0.03	1.00										
SO ₃	-0.41	-0.54	-0.47	-0.39	-0.54	0.13	0.17	0.34	0.44	1.00									
C ^d	-0.57	-0.46	-0.53	-0.41	-0.29	-0.03	0.22	-0.07	0.35	0.31	1.00								
T _{sk} ^d	-0.48	-0.27	-0.31	-0.43	0.13	-0.28	0.01	-0.37	0.06	-0.07	0.38	1.00							
B ^d	-0.46	-0.25	-0.32	-0.40	0.07	-0.28	0.05	-0.30	0.05	-0.11	0.36	0.93	1.00						
H ^d	-0.74	-0.38	-0.59	-0.49	0.03	-0.18	0.22	-0.34	0.25	0.07	0.54	0.82	0.74	1.00					
S _c ^d	-0.04	-0.13	-0.25	-0.03	-0.37	0.03	0.01	0.71	-0.11	0.39	0.02	-0.38	-0.31	-0.26	1.00				
S _{so4} ^d	0.13	0.00	0.00	0.05	-0.20	0.25	0.15	0.38	-0.11	0.14	-0.08	-0.32	-0.26	-0.29	0.43	1.00			
S _p ^d	0.03	-0.13	-0.18	-0.13	-0.28	-0.03	-0.02	0.71	-0.15	0.38	-0.04	-0.21	-0.17	-0.24	0.85	0.35	1.00		
Na ₂ O _g	0.28	0.06	-0.32	0.03	0.21	0.17	0.77	-0.04	-0.04	-0.01	0.14	0.07	0.01	0.26	0.03	-0.05	0.00	1.00	

Korrelationskoeffizienten der kohlenchemischen Parameter des Flözkomplexes
Bruckdorf (Gelbe Kohlen)

	A ^d	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	TiO ₂	MgO	Na ₂ O	Fe ₂ O ₃	CaO	SO ₃	C ^d	T _{sk} ^d	B ^d	H ^d	S _c ^d	S _{so4} ^d	S _p ^d	Na ₂ O _g	
A ^d	1.00																		
Al ₂ O ₃	0.57	1.00																	
SiO ₂	0.73	0.56	1.00																
K ₂ O	0.24	0.14	0.20	1.00															
TiO ₂	0.54	0.66	0.69	0.04	1.00														
MgO	0.13	-0.02	-0.14	0.05	-0.21	1.00													
Na ₂ O	0.14	0.19	-0.08	-0.08	0.06	0.24	1.00												
Fe ₂ O ₃	0.36	-0.01	0.08	0.22	0.02	-0.13	-0.04	1.00											
CaO	0.18	-0.03	-0.05	0.14	-0.17	0.61	0.05	-0.04	1.00										
SO ₃	-0.07	-0.36	-0.50	-0.21	-0.53	0.42	0.28	0.19	0.29	1.00									
C ^d	-0.76	-0.59	-0.56	-0.17	-0.50	-0.03	-0.10	-0.27	0.00	0.20	1.00								
T _{sk} ^d	-0.26	-0.08	0.12	-0.12	0.20	-0.39	-0.19	-0.17	-0.30	-0.37	0.31	1.00							
B ^d	-0.19	-0.12	0.12	-0.04	0.12	-0.29	-0.25	-0.12	-0.19	-0.30	0.31	0.73	1.00						
H ^d	-0.12	-0.16	0.03	0.05	0.04	-0.19	-0.16	-0.08	-0.12	-0.17	0.17	0.29	0.34	1.00					
S _c ^d	0.28	-0.14	-0.05	0.10	-0.12	0.09	0.03	0.45	-0.04	0.36	-0.13	-0.29	-0.17	-0.06	1.00				
S _{so4} ^d	0.07	-0.16	-0.05	-0.04	-0.11	0.12	0.10	0.12	0.02	0.13	0.08	0.02	0.20	0.05	0.22	1.00			
S _p ^d	0.34	-0.03	0.03	0.11	0.01	-0.09	0.07	0.70	-0.10	0.21	-0.25	0.31	0.18	0.05	0.48	0.24	1.00		
Na ₂ O _g	0.02	0.09	-0.21	-0.04	-0.04	0.05	0.84	0.01	-0.09	0.34	-0.05	-0.24	-0.26	-0.15	0.00	0.09	0.15	1.00	

Korrelationskoeffizienten der kohlenchemischen Parameter des Flözkomplexes
Bruckdorf (Gelbe Kohlen, mineralisch verunreinigt)

	A ^d	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	TiO ₂	MgO	Na ₂ O	Fe ₂ O ₃	CaO	SO ₃	C ^d	T _{sk} ^d	B ^d	H ^d	S _c ^d	S _{so4} ^d	S _p ^d	Na ₂ O _g	
A ^d	1.00																		
Al ₂ O ₃	0.20	1.00																	
SiO ₂	0.87	-0.16	1.00																
K ₂ O	0.21	0.88	-0.11	1.00															
TiO ₂	0.25	0.21	0.31	0.23	1.00														
MgO	-0.28	0.31	-0.49	0.16	-0.24	1.00													
Na ₂ O	-0.43	0.13	-0.53	0.14	0.03	0.47	1.00												
Fe ₂ O ₃	-0.02	0.42	-0.34	0.40	-0.06	0.11	-0.02	1.00											
CaO	-0.37	0.19	-0.58	0.02	-0.38	0.80	0.35	0.27	1.00										
SO ₃	-0.24	-0.29	-0.38	-0.18	-0.38	0.24	0.18	0.52	0.40	1.00									
C ^d	-0.75	-0.14	-0.77	-0.21	-0.41	0.47	0.44	-0.06	0.53	0.11	1.00								
T _{sk} ^d	-0.47	-0.27	-0.31	-0.43	0.13	-0.28	0.01	-0.37	0.06	-0.07	0.38	1.00							
B ^d	-0.46	-0.25	-0.32	-0.40	0.07	-0.28	0.05	-0.30	0.05	-0.11	0.36	0.93	1.00						
H ^d	-0.74	-0.38	-0.59	-0.49	0.03	-0.18	0.23	-0.34	0.25	0.07	0.54	0.82	0.74	1.00					
S _c ^d	-0.04	-0.13	-0.25	-0.03	-0.37	0.03	0.01	0.71	-0.11	0.39	0.02	-0.38	-0.31	-0.26	1.00				
S _{so4} ^d	0.13	0.00	0.00	0.05	-0.20	0.25	0.15	0.38	-0.11	0.14	-0.08	-0.32	-0.26	-0.29	0.43	1.00			
S _p ^d	0.03	-0.13	-0.19	-0.13	-0.28	-0.03	-0.02	0.71	-0.15	0.38	-0.04	-0.21	-0.17	-0.24	0.85	0.35	1.00		
Na ₂ O _g	-0.28	0.06	-0.32	0.03	0.21	0.17	0.77	-0.04	-0.04	0.00	0.14	0.07	0.01	0.26	0.03	-0.05	0.00	1.00	

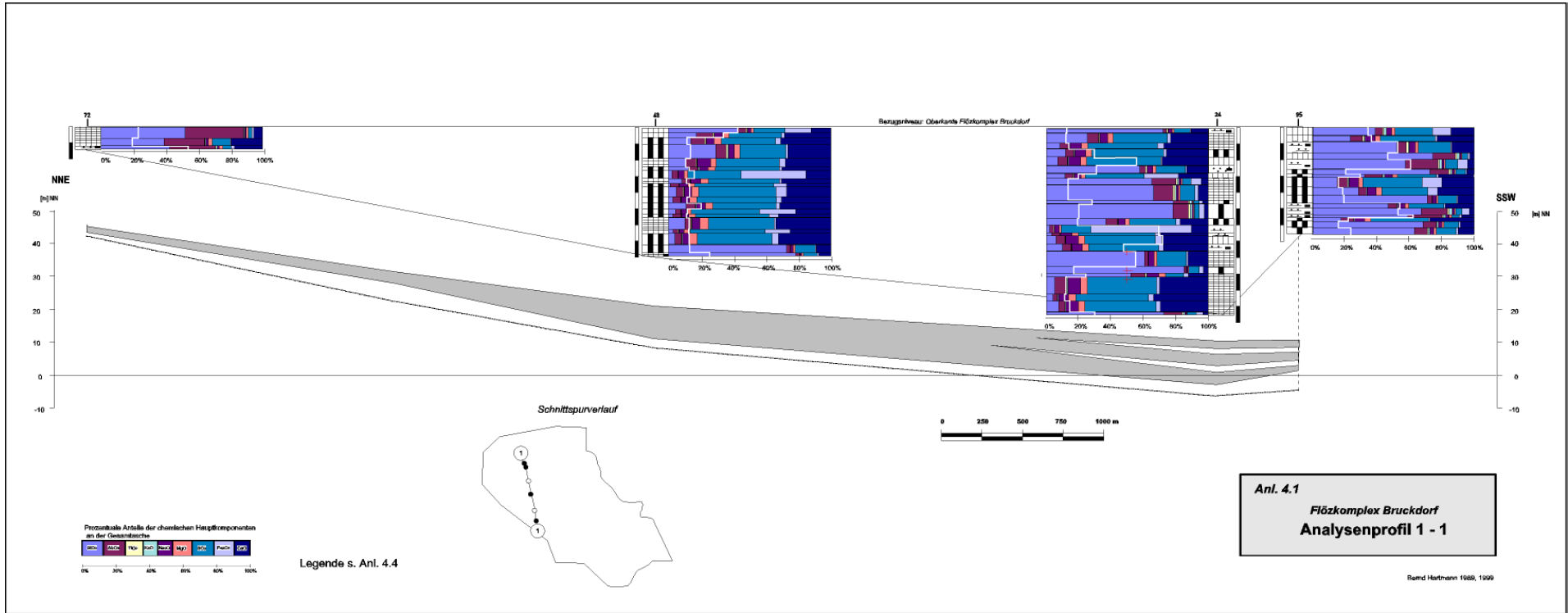
Korrelationskoeffizienten der kohlenchemischen Parameter des Flözkomplexes
Bruckdorf (kohliges Nebengestein)

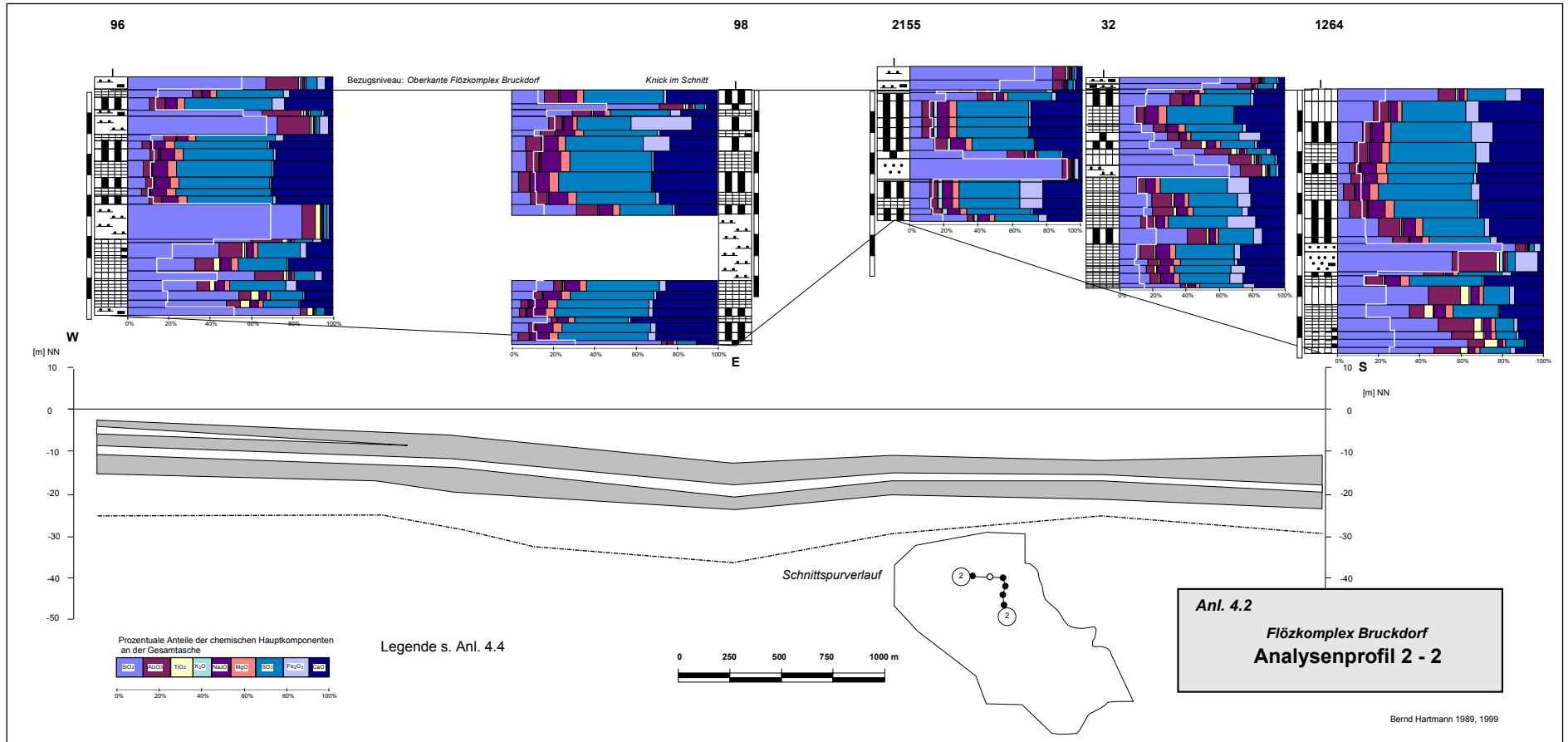
	A ^d	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	TiO ₂	MgO	Na ₂ O	Fe ₂ O ₃	CaO	SO ₃	C ^d	T _{sk} ^d	B ^d	H ^d	S _c ^d	S _{so4} ^d	S _p ^d	Na ₂ O _g	
A ^d	1.00																		
Al ₂ O ₃	-0.06	1.00																	
SiO ₂	0.85	-0.56	1.00																
K ₂ O	0.31	0.67	-0.14	1.00															
TiO ₂	0.23	0.09	0.15	0.15	1.00														
MgO	-0.15	0.76	-0.55	0.58	0.03	1.00													
Na ₂ O	-0.47	0.37	-0.61	0.29	-0.02	0.75	1.00												
Fe ₂ O ₃	-0.13	-0.32	-0.32	0.67	-0.09	0.61	0.18	1.00											
CaO	-0.55	-0.52	-0.52	-0.07	-0.29	0.16	0.49	-0.19	1.00										
SO ₃	-0.41	-0.48	-0.48	-0.12	-0.51	0.19	0.50	0.12	0.51	1.00									
C ^d	-0.40	-0.22	-0.18	-0.44	0.03	-0.27	0.19	-0.28	0.17	0.16	1.00								
T _{sk} ^d	-0.53	-0.46	-0.09	-0.63	0.40	-0.46	0.12	-0.69	0.20	-0.13	0.40	1.00							
B ^d	-0.22	-0.23	-0.01	-0.39	0.49	-0.23	0.07	-0.33	-0.17	-0.26	0.45	0.67	1.00						
H ^d	-0.72	-0.18	-0.45	-0.47	0.21	-0.20	0.30	-0.36	0.36	0.12	0.65	0.79	0.56	1.00					
S _c ^d	-0.07	0.57	-0.50	0.50	-0.37	0.59	0.03	0.91	-0.08	0.30	-0.29	-0.61	-0.42	-0.26	1.00				
S _{so4} ^d	0.07	0.53	-0.35	0.57	-0.39	0.50	0.06	0.91	-0.08	0.31	-0.29	-0.68	-0.45	-0.39	0.86	1.00			
S _p ^d	0.04	0.33	-0.25	0.30	-0.37	0.31	-0.06	0.72	-0.13	0.29	-0.07	-0.43	-0.22	-0.28	0.64	0.68	1.00		
Na ₂ O _g	0.76	0.02	-0.71	-0.25	-0.08	0.08	0.38	-0.16	0.47	0.35	-0.08	0.17	0.09	0.55	0.00	-0.18	-0.16	1.00	

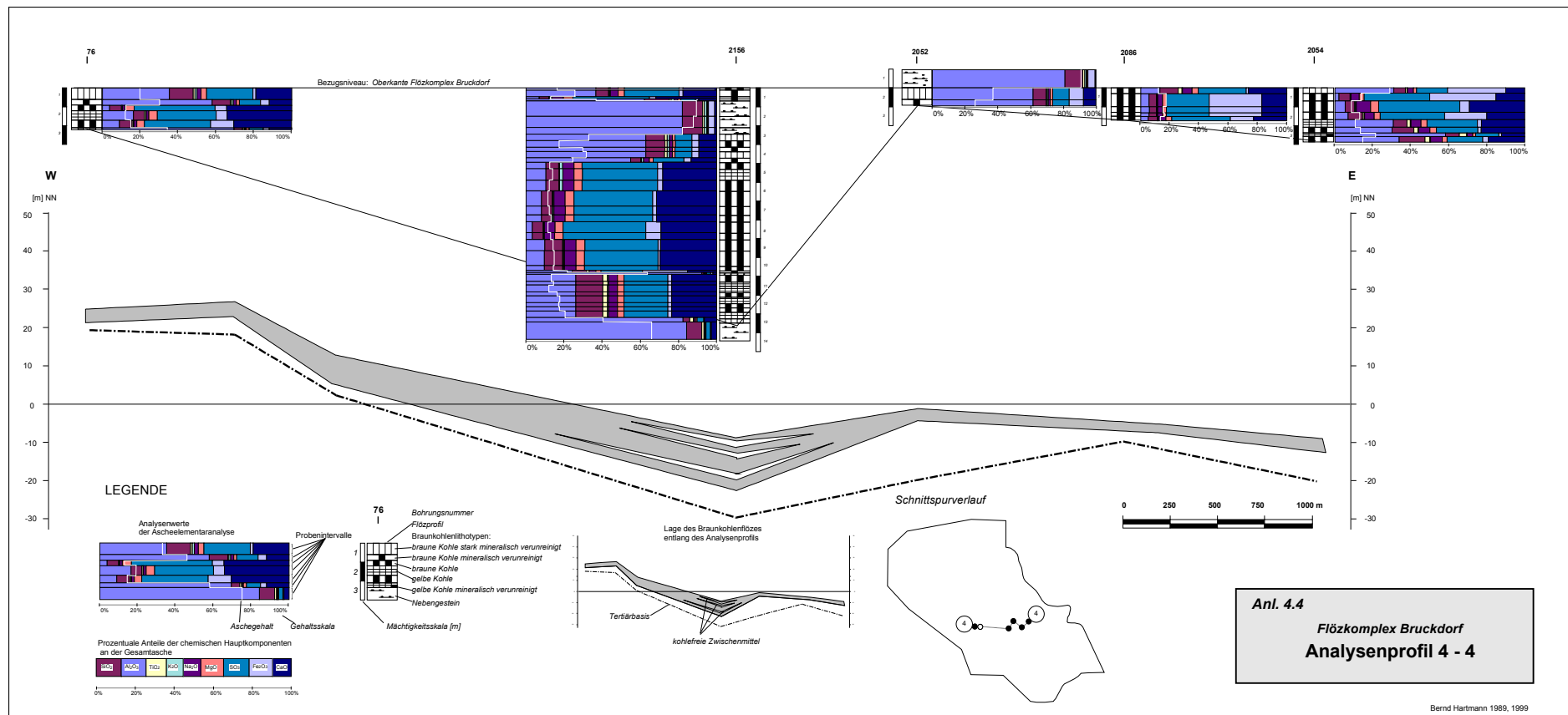
Korrelationskoeffizienten der kohlenchemischen Parameter des Flözkomplexes
Bruckdorf (Flözkomplex gesamt)

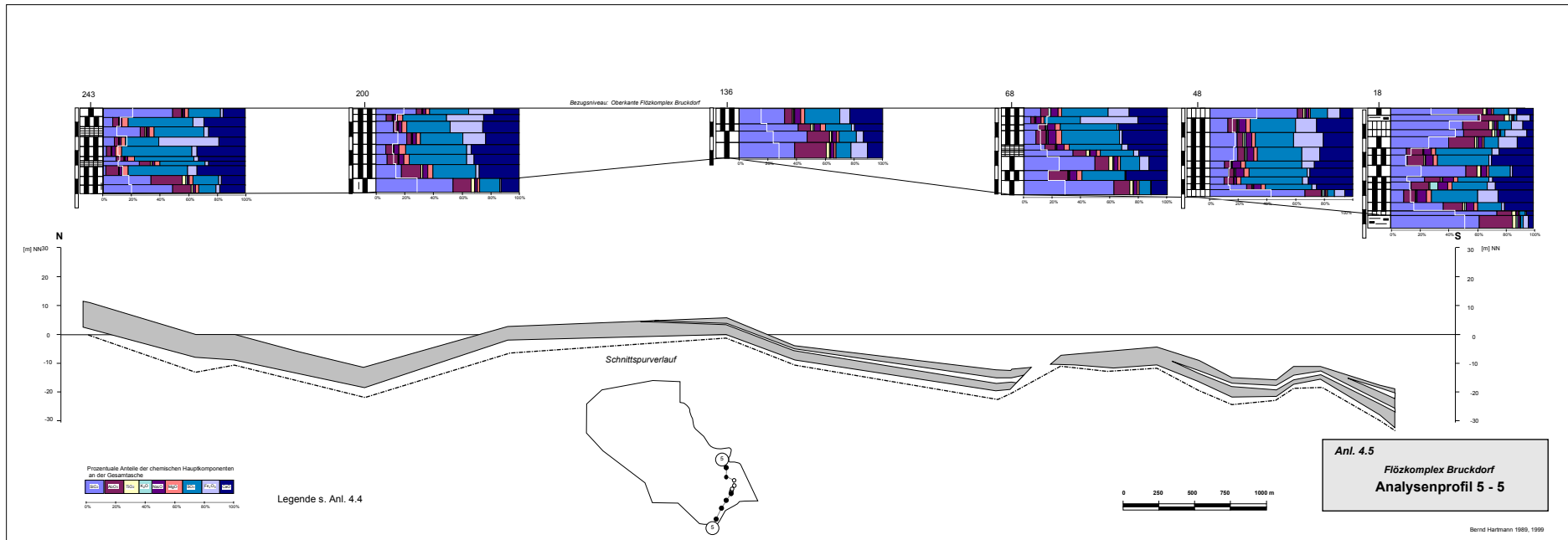
	LGDN	A ^d	T _{sk} ^d	C ^d	H ^d	S _c ^d	B ^d	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	SO ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	S _p ^d	S _{so4} ^d	
LGDN																			
A ^d	-0,01																		
T _{sk} ^d	-0,16	-0,62																	
C ^d	0,01	-0,96	0,67																
H ^d	-0,07	-0,80	0,80	0,82															
S _c ^d	0,22	0,12	-0,36	-0,17	-0,23														
B ^d	-0,07	-0,55	0,93	0,61	0,75	-0,30													
SiO ₂	-0,02	0,98	-0,54	-0,93	-0,75	-0,01	-0,48												
Al ₂ O ₃	-0,11	0,80	-0,53	-0,82	-0,65	0,11	-0,45	0,70											
CaO	0,15	-0,68	0,26	0,68	0,47	-0,12	0,21	-0,71	-0,54										
MgO	0,06	0,09	-0,23	-0,10	-0,15	0,14	-0,28	0,01	0,28	-0,07									
Na ₂ O	-0,37	-0,22	0,06	0,23	0,15	-0,04	0,00	-0,27	-0,04	0,25	0,20								
SO ₃	0,25	-0,65	0,13	0,64	0,38	0,21	0,10	-0,69	-0,65	0,58	0,01	0,18							
TiO ₂	-0,31	0,72	-0,29	-0,70	-0,48	-0,13	-0,27	0,71	0,69	-0,51	0,00	-0,07	-0,73						
Fe ₂ O ₃	0,10	0,39	-0,39	-0,42	-0,39	0,81	-0,30	0,26	0,37	-0,33	0,13	-0,13	-0,04	0,11					
K ₂ O	-0,01	0,55	-0,37	-0,54	-0,45	0,14	-0,32	0,49	0,59	-0,37	0,12	-0,15	-0,48	0,37	0,30				
S _p ^d	0,08	0,24	-0,29	-0,27	-0,27	0,77	-0,23	0,13	0,17	-0,23	0,07	-0,06	0,07	0,03	0,86	0,13			
S _{so4} ^d	0,20	0,21	-0,25	-0,23	-0,22	0,36	-0,19	0,16	0,20	-0,18	0,17	0,05	-0,05	0,04	0,41	0,17	0,28		

Analysenschnitte









Laborberichte

Laborbericht
(Abschrift)

Röntgenfluoreszenzanalytik

Vorhaben: Braunkohlenerkundung Delitzsch NW II (DE-NW II)
 Antragsteller: B. Hartmann GU2
 Auftrags-Nr.: RFA 17/92
 Bearbeitung: Geologische Forschung und Erkundung Halle; Stottmeister, B. 12.03.1992

ERGEBNISSE DER RÖNTGENFLUORESZENZANALYTIK								
Komponente/ Element	Einheit	NWG	Probenbezeichnung					
			100-85/1	100-85/2	100-85/3	100-85/4	100-85/5	100-85/6
SiO ₂	M %		44.75	1.84	2.28	63-37	1.44	28.16
Al ₂ O ₃	M %		9.90	1.114	1.31	20.34	1.22	1.33
CaO	M %		1.14	3.40	3.47	0.24	3.58	2.71
MgO	M %		0.562	0.681	0.651	0.652	0.713	0.481
Na ₂ O	M %		0.624	1.348	1.197	0.314	1.282	0.808
K ₂ O	M %		0.89	0.03	0.01	2.00	0.04	0.04
Fe ₂ O ₃	M %		1.48	0.05	0.07	0.83	1.37	0.16
TiO ₂	M %		0.60	0.05	0.08	0.95	0.03	0.70
P ₂ O ₅	M %		0.032	0.008	0.064	0.042	0.008	0.126
SO ₃	M %		4.998	8.269	7.022	0.381	10.257	4.468
As	mg/kg	5	7	15	16	8	11	17
Ba	mg/kg	15	109	430	227	212	73	353
Bi	mg/kg	3	<3	<3	<3	<3	<3	<3
Br	mg/kg	5	7	7	11	<5	9	8
Cd	mg/kg	0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Cl	mg/kg	20	1152	4022	4681	671	3553	2460
Co	mg/kg	3	4	<3	3	3	<3	<3
Cr	mg/kg	2	91	133	<2	63	7	18
Cu	mg/kg	3	<3	<3	<3	<3	<3	3
F	mg/kg	200	1119	1464	1420	841	1326	1133
Ga	mg/kg	3	17	14	13	25	8	13
Hg	mg/kg	0.5	2.4	<0.5	<0.5	2.4	<0.5	<0.5
Mn	mg/kg	5	35	70	76	311	85	58
Mo	mg/kg	2	7	<2	<2	6	<2	<2
Ni	mg/kg	3	9	<3	<3	7	<3	<3
Pb	mg/kg	5	8	<5	<5	17	<5	<5
Rb	mg/kg	1	51	1	<1	107	<1	3
Se	mg/kg	1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Sn	mg/kg	3	13	13	15	10	3	23
Sr	mg/kg	2	97	254	440	61	261	274
Tl	mg/kg	0.5	0.7	<0.5	<0.5	1.0	<0.5	<0.5
Th	mg/kg	3	16	<3	<3	21	3	30
U	mg/kg	2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
V	mg/kg	2	37	<2	<2	55	<2	5
W	mg/kg	5	<5	6	6	<5	5	6
Zn	mg/kg	2	22	16	13	28	8	17
Zr	mg/kg	1	466	48	57	305	7	431
Summe			65.34	17.54	16.89	93.38	21.51	39.53

f. d. R. der Abschrift:

Laborbericht
(Abschrift)

Röntgenographische Mineralbestimmung

Vorhaben: Braunkohlenerkundung Delitzsch NW II (DE-NW II)

Antragsteller: B. Hartmann GH-BK

Auftrags-Nr.: 1.06515.5101.7

Arbeits-Nr.: Rö. 1401

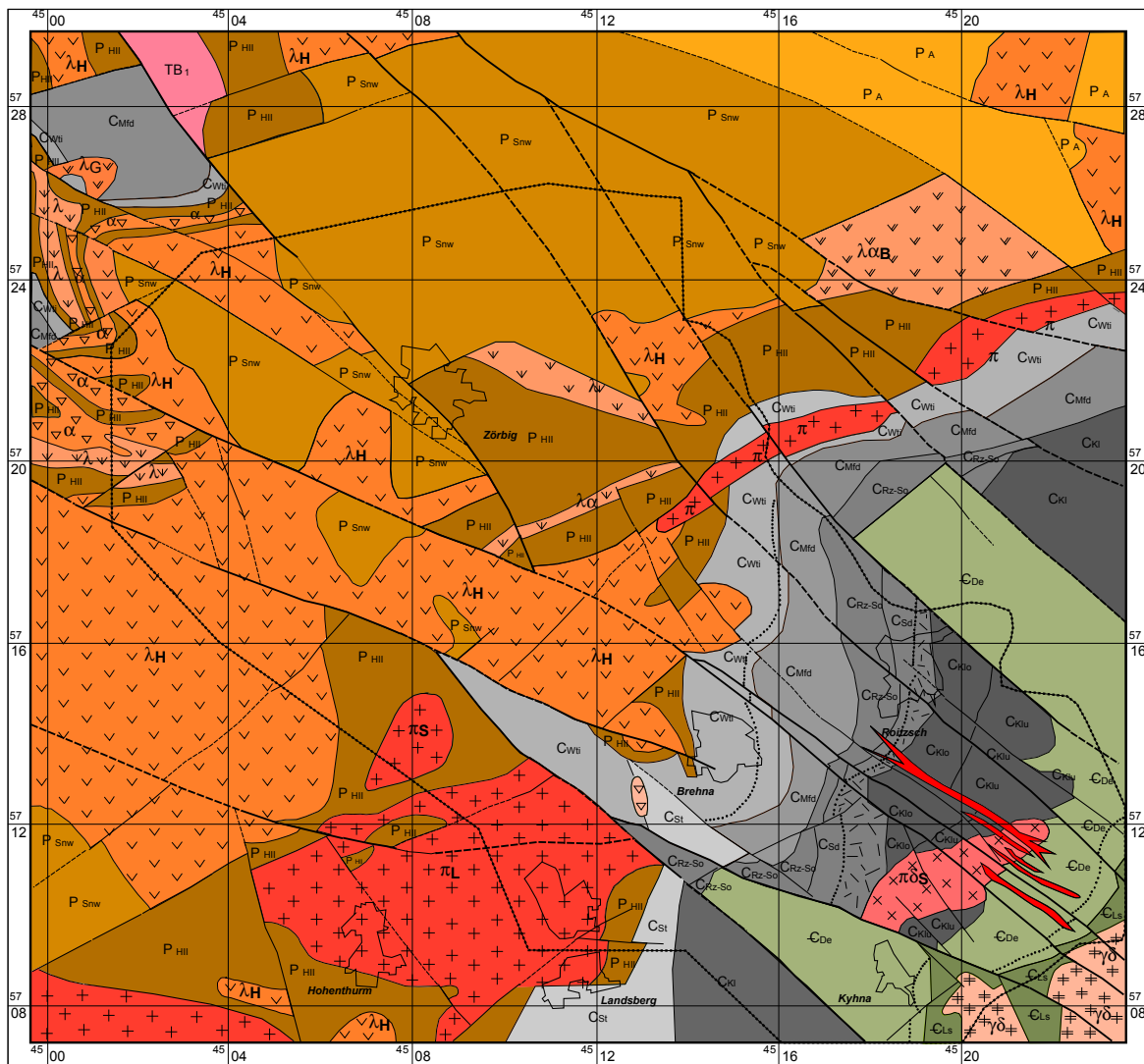
Bearbeitung: Geologische Forschung und Erkundung Halle; Hettstedt, L.; 14.12.1989

Probe-Nr.	Entnahmeteufe [m u. Gel.]	Probenzustand	Aschegehalt [%]	Bestandteile	
				Hauptbestandteile	Nebenbestandteile
100/85-1	82,4m-	unverascht	75,4	Quarz	Illit, Gips, Kaolinit, Kalifeldspat, Plagioklas
	82,6m	verascht		64 % Quarz	4 % Anhydrit, 1% Hämatit, 1 % Plagioklas, 1 % Kalifeldspat, Illit (dehydriert)
100/85-2	83,2m-	unverascht	14,2	Quarz, röntgenamorphe Anteile	
	83,7m	verascht		51 % Anhydrit	16 % Quarz, Dolomit?
100/85-3	87,5m-	unverascht	13,2	Quarz, röntgenamorphe Anteile	Kaolinit ?
	88,6m	verascht		53 % Anhydrit	11 % Quarz,
100/85-4	87,0m-	unverascht	92,2	Quarz, Kaolinit, Muskovit	Kalifeldspat, Plagioklas
	87,2m	verascht		48 % Quarz	2 % Anhydrit, 2 % Plagioklas, 2 % Kalifeldspat, Illit
100/85-5	90,6m-	unverascht	14,3	Quarz, Gips, röntgen- amorphe Anteile	
	91,6m	verascht		53 % Anhydrit	7 % Quarz, 10 % Hämatit
100/85-6	91,6m-	unverascht	32,6	Quarz	Kaolinit
	92,3m	verascht		64 % Quarz	15 % Anhydrit

f. d. R. der Abschrift:

Geologische Karte
(ohne känozoische Bildungen)/

Abgedeckte geologische Karte ohne känozoische Bildungen

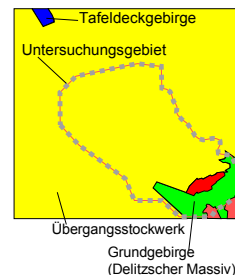


Legende

Paläozoikum	Kambrium	Unter- kambrium	Kambrium	Mittel- kambrium	Oberkarbon	Karbon	Perm	Trias	Mesozoikum	Sedimentgesteine	
		Stefan	P _A	TB ₁							
					C _{St}	C _{Mfd}	C _{Rz-So}	P _{Snw}	P _{Hll}		
		C _{Kl}	C _{Klo}	C _{Klu}							
					C _{De}	C _{Ls}	C _{De}	C _{Ls}			

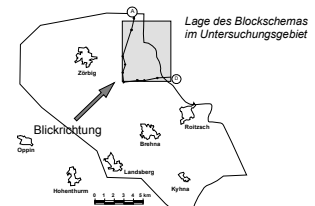
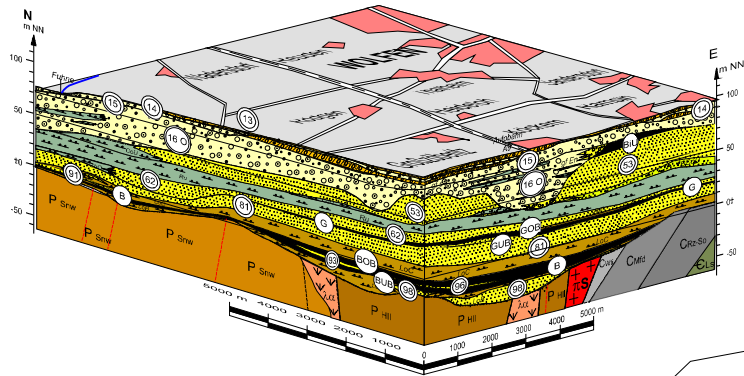
C ₂ -P ₁	∇ λ _H ∇	Rhyolith-Lava Hallescher, Hohnsdorfer, Wettiner, Riesdorf-Quellendorfer, Mosigkauer, Schkeuditzer Poprphyr
C ₂ -P ₁	+ πS+	Mikrogranit-Subeffusiva Schwerzer Porphy
C ₂ -P ₁	+ πL+	Mikrogranit-Subeffusiva bis Intrusiva Löbejüner und Landsberger Porphy
C ₂ -P ₁	∇ λ ∇	Rhyolith- bis Latit-Lava 4. Eruptivperiode (Gebiet Petersberg-Radegast)
C ₂ -P ₁	∇ α ∇	Andesit-Lava 3. Eruptivperiode (Gebiet Petersberg-Radegast)
C ₂ -P ₁	∇ λM ∇	Rhyolith-Decken und Extrusiva Muldensteiner, Schlettauer, Dübener, Quellendorfer Porphy
C ₂ -P ₁	∇ λαB ∇	Rhyolith-bis Dazit-Effusiva (nördlich Bitterfeld)
C ₂ -P ₁	× πδS ×	Mikrogranodiorit- und Mikromonzonit-Subeffusiva und Gänge Schenkenberger Porphy
C ₁	≠ γδ ≠	Granodiorit-Monzogranit
C ₂ -P ₁	∇ λG ∇	Rhyolith-Lava Görziger u.a. Porphyre

a)	b)	Störungen regionaler Bedeutung
—	- - -	
a)	b)	Störungen lokaler Bedeutung
—	- - -	
a)	b)	Stratigraphische und lithologische bzw. petrographische Grenze
—	- - -	
		Kontaktmetamorphose



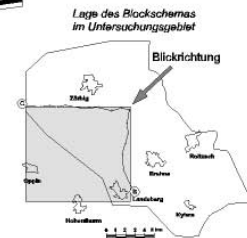
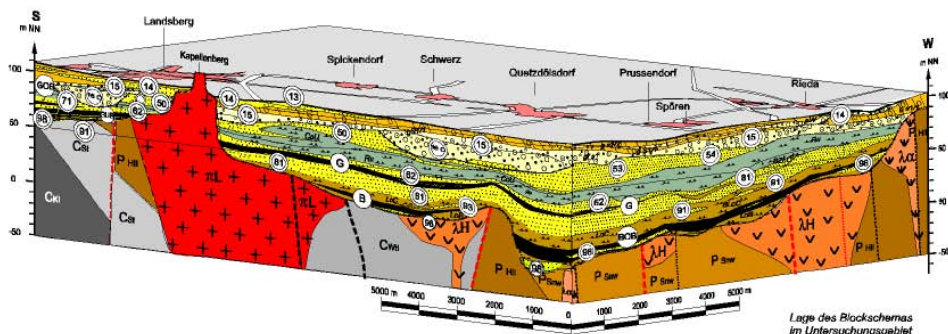
Blockbilder

Blockschema A-D



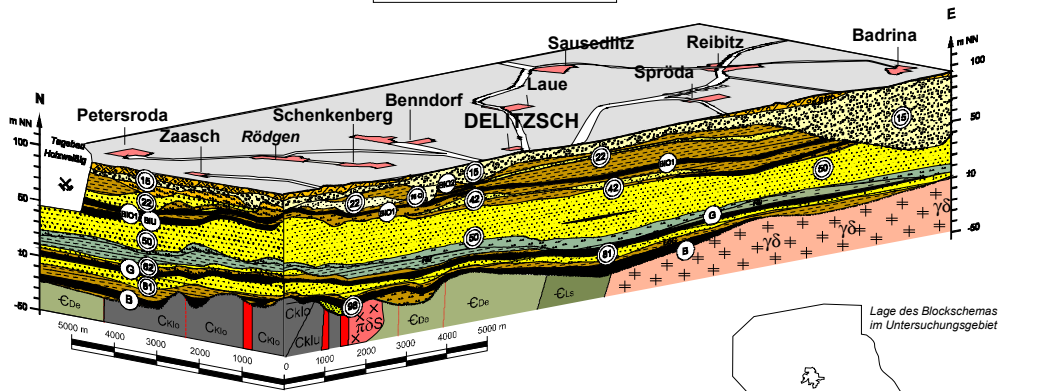
Legende s. Anl. 7

Blockschema B-C



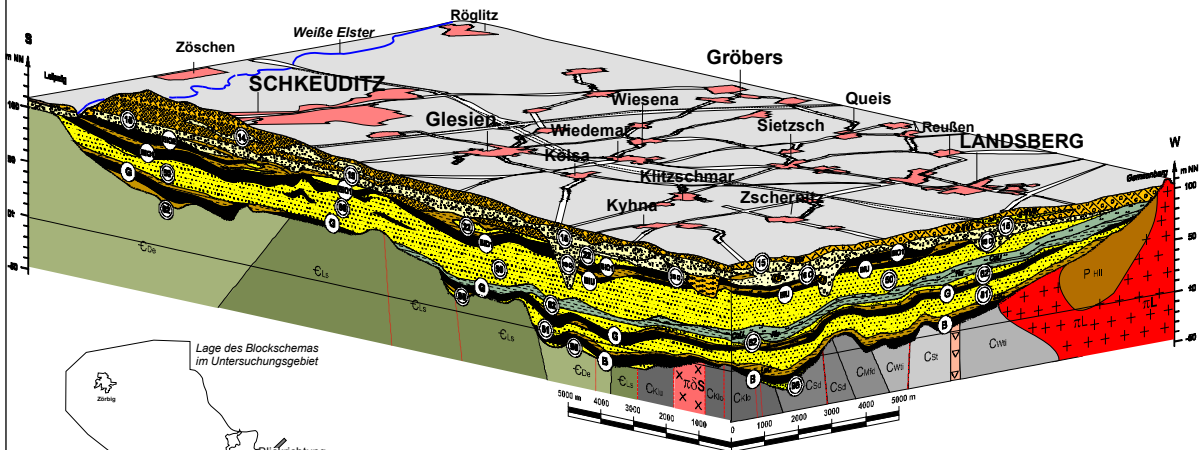
Legende s. Anl. 7

Blockschema E-H



Legende s. Anl. 7

Blockschema G-F



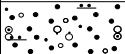
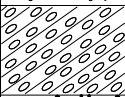
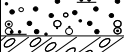
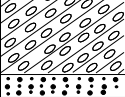





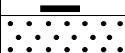
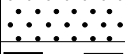


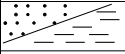
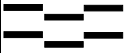
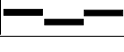
Legende s. Anl. 7

Stratigraphische Tabelle

Anlage 9.1

Stratigraphie		Schichtenfolge		Stratigr. Schlüssel	Mächtigkeiten (m)			Grundwasserleiter Nr.	Petrographie	Verbreitung		
					min	max	Mittel					
					2	3	4				5	6
Quartär	Holozän		Mu	Bodenhorizont		0,3	0,8	0,5	-	Feinsande	fast lückenlos an angrenzende Bachläufe gebunden an holozäne Talzonen gebunden vereinzelt in der Fuhne	
			Auelehm	qh	0,6	1,9	1,0	-				
			Auesande	-	-	1,4						
			Torf, Faulschlamm	0,3	1,2	0,8						
	Pleistozän	Weichselkomplex			Löß, Fließerdien	qw	0,3	2,0	1,0		Schluff, feinsandig	Niederung weitflächig, Fließerdien vereinzelt an Talhängen
				Saale - Komplex	Saale - I - Kaltzeit		Schmelzwassersande	qso	0,4	5,0	2,4	13
			Schluffe, Tone			qso	4,3	4,4	4,3	Fuhneau		
			2. Saalegrundmoräne			qsLo	0,2	10,4	2,6	Geschiebemergel	im Südteil zusammenhängend, im Norden isolierte Vorkommen	
			Bruckdorfer Bänderthon			qsBFT	0,4	1,2	0,6		Schluff, tonig, sandig, gebändert	lokal
			Schmelzwassersande			qsu	0,2	10,0	3,0		14	Sande, Kiese, z.T. schluffig
			1. Saalegrundmoräne			qsZ	0,2	11,1	3,8	Geschiebemergel	großflächig, im Osten/Nordosten erosiv begrenzt	
			Böhlen/Lochauer Bänderthon			qsBL	0,4	1,5	1,1		schluffig, sandig, tonig	lokal
			Schmelzwassersande	qsu	10,5	13,3	12,0	14/15	Sande und Kiese			
	Hauptterrassenschotter	qsM	0,9	14,8	7,2	15	Sande und Kiese	fast lückenlos				

Anlage 9.2

Stratigraphie				Schichtenfolge		Stratigr. Schlusssel	Mächtigkeiten (m)			Grundwasserleiter Nr.	Petrographie	Verbreitung		
							min	max	Mittel					
				Signatur	1		2	3	4	5	6	7		
Quartär	Pleistozän	Elsterkomplex	Elster-II - Kaltzeit		Rinnensedimente und Mischschotter	qe2	0,4	101,2	15,7	160	Kiese, Sande mit Schluff/Ton, Braunkohle und Geschiebemergel	Rinnenfüllungen, Kitzen-dorfer Rinne, Lissaer-, Kyhnaer Rinne u.a.		
					Elster - II - Grundmoräne	qe2	1,2	4,5	3,2			lokal		
			Elster - I - Kaltzeit		Rinnensedimente	qe1	8,1	17,7	12,2	174	Mittel - bis Grob-sand	lokal, östlich der Auto-bahn		
					Elster - I - Grundmoräne	qe1	1,6	9,5	3,5		lokal, im Norden			
					Sande	qe1			1,6	171	feinkörniger Geschiebemergel	lokal		
					Leipzig/Schkeuditzer Terrassenschotter	qe1	1,0	3,0	2,3	18	Sand, Kies, sandig	lokal		
	Neogen	Miozän	Untermiozän	Bitterfelder Decktonkomplex		Oberer Ton/Schluff-Horizont	(tmiBD)				21	helle Tone/Schluffe	lokal im Süden/Süd-westen von Roitzsch	
						Sande							Feinsande bis Mittelsande	lokal um Roitzsch
						Flözhorizont Brandis	tmiFBS						Schluffe/Braunkohle	lokal um Roitzsch
						Sande								Feinsande bis Mittelsande
					Decktonflöz	tmiFBD							Tone/Schluffe/ Braunkohle	lokal um Roitzsch
Bitterfelder Flözkomplex					Roitzscher Flusssandzone							23	Mittelsande mit rosa Feldspäten	um Roitzsch
					Deckton der Bitterfelder Oberbank - 2	(tmiFBI)							helle Tone	südl. Roitzsch/Brehna zwischen Roitzsch u. Brehna
					Bitterfelder Oberbank 2	tmiFBlo2	0,1	5,2	1,5				Braunkohle, z.T. kryogen beeinflusst	östlich der Autobahn
					Zwischenmittel		0,9	3,2	2,1			(30)	Tone/Sande	Hauptverbreitung südl.
					Bitterfelder Oberbank 1	tmiFBlo1	0,8	10,2	2,3				Braunkohle, z.T. kryogen beeinflusst	Brehna - Roitzsch, durch Rinnensysteme unterbrochen

Anlage 9.3

Stratigraphie			Schichtenfolge		Stratigr. Schlüsse	Mächtigkeiten (m)			Grundwasserleiter Nr.	Petrographie	Verbreitung		
						min	max	Mittel					
						1	2	3				4	5
Neogen	Miozän	Untermiozän	Bitterfelder Flözkomplex	Zwischenmittel tonig/schluffig	tmiFBlu	0,3	5,3	2,5	42	Tone/Schluffe häufige Xyliteinlagerungen braune Feinsande Braunkohle Schluff, z.T kohlig	in Senkenlagen der Oberfläche der Bitterfelder Glimmer, Verbreitung durch Hauptelement -Bärenholzrücken (ENE-WSW-Streichen im Zentralteil der Südhälfte unterbrochen)		
				Zwischenmittel/sandig		0,4	1,0	0,7					
Bitterfelder Unterbank	0,4			4,5		2,8							
Liegendschluff	0,1			1,2		0,4							
Paläogen	Oligozän	Oberoligozän	Cottbus - Formation	obere	tol+ tmiCOo	Obere Bitterfelder Glimmersande (B)	tolBT	0,2	6,5	0,9	51	Feinsande, z. T. Mittelsande, glimmerführend z.T. als Braunkohlenflöz ausgebildet, braune glimmerführende Schluffe mit Bernsteineinlagerungen	im gesamten Gebiet fast lückenlos verbreitet
						Flözhorizont Breitenfeld		20,7	37,1	28,1			
		Unteroligozän		untere	tol+ tmiCOo	Untere Bitterfelder Glimmersande (A)	tolCOu	12,0	16,0	14,0	(54)	z.T. stark glaukonitische wechselagernde Schluffe und Feinsande, lokal mit gelben Sandsteinbänken (im cm - Bereich) mit Silikatzement	hauptsächlich im Gebiet zwischen Brehna und Roitzsch; sonst sehr lückenhaft
						Glaukonitsande und Schluffe							
Unteroberoligozän	Rupel - Folge Rupelton				tolR	Schluff bis Ton	0,3	19,7	5,4	61	Glaukonitkörner, im unteren Bereich Pyritkonkretionen, häufig Septarien, an der Basis häufig sandig, fossilführend(Foraminiferen, Mollusken)	fast lückenlos verbreitet	
						Sand	0,2	1,0	0,6				
						Schluff bis Ton	1,1	23,3	8,6				

Stratigraphie		Schichtenfolge		Stratigr. Schlüsse	Mächtigkeiten (m)			Grundwasserleiter Nr.	Petrographie	Verbreitung				
					min	max	Mittel							
		Signatur	1		2	3	4	5	6	7				
Paläogen	Oligozän	Unteroligozän	Rupel - Folge Zörbig - Formation Flözkomplex Gröbers	Obere		Sande	(tolR) tolZB	0,1	20,5	8,1	63	Feinsand, oft schluffig mit z.T. silikatisch, verfestigten Partien	im gesamten Gebiet	
				Deckton Flöz Gröbers Oberbank		0,3	3,0	1,0		Schluff, tonig Braunkohle, stark mineralisch unreinigt	im Nordostteil lückenhaft als als fazielle Vertretung durch kohlige			
				Zwischenmittel		0,1	4,9	0,9	71	Schluffe oder Sande	Raum Köckern/ Roitzsch/			
				Flöz Gröbers Unterbank		0,2	6,0	2,0			Brehna Schluffe, im Südteil ungespaltenes Flöz			
				Liegendschluff		0,2	3,0	0,9		Schluff, tonig				
				Rupelbasis-Sand	tolRa	0,5	27,6	11,2	81	Fein-bis Mittelsande z.T. silikatisch verfestigt, selten glaukonitische Lagen	fast lückenlos			
				Oberer Gröbers-Sand	tolZB7									
	Eozän	Obereozän	Lochau - Formation C	Untere		Schluffe	teoRZS2	0,3	7,1	1,9		91	Schluff, tonig z.T. sandig	fast lückenlos
					Kohleschluff	teoRZS2	0,4	5,9	2,2		stark kohlige Schluffe, z.T. Braunkohle	Sande, lokal		
					Bruckdorfer Tone	teoRZS2	0,3	12,7	2,7		Ton bis Schluff			
					Domsener Sande	teoRZS1	0,3	4,0	1,4		Feinsand			
					Tone/Schluffe	teoRZS1	0,6	11,2	2,5		Tone bis Schluffe			
					Kohleschluffe	teoRSD	0,2	14,1	2,0		stark kohlig, z.T. Braunkohle			
					Tone/Schluffe	teoRSD3	0,2	17,6	3,1		Ton bis Schluff			
	Sand	teoRSD1	0,1	8,5	1,4		Feinsand							
	Tone/Schluffe	teoRBD3	0,2	15,0	3,0		Ton bis Schluff							

Anlage 9.5

Stratigraphie			Schichtenfolge		Stratigr. Schlüsse	Mächtigkeiten (m)			Grundwasserleiter Nr.	Petrographie	Verbreitung	
						min	max	Mittel				
			Signatur	1		2	3	4				5
Paläogen	Eozän	Obereozän	Flözkomplex Bruckdorf		Flöz Bruckdorf ungespalten	teoFBD1	0,2	11,4	2,8	(95)	Braunkohle, bankig bis stückig	im gesamten Gebiet verbreitet
					Bruckdorfer Oberbank ungespalten	teoFBD02	0,2	7,5	4,3		Braunkohle, bankig bis stückig	Sande nur lokal
					Bruckdorfer Oberbank 2		0,3	4,3	1,6		Braunkohle bankig bis stückig	Sande nur lokal
					Zwischenmittel	0,1	8,4	1,9	Schluffe, z.T. Sande		- im Südteil eine Flözbank mit lokalen eng begrenzten Aufspaltungen, Lücken im Bereich oberhalb 0 m NN der Prätertiäroberfläche	
					Bruckdorfer Oberbank 1	teoFBD01	0,2	8,4	2,3		Braunkohle	- im Raum Köckern/Brehna/Roitzsch Aufspaltung in 2 Bänke im Senkenbereich
					Zwischenmittel	0,1	8,1	1,8	Schluffe, z.T. Sande		- im Raum östlich, nordöstlich von Zörbig Flözaufspaltung in bis zu 4 Flözbänke im Senkenbereich, im Bereich bis 30,0 m NN der Prätertiäroberfläche, Vertaubung der unteren Flözpartien	
					Bruckdorfer Unterbank ungespalten	teoFBDu	0,3	7,1	3,1		Braunkohle, oft bankig	
					Bruckdorfer Unterbank 2	teoFBDu1	0,4	3,5	1,3		Braunkohle, oft bankig	
					Zwischenmittel	0,1	5,1	1,8	Schluffe, z.T. Sande			
				Bruckdorfer Unterbank 1	teoFBDu2	0,4	7,2	2,6				
			Lochau-Formation B (Bruckdorf-Basis-Schichten)		Liegendton	teoLOb	0,2	17,2	2,7	98	Tone und Schluffe z.T sandig, kaolinisch mit Tertiärquarzit; feine bis grobe Sande z.T. kiesig	großflächig, Sande besonders im Senkenbereich
					Sande	(teoRBD1)	0,1	28,2	4,0		Tone und Schluffe z.T. sandig, kaolinisch	
					Ton (Kapselton)							
			Perm	Autun (Unterrotliegendes)	Sennewitz-Schichten		Sand-, Schluff-, Tonsteine mit Tuffen und Konglomeraten	ruSN				
Halle-Schichten		Sandsteine/Schluffsteine mit Tonsteinen und Tuffen mit untergeordneten Quarzit-Kieselschiefer Konglomeraten			ruHL					im NE- und Südteil des Gebietes		

Stratigraphie				Schichtenfolge		Stratigr. Schlüssel	Mächtigkeiten (m)			Grundwasserleiter Nr.	Petrographie	Verbreitung		
							min	max	Mittel					
				Signatur	1		2	3	4	5	6	7		
Perm		Rotliegendes			Verwitterungsrinde (ungegliedert)	r						fast lückenlos		
					Landsberger/Schwerzer Porphyre	ruLP/ruSZP							Mikrogranit - Subeffusiva, feinkörnig	
					Hallescher Porphyre	ruHLP								Rhyolith-Lava
					Andesite bei Ostrau	ruAN								
					Schenkenberger Porphyre	ruSP								Andesit - Lava
Karbon	Oberkarbon	Stefan	Wettin-Schichten		Sand- und Schluffsteine mit Steinkohlenflözen	cstWT						Südostteil des Untersuchungsgebietes		
			Mansfeld-Schichten		Konglomerate, Sand- und Schluffsteine	cstMA								
		Westfal	Reitzsch-Söllichau-Schichten		Sandsteine, Schluffsteine mit lokalen Steinkohlenflözen	cwRS								
		Namur	Sandersdorf-Schichten		Schluff- und Tonsteine mit Sandsteinen und Steinkohlenflözen	cnSD								
		Visé	Klitzschmar-Schichten		Sandsteine, Schluffsteine und Konglomerate	cvKM								
Kambrium	Mittelkambrium		Delitzscher Folge		Feinsandsteine und Schluffsteine	cbmDL						im äußersten Süden des Gebietes		
	Unterkambrium		Lissaer Folge		Schluffstein-Dolomit-Wechsellagerung	cbmLI								

Spalte "Stratigraphie-Schlüssel" entsprechend der Schlüsseliste des GLA Sachsen-Anhalt ; Spalte "Grundwasserleiter" entsprechend Nomenklatur der Braunkohlenindustrie 1985

Kohlenchemische Daten

BGNR	JHR	LGDN	MAE	STRA	GEST.	AD	TSKD	CD	HD	SCD	BD	SIO2	AL2O3	CAO	MGO	NA2O	SO3	TIO2	FE2O3	K2O	NA2OG	SPD	SSO4D
2003	982	-104	2	7253	BK!S	31,8	8,1	46,8	3,90	3,30	2,7	21,52	1,08	2,16	0,28	0,47	3,05	0,25	0,92	0,09	0,66	0,58	0,25
2003	982	-106	2	7253	GEK	12,7	19,5	62,7	5,29	2,60	9,1	1,40	0,50	3,49	0,52	0,77	5,10	0,07	0,46	0,05	0,89	0,34	0,06
2003	982	-113	7	7253	BK	12,0	13,2	62,7	5,29	2,30	6,0	1,33	0,48	3,30	0,49	0,73	4,82	0,07	0,44	0,04	0,98	0,34	0,06
2003	982	-117	4	7253	BK	12,8	21,9	62,7	5,29	1,80	10,7	1,42	0,51	3,52	0,52	0,78	5,14	0,07	0,47	0,05	0,84	0,34	0,06
2003	982	-124	7	7253	BK	13,1	12,4	62,7	5,29	2,30	5,6	1,45	0,52	3,60	0,53	0,79	5,26	0,07	0,48	0,05	0,99	0,34	0,06
2003	982	-130	6	7253	BK	12,2	12,7	62,7	5,29	2,80	5,9	1,35	0,48	3,35	0,50	0,74	4,90	0,07	0,45	0,04	0,95	0,34	0,06
2003	982	-133	3	7253	GEK	11,5	24,4	62,7	5,29	2,10	13,8	1,27	0,46	3,16	0,47	0,70	4,62	0,06	0,42	0,04	0,86	0,34	0,06
2003	982	-139	6	7253	BK	16,1	9,0	58,4	4,65	2,90	4,2	0,45	0,78	3,73	0,56	0,88	6,19	0,04	3,44	0,04	0,97	2,28	0,26
2003	982	-144	5	7253	BK	13,0	13,9	62,5	5,27	2,40	8,7	1,17	1,17	3,87	0,58	0,80	4,71	0,10	0,26	0,03	0,96	0,25	0,06
2003	982	-148	4	7253	GEK	12,0	20,5	62,5	5,27	1,70	11,3	1,08	1,08	3,57	0,54	0,74	4,35	0,09	0,24	0,03	0,82	0,25	0,06
2003	982	-160	12	7253	BK	12,6	12,9	62,5	5,27	2,20	6,3	1,13	1,13	3,75	0,56	0,78	4,57	0,10	0,25	0,03	0,94	0,25	0,06
2003	982	-166	6	7253	BK	11,4	19,8	62,5	5,27	2,30	11,9	1,02	1,02	3,39	0,51	0,70	4,13	0,09	0,22	0,03	0,93	0,25	0,06
2003	982	-172	6	7253	BK	12,5	16,3	62,5	5,27	2,40	8,5	1,12	1,12	3,72	0,56	0,77	4,53	0,10	0,25	0,03	0,90	0,25	0,06
2003	982	-181	9	7253	BK	12,2	15,8	62,5	5,27	2,40	7,8	1,09	1,09	3,63	0,54	0,75	4,42	0,09	0,24	0,03	0,87	0,25	0,06
2003	982	-188	7	7253	BKV	15,6	10,4	59,0	4,65	2,20	4,3	1,40	1,40	4,02	0,59	0,88	4,16	0,12	0,31	0,03	0,96	0,43	0,01
2003	982	-190	2	7253	BKV	15,8	18,2	52,4	4,95	1,70	8,2	7,43	4,86	4,17	0,57	0,84	2,79	0,84	0,88	0,07	0,67	0,24	0,05
2003	982	-192	2	7253	BKV	15,3	21,5	52,4	4,95	1,60	10,9	9,53	1,13	1,66	0,22	0,33	1,11	0,71	0,12	0,03	0,76	0,24	0,05
2003	982	-193	1	U"TKO		64,2	5,4	25,0	2,32	1,00	1,7	46,15	8,85	1,60	0,44	0,38	1,21	1,92	0,89	0,57	0,54	0,30	0,06
2003	982	-195	2	7254	BKV	26,2	13,4	55,7	4,66	1,40	4,8	9,14	3,90	5,31	0,68	1,04	4,58	0,60	0,36	0,13	0,80	0,25	0,02
2003	982	-198	3	7254	BKV	15,6	13,7	55,7	4,66	1,90	3,2	5,44	2,32	3,16	0,40	0,62	2,73	0,35	0,21	0,07	1,03	0,25	0,02
2003	982	-203	5	7254	BKV	49,4	6,5	3,0	3,01	1,50	1,1	31,12	9,38	2,47	0,44	0,49	1,53	1,38	0,49	0,39	0,69	0,33	0,03
2110	982	-136	3	7151	GEK	24,7	21,9	58,6	5,70	2,40	13,7	17,98	0,29	2,09	0,34	0,59	2,76	0,07	0,24	0,04	0,00	0,24	0,04
2110	982	-142	6	7151	BK	11,9	18,2	63,6	5,58	2,20	9,2	0,92	0,29	3,20	0,51	0,85	5,03	0,02	0,82	0,05	0,00	0,59	0,12
2110	982	-147	5	7151	BK	11,8	16,6	63,6	5,58	3,50	6,4	0,92	0,29	3,17	0,50	0,84	4,99	0,02	0,81	0,05	0,00	0,59	0,12
2110	982	-155	8	7151	BK	10,7	18,9	63,6	5,58	2,80	9,6	0,83	0,26	2,87	0,46	0,77	4,52	0,02	0,73	0,05	0,00	0,59	0,12
2110	982	-158	3	7151	GEK	11,7	21,6	63,6	5,58	3,30	10,8	0,91	0,29	3,14	0,50	0,84	4,94	0,02	0,80	0,05	0,00	0,59	0,12
2110	982	-163	5	7151	BK	12,3	15,9	63,0	5,72	2,60	7,3	0,54	0,59	3,05	0,47	0,86	5,23	0,06	1,25	0,06	0,00	0,96	0,15
2110	982	-167	4	7151	GEK	12,2	20,7	63,0	5,72	2,60	11,2	0,53	0,58	3,02	0,47	0,85	5,19	0,06	1,24	0,06	0,00	0,96	0,15
2110	982	-172	5	7151	BK	11,3	15,7	63,9	5,68	2,70	7,3	0,73	1,01	3,24	0,49	0,91	4,48	0,11	0,12	0,04	0,00	0,30	0,07
2110	982	-180	8	7151	GEK	10,8	21,3	63,9	5,68	2,10	9,5	0,70	0,97	3,09	0,47	0,87	4,28	0,10	0,11	0,04	0,00	0,30	0,07
2110	982	-189	9	7151	BK	12,9	14,2	62,6	5,55	2,20	5,3	1,26	1,44	3,28	0,51	1,01	4,65	0,07	0,47	0,05	0,00	0,30	0,10
2110	982	-195	6	7151	BK	12,1	19,2	62,6	5,55	2,20	8,4	1,18	1,35	3,08	0,48	0,95	4,36	0,07	0,44	0,04	0,00	0,30	0,10
2110	982	-201	6	7151	BK	15,4	18,6	61,4	5,30	2,30	10,1	3,91	1,72	3,35	0,52	0,98	4,45	0,13	0,16	0,06	0,00	0,21	0,11
2110	982	-206	5	7151	BKV	14,6	17,3	61,4	5,30	2,30	8,4	3,70	1,63	3,18	0,49	0,93	4,21	0,13	0,16	0,05	0,00	0,21	0,11
2110	982	-218	6	7151	BK"U	21,1	20,8	53,9	4,94	2,30	11,9	8,75	4,53	2,53	0,48	0,78	1,94	0,84	0,27	0,21	0,00	0,23	0,09
2110	982	-221	3	7151	BK"U	29,8	10,0	53,9	4,94	2,10	4,6	12,36	6,40	3,57	0,68	1,10	2,74	1,19	0,38	0,29	0,00	0,23	0,09
2110	982	-230	2	7251	BK	19,1	12,3	57,3	4,79	2,50	5,2	6,47	3,30	3,76	0,55	1,14	3,24	0,32	0,21	0,07	0,00	0,82	0,14
2110	982	-235	5	7251	BK	12,9	20,3	64,5	6,24	2,10	9,1	2,72	1,92	3,13	0,42	0,92	3,17	0,23	0,18	0,03	0,00	0,21	0,09
2110	982	-238	3	7251	GEK	11,2	27,0	64,5	6,24	2,40	13,8	2,36	1,66	2,72	0,36	0,80	2,75	0,20	0,15	0,03	0,00	0,21	0,09
2110	982	-243	5	7251	BK	12,2	26,5	64,5	6,24	1,90	15,7	2,57	1,81	2,96	0,40	0,87	3,00	0,21	0,17	0,03	0,00	0,21	0,09
2110	982	-244	1	ZM	U"SF!KO	68,7	12,4	27,6	2,94	1,50	5,7	62,51	1,09	1,30	0,20	0,27	0,13	1,92	0,27	0,06	0,00	0,29	0,11
2110	982	-248	4	7253	BK	15,2	24,9	62,5	5,93	1,80	14,2	5,83	1,52	3,07	0,41	0,80	2,82	0,36	0,30	0,04	0,00	0,30	0,14
2110	982	-251	3	7253	GEKV	12,1	33,5	70,4	6,86	1,70	21,2	4,16	1,19	2,64	0,35	0,70	2,38	0,27	0,16	0,04	0,00	0,23	0,01
2135	982	170	3	7253	BK"U	20,1	12,8	57,7	5,42	4,50	0,0	7,49	1,40	3,61	0,42	0,34	4,70	0,16	1,70	0,10	0,37	0,73	0,18
2135	982	168	2	7253	GEK"U	20,4	25,0	57,7	5,42	4,50	0,0	7,60	1,42	3,67	0,42	0,34	4,77	0,16	1,73	0,10	0,42	0,73	0,18
2135	982	164	4	7253	BK	13,8	13,7	61,1	5,12	3,80	0,0	0,63	0,67	4,47	0,44	0,28	5,93	0,05	1,20	0,05	0,49	1,09	0,13
2135	982	161	3	7253	BRK	14,0	6,0	0,0	0,00	0,00	0,0	0,64	0,68	4,53	0,44	0,29	6,02	0,05	1,21	0,05	0,50	0,00	0,00
2135	982	158	3	7253	BK	16,7	16,7	63,0	5,99	2,60	0,0	4,50	1,77	4,72	0,50	0,40	4,17	0,21	0,21	0,05	0,51	0,19	0,06
2135	982	153	5	7253	GEK	14,6	28,2	63,0	5,99	2,60	0,0	3,94	1,54	4,13	0,43	0,35	3,65	0,18	0,18	0,04	0,44	0,19	0,06
2135	982	150	3	7253	BRK	18,1	10,0	0,0	0,00	0,00	0,0	4,88	1,91	5,12	0,54	0,43	4,52	0,23	0,23	0,05	0,50	0,00	0,00
2135	982	143	7	7253	BK"U	23,7	16,3	54,8	4,65	3,10	0,0	7,06	5,35	4,74	0,63	0,47	3,72	0,11	1,20	0,18	0,50	0,73	0,05

BGNR	JHR	LGDN	MAE	STRA	GEST.	AD	TSKD	CD	HD	SCD	BD	STO2	AL2O3	CAO	MGO	NA2O	SO3	TIO2	FE2O3	K2O	NA2OG	SPD	SSO4D
2135	982	140	3	7253	BRK!TU	30,9	14,0	0,0	0,00	0,00	0,0	9,20	6,98	6,18	0,83	0,61	4,85	0,15	1,57	0,24	0,50	0,00	0,00
2135	982	135	5	7253	BK"TU	21,3	7,7	54,8	4,65	3,10	0,0	6,34	4,81	4,26	0,57	0,42	3,34	0,10	1,08	0,17	0,54	0,73	0,05
2135	982	134	1	7253	BK!TU	46,8	4,0	34,0	3,85	1,20	0,0	23,82	16,00	3,46	0,60	0,46	0,14	0,42	0,93	0,51	0,17	0,26	0,08
2135	982	132	2	ZM	U"!IKO	51,7	11,5	30,7	3,78	1,30	0,0	26,41	18,25	2,79	0,46	0,41	0,77	0,20	1,29	0,56	0,33	0,61	0,08
2135	982	130	2	7253	BK!TU	34,0	8,5	45,1	4,43	4,00	0,0	13,83	8,29	4,01	0,61	0,47	3,12	0,17	3,29	0,27	0,51	1,83	0,20
2135	982	128	2	7253	BK!TU	35,7	17,1	45,1	4,43	4,00	0,0	14,52	8,71	4,21	0,64	0,49	3,28	0,17	3,46	0,28	0,49	1,83	0,20
2135	982	125	3	7253	GEK	25,2	27,3	55,6	6,26	2,70	0,0	15,75	1,41	3,04	0,32	0,37	2,77	0,60	0,93	0,05	0,48	0,53	0,07
2155	983	-96	7	HGDB	U"SF	72,2	2,9	24,0	2,14	2,50	0,0	59,56	5,41	2,09	0,43	0,57	1,22	0,64	0,93	0,72	0,66	0,54	0,25
2155	983	-101	5	HGB	U!SF!KO	52,3	5,5	32,4	2,68	2,80	0,0	42,62	2,98	1,98	0,36	0,57	1,62	0,26	0,62	0,47	0,74	0,46	0,13
2155	983	-102	1	7151	GEK	14,4	21,4	62,3	5,94	3,00	12,2	4,57	1,09	2,72	0,44	0,82	5,08	0,05	0,57	0,37	1,00	0,21	0,07
2155	983	-105	3	7151	BRK	15,5	10,0	0,0	0,00	0,00	3,3	4,92	1,17	2,92	0,48	0,88	5,47	0,06	0,62	0,40	0,00	0,00	0,00
2155	983	-109	4	7151	BK	19,9	6,7	55,3	4,05	4,10	0,8	7,76	1,69	2,94	0,49	0,78	4,97	0,07	0,57	0,31	0,00	0,54	0,14
2155	983	-117	8	7151	KVBRK	16,0	10,0	0,0	0,00	0,00	3,3	6,24	1,36	2,36	0,40	0,73	4,00	0,06	0,46	0,25	0,00	0,00	0,00
2155	983	-125	8	7151	BK	11,1	19,4	64,0	5,78	2,20	10,7	0,75	0,72	3,27	0,48	0,71	4,56	0,05	0,11	0,23	1,20	0,20	0,09
2155	983	-130	5	7151	BK	12,2	17,2	64,0	5,78	2,20	8,9	0,82	0,79	3,59	0,53	0,78	5,01	0,06	0,12	0,25	1,15	0,20	0,09
2155	983	-133	3	7151	BRK	10,5	15,0	0,0	0,00	0,00	7,2	0,71	0,68	3,09	0,46	0,67	4,31	0,05	0,10	0,22	0,00	0,00	0,00
2155	983	-138	5	7151	BK	11,3	20,5	64,0	5,78	2,20	11,5	0,76	0,73	3,33	0,49	0,72	4,64	0,05	0,11	0,23	1,24	0,20	0,09
2155	983	-147	6	7151	BK	14,3	11,3	60,2	5,03	2,90	4,4	2,01	1,02	3,87	0,57	1,22	5,06	0,04	0,10	0,24	1,13	0,18	0,12
2155	983	-151	4	7151	BKV!US	31,0	6,4	47,9	3,72	3,80	0,3	17,42	3,16	3,53	0,55	1,08	4,15	0,21	0,40	0,40	1,25	0,26	0,00
2155	983	-161	10	ZMIB	SF	91,6	0,1	4,8	0,50	1,40	0,0	81,43	4,12	2,01	0,18	0,27	0,64	0,54	1,92	0,82	1,13	0,65	0,00
2155	983	-168	1	7251	GEK	13,0	22,2	64,2	6,43	3,10	12,9	1,48	0,55	2,99	0,45	0,74	4,60	0,07	1,72	0,37	1,09	0,99	0,28
2155	983	-176	8	7251	BK	13,1	24,0	64,2	6,43	3,10	14,3	1,49	0,56	3,01	0,45	0,74	4,63	0,07	1,74	0,37	1,05	0,99	0,28
2155	983	-181	5	7251	GEK	11,5	26,7	64,2	6,43	3,10	16,4	1,31	0,49	2,64	0,40	0,65	4,07	0,06	1,52	0,33	1,03	0,99	0,28
2155	983	-184	3	7251	BRK	11,6	25,0	0,0	0,00	0,00	15,0	1,47	0,68	3,28	0,48	0,85	4,32	0,04	0,16	0,33	0,00	0,00	0,00
2155	983	-187	3	7251	BK	12,5	19,7	64,7	5,85	2,30	10,9	1,58	0,73	3,53	0,52	0,92	4,66	0,05	0,17	0,36	1,13	0,12	0,06
2155	983	-190	3	7251	BRK	16,2	15,0	0,0	0,00	0,00	7,2	5,52	0,48	3,33	0,51	1,08	4,22	0,11	0,76	0,32	0,00	0,00	0,00
2155	983	-193	3	7251	BK	18,2	10,2	58,8	4,75	3,30	3,5	6,20	0,54	3,74	0,58	1,21	4,75	0,12	0,85	0,36	1,27	0,36	0,12
1	964	-149	20	7253	EUK	9,5	18,4	0,0	0,00	0,00	4,5	0,57	0,49	3,06	0,70	0,55	3,96	0,00	0,22	0,05	0,00	0,00	0,00
1	964	-169	20	7253	BUK	10,6	10,9	0,0	0,00	0,00	5,3	0,64	0,55	3,42	0,78	0,61	4,42	0,00	0,25	0,06	0,00	0,00	0,00
1	964	-186	17	7253	BUK	11,1	12,3	0,0	0,00	0,00	5,3	4,58	1,07	2,07	0,42	0,39	2,05	0,00	0,24	0,03	0,00	0,00	0,00
1	964	-199	13	7253	EUK	24,7	18,5	0,0	0,00	0,00	6,7	10,20	2,39	4,61	0,93	0,88	4,56	0,00	0,54	0,07	0,00	0,00	0,00
1	965	-240	20	7253	EUK	14,4	23,6	58,5	5,84	0,00	9,0	3,44	2,70	2,76	0,50	0,54	2,69	0,00	0,96	0,05	0,00	0,00	0,00
1	965	-260	20	7253	EUK	15,4	21,8	58,5	5,84	0,00	10,4	3,68	2,89	2,95	0,53	0,58	2,87	0,00	1,03	0,06	0,00	0,00	0,00
1	965	-280	20	7253	BUK	15,9	11,4	58,5	5,84	0,00	10,4	3,80	2,98	3,05	0,55	0,60	2,97	0,00	1,06	0,06	0,00	0,00	0,00
1092	981	-53	2		SM	55,0	7,5	30,9	2,84	2,20	2,6	46,20	2,42	1,48	0,27	0,44	1,43	0,44	0,66	0,22	0,00	0,60	0,05
1092	981	-59	6	7253	BUK	15,0	21,0	61,6	5,97	4,90	10,0	1,71	0,64	3,10	0,43	0,70	4,69	0,07	3,03	0,07	0,00	2,11	0,18
1092	981	-67	8	7253	EUK	12,6	19,2	63,0	5,61	4,30	10,1	0,35	0,44	3,07	0,41	0,76	5,10	0,08	1,95	0,03	0,00	1,70	0,08
1092	981	-73	6	7253	EUK	10,8	22,5	65,5	6,51	2,30	13,9	1,24	0,30	3,22	0,43	0,70	3,86	0,10	0,54	0,06	0,00	0,44	0,11
1092	981	-81	8	7253	EUK	11,0	19,0	64,7	6,39	2,20	11,0	0,64	0,70	3,74	0,46	0,73	4,44	0,02	0,17	0,05	0,00	0,30	0,07
1092	981	-84	3	7253	EUM	20,4	24,0	58,7	5,70	1,90	14,1	12,58	0,91	3,01	0,36	0,69	2,36	0,14	0,16	0,02	0,00	0,21	0,10
1113	981	-97	3	7253	BUK	19,9	16,3	61,6	5,24	3,20	6,9	5,35	0,83	4,37	0,73	0,91	7,04	0,05	0,31	0,05	0,00	0,45	0,14
1113	981	-107	10	7253	BUK	11,8	15,7	63,3	5,43	3,30	6,8	0,86	0,53	3,16	0,51	0,75	5,22	0,03	0,43	0,03	0,00	0,40	0,09
1113	981	-116	9	7253	EUK	11,2	19,0	64,6	5,77	2,90	10,0	0,57	0,35	3,40	0,57	0,72	5,20	0,02	0,33	0,04	0,00	0,47	0,01
1113	981	-125	9	7253	BUK	11,5	17,9	64,0	5,55	2,50	9,8	0,41	0,34	3,35	0,54	0,73	5,52	0,05	0,52	0,03	0,00	0,34	0,01
1113	981	-134	9	7253	EUK	10,7	23,6	68,1	6,36	2,60	14,2	0,65	0,35	3,40	0,53	0,64	4,76	0,06	0,21	0,05	0,00	0,28	0,04
1113	981	-143	9	7253	BUK	12,0	17,5	64,0	5,50	2,20	8,8	0,93	0,55	3,45	0,58	0,75	5,06	0,07	0,37	0,04	0,00	0,33	0,01
1113	981	-152	9	7253	EUK	15,5	23,7	63,0	6,02	2,40	14,8	5,90	1,08	3,45	0,58	0,71	2,79	0,60	0,09	0,04	0,00	0,61	0,02
1113	981	-156	4	7253	UUK	48,5	16,0	32,2	4,10	1,40	8,6	39,04	1,55	1,84	0,29	0,29	2,47	1,64	0,48	0,04	0,00	0,53	0,09
1151	981	-22	10	7155	U! "OK	71,6	1,9	0,0	0,00	0,00	0,0	49,83	10,74	1,14	0,64	0,57	2,29	0,78	5,08	1,07	0,00	0,00	0,00
1151	981	-26	4	7155	U!OK	64,1	2,4	0,0	0,00	0,00	0,0	36,79	13,52	1,47	0,76	0,64	2,24	0,83	5,57	1,15	0,00	0,00	0,00
1151	981	-36	10	7155	U"OK	66,1	2,0	0,0	0,00	0,00	0,0	40,58	12,62	1,98	0,79	0,72	2,51	0,79	6,47	1,12	0,00	0,00	0,00

BGNR	JHR	LGDNN	MAE	STRA	GEST.	AD	TSKD	CD	HD	SCD	BD	SIO2	AL2O3	CAO	MGO	NA2O	SO3	TIO2	FE2O3	K2O	NA2OG	SPD	SSO4D
1151	981	-62	3	7253	EUK	12,6	19,3	0,0	0,00	0,00	0,0	2,45	0,98	2,79	0,39	0,56	4,12	0,05	1,08	0,05	0,00	0,00	0,00
1151	981	-69	7	7253	BUK	16,1	13,7	0,0	0,00	0,00	0,0	0,16	0,69	2,59	0,37	0,57	5,55	0,01	6,11	0,06	0,00	0,00	0,00
1151	981	-74	5	7253	BUM	20,6	8,4	0,0	0,00	0,00	0,0	0,80	0,86	5,21	0,72	1,09	9,08	0,08	2,63	0,04	0,00	0,00	0,00
1189	980	-74	5	7155	T"U!OK	59,0	1,8	0,0	0,00	0,00	0,0	30,26	14,45	1,77	0,59	0,59	2,47	0,59	6,49	0,82	0,00	0,00	0,00
1189	980	-78	4	7155	T"U!OK	61,0	3,0	0,0	0,00	0,00	0,0	35,38	13,96	1,83	0,54	0,54	2,01	0,67	3,66	0,85	0,00	0,00	0,00
1189	980	-83	5	7155	T"U!OK	65,0	3,3	0,0	0,00	0,00	0,0	38,67	15,08	1,69	0,52	0,52	1,43	0,71	4,48	0,97	0,00	0,00	0,00
1189	980	-87	4	7155	T"U"OK	66,8	2,1	0,0	0,00	0,00	0,0	39,61	15,63	1,67	0,53	0,53	1,13	0,66	4,74	1,00	0,00	0,00	0,00
1189	980	-131	40		S/T/U	81,0	5,2	0,0	0,00	0,00	0,0	72,90	0,64	0,81	0,16	0,16	1,78	0,16	3,07	0,24	0,00	0,00	0,00
1189	980	-136	5	7253	BUK	12,7	20,0	0,0	0,00	0,00	0,0	2,29	0,57	3,16	0,45	0,73	4,58	0,03	0,57	0,06	0,00	0,00	0,00
1189	980	-140	4	7253	BUK	16,0	15,6	0,0	0,00	0,00	0,0	3,64	1,39	3,18	0,48	0,81	5,07	0,14	0,80	0,12	0,00	0,00	0,00
1189	980	-145	5	7253	EUK	12,0	29,6	0,0	0,00	0,00	0,0	3,39	0,97	2,79	0,39	0,60	3,09	0,08	0,24	0,12	0,00	0,00	0,00
1189	980	-153	8	7253	BUK	14,7	16,8	0,0	0,00	0,00	0,0	2,83	1,02	3,54	0,48	0,86	4,96	0,26	0,48	0,08	0,00	0,00	0,00
1189	980	-160	7	7253	BUK	13,2	15,3	0,0	0,00	0,00	0,0	1,02	0,48	3,57	0,51	0,75	5,87	0,19	0,60	0,06	0,00	0,00	0,00
1189	980	-168	8	7253	EUK	11,7	18,0	0,0	0,00	0,00	0,0	0,52	0,50	3,74	0,56	0,87	5,00	0,03	0,12	0,07	0,00	0,00	0,00
1189	980	-175	7	7253	EUK	15,1	18,3	0,0	0,00	0,00	0,0	2,79	2,14	3,69	0,58	0,73	3,45	0,19	0,19	0,09	0,00	0,00	0,00
1189	980	-180	5	7253	BUK	13,8	15,2	0,0	0,00	0,00	0,0	0,81	0,93	3,94	0,57	0,88	3,85	0,06	0,77	0,06	0,00	0,00	0,00
1189	980	-186	6	7253	BUK	12,8	17,2	0,0	0,00	0,00	0,0	0,85	0,94	3,71	0,52	0,85	5,10	0,11	0,33	0,05	0,00	0,00	0,00
1189	980	-196	10	7253	BUK	14,4	21,5	0,0	0,00	0,00	0,0	3,47	0,90	3,21	0,43	0,82	4,39	0,37	0,41	0,02	0,00	0,00	0,00
1189	980	-199	3	7253	EUM	27,4	19,7	0,0	0,00	0,00	0,0	16,79	1,78	2,76	0,41	0,65	2,84	0,98	0,60	0,05	0,00	0,00	0,00
1239	980	-119	10	7253	BUK	12,8	21,8	62,9	5,93	2,60	12,2	1,97	0,49	3,32	0,49	0,88	4,32	0,10	0,25	0,08	0,00	0,16	0,10
1239	980	-129	10	7253	BUK	12,1	22,2	65,5	5,77	2,20	12,4	1,92	0,70	3,09	0,39	0,88	4,17	0,07	0,27	0,09	0,00	0,18	0,10
1239	980	-134	5	7253	BUK	10,5	22,7	64,2	6,28	2,10	11,2	0,65	0,16	3,17	0,48	0,89	4,51	0,05	0,16	0,04	0,00	0,15	0,10
1239	980	-141	7	7253	BUK	12,2	22,4	62,8	5,80	2,30	12,3	1,81	0,85	3,13	0,46	0,85	4,18	0,09	0,29	0,08	0,00	0,13	0,60
1239	980	-144	3	7253	BUK	11,5	18,3	63,7	5,30	2,10	9,6	1,17	0,80	3,49	0,52	0,92	4,30	0,05	0,09	0,04	0,00	0,11	0,10
1292	980	-23	12	7109	U"OK	67,6	1,1	18,7	1,55	4,20	4,7	41,37	12,97	1,41	0,67	0,67	2,29	0,87	5,34	1,21	0,00	1,17	0,99
1292	980	-33	10	7109	T"U"OK	69,4	0,9	18,6	1,78	4,30	0,4	39,34	15,47	1,38	0,69	0,62	1,52	0,83	6,66	2,08	0,00	1,39	1,06
1292	980	-43	10	7109	T"U!OK	58,9	2,3	24,6	1,90	4,30	1,7	30,62	14,19	2,00	0,58	0,88	3,53	0,53	5,59	0,88	0,00	1,72	0,98
1292	980	-117	3	7253	BUK	14,9	14,5	59,1	4,85	3,20	6,6	2,07	1,53	3,48	0,52	0,95	5,40	0,17	0,43	0,05	0,00	0,43	0,10
1292	980	-127	10	7253	BUK	18,4	19,9	58,4	6,25	2,70	12,2	5,92	2,98	3,23	0,46	0,88	4,14	0,57	0,34	0,09	0,00	0,26	0,10
1292	980	-136	9	7253	EUK	15,0	22,6	60,3	6,10	2,70	13,8	5,47	2,26	3,21	0,48	0,88	3,63	0,33	0,10	0,06	0,00	0,14	0,10
1292	980	-153	8	7253	BUK	15,0	18,0	60,6	4,85	2,40	9,3	2,14	1,72	3,58	0,49	0,91	4,93	0,15	0,66	0,06	0,00	0,41	0,01
1292	980	-161	8	7253	BUK	12,8	18,1	62,1	5,53	2,10	9,5	1,68	1,44	3,18	0,43	0,87	4,65	0,10	0,14	0,05	0,00	0,20	0,01
1292	980	-169	8	7253	BUK	14,0	9,4	59,5	4,68	2,60	5,2	0,89	1,16	3,33	0,49	0,96	5,27	0,07	1,62	0,05	0,00	0,81	0,01
1292	980	-176	7	7253	BUK	15,6	21,3	59,6	5,66	2,70	9,8	5,03	1,63	3,41	0,48	0,93	2,85	0,18	0,65	0,07	0,00	0,40	0,01
1292	980	-181	5	7253	BUK	18,4	16,0	58,1	4,88	3,20	9,1	5,55	1,71	3,47	0,46	0,92	4,71	0,25	0,79	0,05	0,00	0,34	0,01
1284	980	-159	8	7253	BKV	35,0	9,9	44,2	3,60	4,30	4,1	22,12	3,04	1,96	0,38	0,56	3,29	0,28	2,55	0,21	0,00	1,11	0,20
1284	980	-164	5	7253	BUK	13,0	16,5	61,7	5,36	3,00	7,7	1,93	0,66	3,44	0,52	0,88	4,62	0,09	0,53	0,06	0,00	0,22	0,01
1284	980	-173	9	7253	EUK	11,0	24,3	64,3	6,03	2,90	12,6	1,07	0,56	3,26	0,39	0,64	4,27	0,09	0,34	0,05	0,00	0,16	0,01
1284	980	-182	9	7253	EUK	11,6	20,3	64,0	5,69	3,20	11,5	1,07	0,74	2,95	0,35	0,68	4,61	0,09	0,95	0,02	0,00	0,34	0,01
1284	980	-190	8	7253	BUK	11,4	19,6	63,1	6,12	2,40	9,7	0,86	0,80	3,45	0,41	0,67	4,45	0,09	0,29	0,04	0,00	0,18	0,03
1284	980	-198	8	7253	BUK	11,9	17,4	63,3	4,38	2,30	7,7	0,85	1,11	3,41	0,41	0,74	4,39	0,09	0,40	0,04	0,00	0,11	0,01
1284	980	-207	9	7253	BUK	12,2	13,3	62,7	4,93	2,30	5,3	0,81	1,18	3,57	0,41	0,76	4,07	0,08	0,30	0,03	0,00	0,18	0,01
1284	980	-215	8	7253	EUK	11,3	22,7	62,7	6,27	2,00	10,8	1,41	1,50	2,65	0,31	0,61	3,46	0,06	1,07	0,04	0,00	0,14	0,01
1284	980	-223	8	7253	BUK	13,5	14,0	61,8	5,18	2,60	8,1	1,83	2,02	3,57	0,43	0,82	4,06	0,12	0,27	0,05	0,00	0,16	0,01
1284	980	-233	10	7253	TUK	32,0	12,5	47,8	4,08	2,40	8,1	15,58	6,94	3,36	0,48	0,80	2,36	0,96	0,41	0,44	0,00	0,13	0,01
1284	980	-243	10	7253	TUK	33,9	14,4	45,1	3,81	1,40	6,4	17,15	7,52	3,25	0,44	0,74	2,06	1,22	0,40	0,40	0,00	0,14	0,01
1284	980	-253	10	7253	EUK	17,8	22,5	59,8	6,24	1,80	11,2	5,76	3,31	3,43	0,42	0,76	2,74	0,32	0,28	0,10	0,00	0,12	0,01
1284	980	-257	4	7253	EUM	29,4	25,1	49,8	5,68	1,40	13,3	22,40	1,35	2,20	0,23	0,44	1,41	0,49	0,11	0,05	0,00	0,12	0,01
1322	981	-63	5		U!OK	56,1	10,9	0,0	0,00	0,00	0,0	50,20	1,17	1,23	0,22	0,33	2,30	0,16	0,50	0,05	0,00	0,00	0,00
1322	981	-73	10	7253	BUK	13,6	17,0	0,0	0,00	0,00	0,0	2,76	0,42	3,57	0,58	0,96	4,88	0,05	0,27	0,04	0,00	0,00	0,00
1322	981	-83	10	7253	EUK	12,2	25,7	0,0	0,00	0,00	0,0	2,41	0,43	3,07	0,53	0,84	4,11	0,07	0,29	0,09	0,00	0,00	0,00

BGNR	JHR	LGDN	MAE	STRA	GEST.	AD	TSKD	CD	HD	SCD	BD	SIO2	AL2O3	CAO	MGO	NA2O	SO3	TIO2	FE2O3	K2O	NA2OG	SPD	SSO4D
1322	981	-93	10	7253	BUK	12,3	18,4	0,0	0,00	0,00	0,0	0,73	0,63	3,75	0,54	1,02	5,22	0,03	0,23	0,09	0,00	0,00	0,00
1322	981	-102	9	7253	BUK	15,5	15,4	0,0	0,00	0,00	0,0	2,40	1,89	4,29	0,55	1,11	4,51	0,09	0,54	0,07	0,00	0,00	0,00
1322	981	-107	5	7253	BUK	14,3	19,8	0,0	0,00	0,00	0,0	2,13	1,90	3,64	0,61	1,07	4,41	0,07	0,12	0,02	0,00	0,00	0,00
1322	981	-110	3	7253	BUM	22,5	14,1	0,0	0,00	0,00	0,0	8,10	2,67	3,39	0,51	0,99	5,69	0,15	0,85	0,13	0,00	0,00	0,00
2007	982	-119	3	7253	BUK	16,8	4,5	51,6	3,97	3,50	0,8	5,19	1,00	4,01	0,55	1,05	4,21	0,11	0,31	0,06	1,19	0,85	0,01
2007	982	-162	3	7253	BUK	22,8	6,6	56,3	5,21	4,30	2,9	9,62	3,37	3,64	0,43	0,95	3,30	0,86	0,70	0,11	1,01	0,51	0,02
2007	982	-165	3	7253	GKV	23,3	26,9	56,3	5,21	2,40	14,6	9,83	3,44	3,72	0,44	0,97	3,37	0,88	0,72	0,11	0,78	0,51	0,02
2007	982	-166	1	7253	BUK	17,2	12,5	56,3	5,21	2,40	14,6	7,25	2,54	2,75	0,32	0,72	2,49	0,65	0,53	0,08	0,78	0,51	0,34
2007	982	-167	1	7253	EUK	14,6	33,8	56,3	5,21	2,50	19,5	6,16	2,16	2,33	0,27	0,61	2,11	0,55	0,45	0,07	0,75	0,51	0,34
2007	982	-171	4	7253	BUM	21,1	14,5	56,3	5,21	4,10	7,1	8,90	3,12	3,37	0,40	0,88	3,05	0,80	0,65	0,10	1,00	0,51	0,34
2007	982	-173	2	7253	BUM	40,5	11,6	47,1	3,78	3,70	5,8	28,18	3,19	2,87	0,36	0,52	3,52	1,09	0,68	0,12	0,76	0,59	0,04
2007	982	-207	2		U"OK	66,4	3,6	23,4	1,87	2,60	1,0	54,18	1,59	1,12	0,26	0,39	1,79	0,99	1,19	0,26	0,53	0,89	0,01
2007	982	-210	3	7253	UUK	31,4	10,1	47,6	4,03	3,00	3,9	14,97	6,15	0,47	3,35	0,97	2,32	0,62	1,63	0,21	1,01	1,12	0,13
2007	982	-213	3		U!OK	60,0	9,2	27,3	2,89	1,30	3,7	39,12	13,20	1,62	0,42	1,14	0,36	1,56	0,78	0,72	0,62	0,08	0,01
2007	982	-216	3	7253	UUK	39,3	9,9	42,5	3,77	2,50	3,3	22,99	6,72	3,18	0,47	0,70	1,61	1,10	0,90	0,27	0,62	0,74	0,01
2007	982	-225	9		U"OK	73,7	6,4	18,7	2,00	1,10	2,4	57,70	8,47	1,10	0,36	0,36	0,22	2,28	0,81	0,58	0,52	0,60	0,05
2007	982	-230	5	7253	UUK	45,8	8,4	39,6	3,40	2,00	2,2	25,32	11,22	3,61	0,54	0,82	0,64	1,00	0,91	0,59	0,79	0,45	0,03
2007	982	-234	4	7253	UUK	36,6	7,0	39,6	3,40	3,10	1,6	20,23	8,96	2,89	0,43	0,65	0,51	0,80	0,73	0,47	0,98	0,45	0,03
2019	982	-64	8	7109	U!OK	58,0	1,5	20,0	2,09	6,60	0,3	34,56	11,19	1,39	0,63	0,40	1,62	0,81	5,39	0,87	0,49	2,12	1,12
2019	982	-74	10	7109	U"OK	66,1	1,3	20,0	2,09	6,20	0,3	39,39	12,75	1,58	0,72	0,46	1,85	0,92	6,14	0,99	0,47	2,12	1,12
2019	982	-104	7	7155	UUK	47,2	1,5	23,4	2,24	4,30	0,2	25,25	12,36	0,42	1,46	0,42	1,36	0,47	5,05	0,56	0,76	2,65	1,23
2019	982	-110	6	7155	U!OK	69,8	1,5	23,4	2,24	5,60	0,8	37,34	18,28	0,62	2,16	0,62	2,02	0,69	7,46	0,83	0,44	2,65	1,23
2019	982	-161	2	7253	UUK	40,6	8,1	41,2	3,35	3,30	3,7	28,17	3,08	2,43	0,40	0,56	3,20	0,32	2,19	0,24	0,72	1,38	0,38
2019	982	-174	13	7253	BUK	13,0	12,4	62,3	0,51	2,90	3,8	1,27	0,98	3,34	0,49	0,85	4,91	0,06	0,70	0,03	1,13	0,36	0,06
2019	982	-177	3	7253	BUK	14,3	17,3	62,3	0,51	2,60	7,7	1,40	1,08	3,67	0,54	0,94	5,40	0,07	0,77	0,04	0,97	0,36	0,06
2019	982	-184	7	7253	BUK	13,2	16,5	62,3	0,51	2,60	7,2	1,29	1,39	3,39	0,50	0,87	4,98	0,06	0,42	0,03	1,02	0,36	0,06
2019	982	-186	2	7253	BUK	13,5	15,3	62,3	0,51	2,60	5,9	1,32	1,43	3,46	0,51	0,89	5,10	0,06	0,43	0,04	1,05	0,36	0,06
2019	982	-190	4		U!OK	53,9	6,1	22,4	2,20	2,20	1,6	38,59	8,46	1,18	0,48	0,37	0,64	1,61	0,97	0,75	0,70	0,52	0,01
2019	982	-192	2		U)OK	80,4	4,7	22,4	2,20	2,20	1,3	57,56	12,62	1,76	0,72	0,56	0,96	2,41	1,44	1,12	0,33	0,52	0,01
2019	982	-195	3	7253	BUM	23,6	16,1	54,9	4,43	2,30	7,2	6,91	3,87	3,54	0,49	0,89	4,69	0,63	2,17	0,23	0,83	1,27	0,06
2019	982	-200	5	7253	BUM	21,1	6,2	54,9	4,43	6,40	1,8	6,18	3,46	3,16	0,44	0,80	4,19	0,56	1,94	0,21	1,05	1,27	0,06
2019	982	-205	5	7253	BUM	22,3	18,2	54,9	4,43	2,40	7,3	6,53	3,65	3,34	0,46	0,84	4,43	0,60	2,05	0,22	0,93	1,27	0,06
2019	982	-216	11	7253	BUK	15,8	14,2	59,3	5,04	2,50	4,6	2,35	2,76	3,68	0,48	0,93	4,28	0,12	0,15	0,04	0,97	0,30	0,02
2019	982	-225	9	7253	BUK	18,1	13,7	55,7	4,64	2,90	5,1	5,62	4,34	3,34	0,50	0,92	1,73	0,56	0,23	0,19	0,96	0,31	0,04
2019	982	-230	5	7253	BUM	22,9	15,6	55,7	4,64	2,40	7,3	7,12	5,49	4,23	0,64	1,16	2,19	0,70	0,29	0,25	0,91	0,31	0,04
2019	982	-238	8	7253	UUK	30,2	14,1	50,4	4,69	2,50	5,7	11,53	8,60	3,83	0,57	0,93	2,14	0,93	0,48	0,39	0,84	0,27	0,01
2019	982	-246	8	7253	EUM	26,0	17,4	50,4	4,69	1,90	8,9	9,93	7,41	3,30	0,49	0,80	1,84	0,80	0,41	0,33	0,81	0,27	0,01
2019	982	-250	4	7253	UUK	30,2	14,9	50,4	4,69	2,10	6,0	11,53	8,60	3,83	0,57	0,93	2,14	0,93	0,48	0,39	0,81	0,27	0,01
2023	982	-221	6	7253	EUK	12,6	23,3	63,4	6,30	0,00	0,0	2,35	0,68	2,33	0,34	0,69	3,88	0,07	2,25	0,03	0,00	0,00	0,00
2023	982	-228	7	7253	EUK	10,5	26,8	65,5	6,41	0,00	0,0	1,15	1,09	2,58	0,35	0,72	3,84	0,10	0,45	0,04	0,00	0,00	0,00
2023	982	-235	7	7253	EUK	11,0	25,1	65,5	6,41	0,00	0,0	1,21	1,14	2,70	0,37	0,75	4,02	0,11	0,47	0,04	0,00	0,00	0,00
2023	982	-240	5	7253	EUK	13,7	29,4	64,9	6,67	0,00	0,0	3,89	2,01	2,74	0,38	0,83	3,12	0,24	0,30	0,05	0,00	0,00	0,00
2023	982	-243	3	7253	KKK	13,0	30,0	64,9	6,67	0,00	0,0	3,69	1,91	2,60	0,36	0,79	2,96	0,23	0,28	0,05	0,00	0,00	0,00
2023	982	-246	3	7253	BUK	16,0	8,7	58,0	4,43	0,00	0,0	2,75	2,35	2,92	0,46	1,12	4,68	0,06	1,47	0,04	0,00	0,00	0,00
2023	982	-253	7		SF"SM	69,6	2,1	20,1	1,54	0,00	0,0	60,34	3,75	0,97	0,27	0,41	1,25	1,11	0,34	0,27	0,00	0,00	0,00
2023	982	-256	3	7253	EUK	14,1	23,5	63,3	5,78	0,00	0,0	3,77	2,03	2,80	0,40	0,86	3,05	0,40	0,25	0,05	0,00	0,00	0,00
2023	982	-262	6	7253	BUK	16,8	13,9	59,1	5,07	0,00	0,0	4,48	3,49	3,44	0,52	1,12	3,25	0,23	0,15	0,06	0,00	0,00	0,00
2023	982	-264	2	7253	BUK	16,3	15,5	59,1	5,07	0,00	0,0	4,35	3,39	3,34	0,50	1,09	3,16	0,22	0,14	0,06	0,00	0,00	0,00
2023	982	-274	10	7253	BUK	18,3	12,6	58,3	4,81	0,00	0,0	4,95	7,90	3,36	0,51	1,13	2,76	0,32	0,32	0,09	0,00	0,00	0,00
2023	982	-277	3	7253	UUK	34,6	20,6	43,7	4,55	0,00	0,0	17,64	10,27	2,35	0,48	0,69	0,93	0,79	0,58	0,48	0,00	0,00	0,00
2023	982	-280	3	7253	UUK	41,9	10,1	43,7	4,55	0,00	0,0	21,36	12,44	2,84	0,58	0,83	1,13	0,96	0,71	0,58	0,00	0,00	0,00

BGNR	JHR	LGDN	MAE	STRA	GEST.	AD	TSKD	CD	HD	SCD	BD	SIO2	AL2O3	CAO	MGO	NA2O	SO3	TIO2	FE2O3	K2O	NA2O6	SPD	SSO4D
2023	982	-286	6	7253	UUK	33,7	18,0	43,7	4,55	0,00	0,0	17,18	10,00	2,29	0,47	0,67	0,90	0,77	0,57	0,47	0,00	0,00	0,00
2052	982	-21	9		U"SF	91,2	0,2	35,3	0,80	2,50	0,3	72,77	9,57	0,45	0,36	0,27	0,18	1,09	3,92	1,00	0,14	1,59	0,86
2052	982	-27	6	7253	AKK	39,1	7,0	45,2	3,80	4,10	2,4	24,12	3,08	3,08	0,50	0,58	3,91	0,27	3,40	0,23	0,52	2,14	0,14
2052	982	-30	3	7253	BUM	27,1	11,3	45,2	3,80	4,40	5,0	16,72	2,14	2,14	0,35	0,40	2,71	0,18	2,35	0,16	0,69	2,14	0,14
2054	982	-105	3	7253	AKK	34,6	11,9	51,7	4,50	7,80	5,6	10,76	2,11	3,49	0,62	1,07	5,63	0,27	10,62	0,10	0,80	4,29	0,30
2054	982	-109	4	7253	BUK	16,5	14,3	58,3	4,91	6,10	7,4	0,33	0,97	2,49	0,44	0,72	5,69	0,06	5,77	0,03	0,90	3,23	0,50
2054	982	-115	6	7253	BUK	10,5	17,5	66,2	5,48	2,60	8,7	0,54	0,53	3,03	0,46	0,76	4,43	0,05	0,51	0,06	0,94	0,05	0,70
2054	982	-119	4	7253	BUK	15,4	14,9	60,0	5,36	4,10	7,6	1,07	1,18	3,06	0,49	0,80	5,20	0,10	3,43	0,04	0,87	0,07	1,60
2054	982	-123	4	7253	EUK	12,7	25,7	65,9	6,26	2,30	14,1	3,88	0,93	2,90	0,43	0,67	3,35	0,22	0,25	0,03	0,81	0,07	4,50
2054	982	-126	3	7253	BUK	16,0	10,7	59,8	4,76	2,30	4,1	4,80	1,85	3,64	0,57	0,99	3,45	0,30	0,28	0,04	1,06	0,09	6,10
2054	982	-128	2	7253	EUM	25,5	18,9	55,4	5,27	1,90	9,7	14,91	1,81	3,08	0,38	0,79	3,08	1,02	0,40	0,02	0,76	0,25	1,58
2054	982	-131	3	7253	BUK	17,6	9,8	58,0	4,58	1,80	4,0	5,91	2,34	3,30	0,47	1,05	3,30	0,42	0,51	0,07	1,00	0,32	0,40
2086	982	-42	3	7253	BUK	12,7	10,5	63,1	5,35	0,00	0,0	1,63	1,58	3,28	0,52	0,83	4,10	0,33	0,19	0,03	0,00	0,00	0,00
2086	982	-49	7	7253	BUK	18,3	13,0	56,4	4,58	0,00	0,0	1,07	0,93	3,12	0,49	0,62	5,38	0,09	6,67	0,05	0,00	0,00	0,00
2086	982	-52	3	7253	BUK	16,8	10,0	56,4	4,58	0,00	0,0	0,99	0,85	2,87	0,45	0,57	4,93	0,08	6,13	0,05	0,00	0,00	0,00
2086	982	-54	2	7253	BUK	17,1	10,5	56,4	4,58	0,00	0,0	1,00	0,87	2,92	0,46	0,58	5,02	0,08	6,24	0,05	0,00	0,00	0,00
2086	982	-56	2	7253	BUK	14,4	10,7	56,4	4,58	0,00	0,0	0,72	0,92	3,28	0,53	0,76	5,81	0,05	2,27	0,05	0,00	0,00	0,00
2116	982	-45	5	7109	T"OK	73,1	0,6	17,7	1,74	6,20	0,1	46,63	12,71	1,53	0,73	0,43	1,90	0,80	5,26	1,09	0,37	0,46	0,98
2116	982	-50	5	7109	T!OK	56,6	1,4	17,7	1,74	4,90	0,1	36,11	9,84	1,18	0,56	0,33	1,47	0,62	4,07	0,84	0,55	0,46	0,98
2116	982	-56	6	7109	T!OK	65,1	1,3	17,7	1,74	4,20	0,3	41,53	11,32	1,36	0,65	0,39	1,69	0,71	4,68	0,97	0,49	0,46	0,98
2116	982	-90	5	7155	TKK	43,8	1,6	29,1	2,43	4,80	0,2	22,29	9,46	1,88	0,52	0,56	2,89	0,39	3,72	0,52	0,80	1,57	0,98
2116	982	-108	18	7155	T!OK	59,5	1,5	29,1	2,43	4,40	0,6	30,28	12,85	2,55	0,71	0,77	3,92	0,53	5,05	0,71	0,63	1,57	0,98
2116	982	-147	1	7253	AKK	44,8	4,4	35,2	2,64	7,20	2,5	30,01	1,07	1,70	0,26	0,49	2,64	0,22	7,43	0,08	0,65	4,76	0,94
2116	982	-148	1	7253	BUM	23,1	7,9	53,7	3,96	4,70	3,9	9,93	0,64	3,18	0,50	0,83	5,22	0,02	2,74	0,06	0,94	1,75	0,38
2116	982	-150	2	7253	BUK	16,7	15,4	60,2	5,06	3,40	3,8	7,18	0,46	2,30	0,36	0,60	3,77	0,01	1,98	0,05	1,10	0,84	0,01
2116	982	-154	4	7253	BUK	11,7	9,7	60,2	5,06	3,30	3,6	0,59	0,60	3,12	0,50	0,84	5,40	0,01	0,38	0,03	1,03	0,13	0,01
2116	982	-159	5	7253	BUK	12,1	12,8	60,2	5,06	3,60	5,4	0,61	0,62	3,23	0,52	0,87	5,59	0,01	0,39	0,03	1,04	0,13	0,01
2116	982	-161	2	7253	EUK	11,0	25,5	60,2	5,06	2,00	13,8	0,56	0,57	2,93	0,47	0,79	5,08	0,01	0,36	0,03	0,83	0,13	0,01
2116	982	-165	4	7253	BUK	18,6	9,9	56,3	4,27	6,10	4,7	6,19	0,48	3,42	0,46	0,91	5,59	0,07	1,33	0,03	0,96	3,43	0,17
2116	982	-170	5	7253	BUK	13,6	7,7	59,9	4,47	2,70	3,4	1,57	1,27	3,49	0,50	0,44	5,00	0,06	0,40	0,04	1,07	0,39	0,06
2116	982	-174	4	7253	EUM	21,3	22,8	57,1	5,48	2,10	11,7	11,62	1,57	2,72	0,40	0,72	2,96	0,85	0,40	0,08	0,78	0,31	0,09
2116	982	-185	11	7253	BUK	13,8	7,5	60,3	4,54	2,10	3,1	1,13	1,64	3,28	0,55	0,45	4,98	0,06	0,33	0,05	1,11	0,25	0,04
2116	982	-188	3	7253	TKK	33,2	8,7	46,9	3,95	2,20	3,8	19,12	4,24	3,15	0,46	0,89	2,09	1,29	0,29	0,26	0,89	0,26	0,13
2116	982	-191	3	7253	BUM	20,2	15,0	46,9	3,95	2,20	3,8	11,63	2,58	1,91	0,28	0,54	1,27	0,78	0,18	0,16	0,88	0,26	0,13
2116	982	-198	7	7253	EUK	21,4	19,5	56,3	5,05	1,60	8,9	9,26	2,93	3,14	0,47	0,87	3,25	0,51	0,66	0,12	0,88	0,44	0,03
2116	982	-207	9	7253	BUM	21,3	14,4	56,3	5,05	2,30	6,3	9,22	2,91	3,13	0,46	0,87	3,23	0,51	0,66	0,12	0,87	0,44	0,03
2116	982	-211	4		U"OK	72,6	6,7	19,3	1,75	1,00	2,3	59,82	6,75	1,30	0,36	0,43	0,43	1,01	0,72	0,65	0,40	0,52	0,01
2116	982	-216	5	7253	BUK	18,6	13,3	59,1	5,06	2,50	6,1	4,94	3,47	3,60	0,53	0,96	3,44	0,35	0,37	0,07	0,93	0,34	0,12
2116	982	-225	9	7253	EUK	17,3	18,1	59,1	5,06	2,10	11,8	4,60	3,23	3,35	0,50	0,89	3,20	0,32	0,34	0,06	0,87	0,34	0,12
2116	982	-230	5	7253	EUK	15,9	22,4	61,4	5,87	2,10	11,4	3,72	2,14	3,10	0,42	0,81	3,86	0,87	0,36	0,03	0,81	0,21	0,01
2116	982	-239	9	7253	BUK	19,7	14,0	56,9	4,92	2,80	6,1	4,33	3,19	3,32	0,51	0,92	4,41	0,55	2,04	0,05	0,88	1,38	0,17
2116	982	-246	7	7253	TKK	39,7	10,6	40,3	3,86	3,60	4,9	20,72	8,81	2,58	0,47	0,71	1,03	1,50	2,10	0,43	0,87	0,93	0,62
2156	983	-103	1	7253	BUK	16,7	8,5	57,0	4,08	4,80	0,0	6,14	1,11	2,93	0,53	0,68	4,80	0,05	0,35	0,11	0,82	0,28	0,01
2156	983	-106	3	7253	BUM	26,2	11,0	48,9	4,05	4,80	0,0	9,64	1,75	4,61	0,83	1,07	7,54	0,07	0,55	0,18	0,85	0,28	0,01
2156	983	-107	1	7253	BUM	12,6	6,6	60,4	4,57	5,40	0,0	0,86	0,60	3,91	0,63	0,73	4,91	0,02	0,39	0,17	0,91	0,29	0,01
2156	983	-108	1	7253	BUM	36,9	4,8	42,6	3,37	4,20	0,0	22,80	4,79	3,46	0,66	0,62	2,80	0,36	0,59	0,55	0,69	0,37	0,09
2156	983	-115	7		U	90,9	0,1	46,6	3,40	1,70	0,0	73,90	9,54	0,90	0,36	0,27	0,27	0,90	2,90	1,09	0,27	0,50	0,23
2156	983	-120	5		U	88,5	0,6	46,6	3,40	1,70	0,0	71,95	9,29	0,88	0,35	0,26	0,26	0,88	2,83	1,06	0,29	0,50	0,23
2156	983	-123	3		U	82,5	2,0	46,6	3,40	1,70	0,0	67,07	8,66	0,82	0,33	0,24	0,24	0,82	2,64	0,99	0,30	0,50	0,23
2156	983	-126	3	7253	UKK	33,5	8,2	45,3	3,88	3,80	0,0	21,13	3,35	3,11	0,46	0,56	2,94	0,40	1,27	0,40	0,68	0,46	0,17
2156	983	-129	3	7253	BUK	17,1	8,0	54,7	4,06	3,80	0,0	10,79	1,71	1,59	0,23	0,29	1,50	0,20	0,64	0,20	0,68	0,46	0,17

BGNR	JHR	LGDN	MAE	STRA	GEST.	AD	TSKD	CD	HD	SCD	BD	SIO2	AL2O3	CAO	MGO	NA2O	SO3	TIO2	FE2O3	K2O	NA2OG	SPD	SSO4D
2156	983	-131	2	7253	BUM	29,9	6,2	54,7	4,06	3,80	0,0	18,86	2,99	2,78	0,41	0,50	2,63	0,35	1,13	0,35	0,69	0,46	0,17
2156	983	-134	3	7253	UKK	31,1	7,2	54,7	4,06	3,80	0,0	19,62	3,11	2,89	0,43	0,52	2,73	0,37	1,18	0,37	0,69	0,46	0,17
2156	983	-139	2	7253	BUM	25,2	10,9	52,7	4,10	3,20	0,0	13,80	1,31	3,37	0,50	0,75	4,05	0,17	0,95	0,25	0,84	0,37	0,01
2156	983	-142	3	7253	BUK	12,1	7,9	63,2	5,07	1,60	0,0	1,25	0,83	3,41	0,53	0,71	4,76	0,03	0,32	0,20	0,86	0,46	0,01
2156	983	-147	5	7253	EUK	13,4	19,5	63,2	5,07	1,60	0,0	1,39	0,92	3,77	0,58	0,79	5,27	0,04	0,36	0,22	0,90	0,46	0,01
2156	983	-152	5	7253	BUK	12,6	12,2	63,2	5,07	1,60	0,0	1,31	0,86	3,55	0,55	0,74	4,96	0,03	0,34	0,21	0,97	0,46	0,01
2156	983	-159	7	7253	BUK	11,3	16,7	64,0	5,33	1,80	0,0	0,91	0,61	3,51	0,51	0,66	4,59	0,04	0,22	0,07	0,94	0,29	0,06
2156	983	-163	4	7253	BUK	11,9	18,1	64,0	5,33	1,80	0,0	0,96	0,64	3,70	0,54	0,70	4,84	0,04	0,23	0,08	0,87	0,29	0,06
2156	983	-166	3	7253	BUK	10,5	13,0	60,5	5,60	1,80	0,0	0,85	0,56	3,26	0,48	0,61	4,27	0,04	0,21	0,07	0,90	0,29	0,06
2156	983	-171	5	7253	BUK	12,9	12,2	62,7	4,77	2,70	0,0	0,43	0,56	3,79	0,55	0,72	5,62	0,03	1,01	0,06	1,01	0,74	0,01
2156	983	-174	3	7253	BUK	11,9	11,0	54,3	4,41	2,70	0,0	0,40	0,67	3,49	0,51	0,66	5,18	0,03	0,94	0,05	0,95	0,74	0,01
2156	983	-179	5	7253	BUK	12,5	10,7	61,7	4,66	2,30	0,0	1,20	1,15	3,62	0,55	0,76	4,71	0,08	0,16	0,05	0,96	0,20	0,03
2156	983	-186	7	7253	BUK	13,1	11,1	61,7	4,66	2,30	0,0	1,25	1,20	3,79	0,57	0,79	4,93	0,09	0,17	0,05	1,02	0,20	0,03
2156	983	-188	2	7253	BUK	13,8	9,1	61,7	4,66	2,30	0,0	1,32	1,26	4,00	0,60	0,84	5,20	0,09	0,17	0,05	1,03	0,20	0,03
2156	983	-192	1	7253	BUM	21,8	7,5	53,8	3,99	7,00	0,0	5,27	1,63	3,33	0,52	0,76	4,77	0,28	5,10	0,06	0,88	2,29	0,14
2156	983	-193	1		S	64,5	3,9	25,7	1,92	1,60	0,0	58,69	0,58	1,29	0,25	0,32	1,35	0,25	0,70	0,12	0,47	0,34	0,04
2156	983	-196	3	7253	BUK	13,4	10,0	56,3	4,56	2,00	0,0	3,45	1,87	3,12	0,46	0,61	3,04	0,33	0,26	0,06	0,65	0,19	0,04
2156	983	-198	2	7253	EUK	13,9	19,6	61,6	5,89	3,00	0,0	3,58	1,94	3,23	0,48	0,63	3,15	0,34	0,27	0,06	0,85	0,19	0,04
2156	983	-201	3	7253	EUK	12,1	20,0	60,3	5,63	2,60	0,0	3,12	1,69	2,81	0,42	0,55	2,74	0,30	0,24	0,06	0,90	0,25	0,05
2156	983	-203	2	7253	BUK	16,1	11,9	59,9	4,96	2,10	0,0	4,15	2,25	3,75	0,56	0,74	3,65	0,40	0,32	0,08	1,12	0,19	0,05
2156	983	-206	3	7253	EUK	17,5	23,0	55,7	5,50	2,10	0,0	4,51	2,45	4,07	0,61	0,80	3,97	0,43	0,35	0,08	0,95	0,19	0,05
2156	983	-208	2	7253	BUK	17,0	15,1	55,7	5,50	2,10	0,0	4,38	2,38	3,96	0,59	0,78	3,85	0,42	0,34	0,08	0,94	0,19	0,05
2156	983	-210	2	7253	BUK	17,5	18,3	55,7	5,50	2,10	0,0	4,51	2,45	4,07	0,61	0,80	3,97	0,43	0,35	0,08	0,91	0,19	0,05
2156	983	-213	3	7253	EUM	20,6	23,0	51,8	5,61	2,00	0,0	5,31	2,88	4,79	0,72	0,94	4,67	0,51	0,41	0,10	0,85	0,19	0,04
2156	983	-215	2	7253	UKK	40,6	19,6	44,1	4,47	1,80	0,0	33,00	1,38	2,55	0,28	0,36	1,38	0,81	0,20	0,08	0,51	0,24	0,04
2156	983	-275	8	LGDB	U"OK	66,7	3,8	22,0	2,08	0,90	0,0	55,76	5,26	1,73	0,26	0,33	1,46	0,80	0,46	0,06	0,48	0,33	0,04
18	987	-187	5	BOG	BUM	27,3	11,3	51,2	4,29	2,90	6,6	12,83	4,64	3,19	0,46	0,84	2,78	0,62	1,50	0,13	0,85	0,53	0,11
18	987	-191	4		T!OK	62,0	6,1	24,0	2,49	4,90	4,3	37,26	11,28	1,36	0,43	0,55	1,11	2,04	5,76	1,05	0,50	2,55	1,45
18	987	-197	6	B	TKK	40,5	15,0	41,1	3,85	2,50	7,9	20,00	7,37	3,03	0,32	0,72	3,68	1,05	3,15	0,44	0,69	1,54	0,43
18	987	-202	5	B	TKK	44,9	5,2	33,5	3,92	5,70	2,6	22,67	8,84	1,97	0,40	0,76	1,30	0,89	6,86	0,62	0,69	0,19	1,60
18	987	-210	8	B	BUM	25,6	17,6	53,8	5,39	3,40	9,6	10,26	4,53	2,86	0,33	0,74	2,56	0,38	3,27	0,30	0,78	0,26	0,41
18	987	-215	5	B	BUK	13,2	17,9	63,4	5,23	1,70	8,5	1,38	1,54	3,12	0,39	0,69	5,05	0,03	0,62	0,05	0,95	1,55	0,07
18	987	-222	7	B	BUK	10,1	28,5	65,1	6,58	1,30	17,4	1,16	1,16	2,89	0,32	0,51	3,55	0,04	0,20	0,05	0,81	0,37	0,04
18	987	-230	8	B	BUM	21,1	24,0	58,3	6,15	1,50	12,1	10,99	1,64	3,03	0,37	0,73	3,08	0,54	0,35	0,10	0,81	1,24	0,02
18	987	-255	4	B	BUK	11,5	21,9	63,1	5,84	1,40	10,2	2,67	1,27	3,26	0,37	0,83	2,47	0,11	0,27	0,09	0,91	0,61	0,01
18	987	-260	5	B	BUK	12,4	21,5	62,3	5,72	1,50	8,0	1,79	1,53	3,31	0,39	0,80	3,11	0,09	0,70	0,73	0,88	0,07	0,02
18	987	-269	9	B	BUK	12,9	11,1	61,1	4,69	1,70	3,6	1,17	1,03	3,19	0,41	0,87	4,15	0,07	1,78	0,10	0,98	0,16	0,08
18	987	-275	6	B	BUK	16,0	17,4	58,0	4,96	1,30	7,6	5,80	2,11	3,20	0,43	0,83	2,67	0,24	0,28	0,16	0,92	0,25	0,01
18	987	-278	3	B	TKK	45,4	10,8	38,1	3,40	0,90	4,6	33,36	4,67	2,13	0,31	0,68	1,81	1,13	0,40	0,27	0,90	0,34	0,01
18	987	-287	9		T!OK	51,4	11,7	31,8	3,38	1,80	4,5	31,50	11,82	1,64	0,35	0,66	0,82	1,38	2,05	0,51	0,51	1,48	0,01
21	987	-47	3	BOG	BUK	13,6	5,7	58,5	4,33	3,60	1,5	2,05	1,12	3,41	0,44	0,62	4,36	0,08	0,46	0,10	0,73	0,25	0,17
21	987	-85	8	B	EUK	11,5	22,8	64,1	5,94	2,70	10,7	1,90	1,01	2,86	0,37	0,46	3,36	0,06	0,97	0,09	0,69	0,60	0,11
21	987	-90	5	B	BUK	11,5	14,4	62,6	4,84	2,20	5,8	0,69	0,79	3,73	0,47	0,54	4,58	0,04	0,32	0,12	0,86	0,23	0,05
21	987	-95	5	B	BUK	15,8	15,1	59,8	4,73	3,80	6,0	1,45	0,90	3,38	0,47	0,69	4,74	0,07	3,79	0,12	0,85	1,92	0,18
21	987	-100	5	B	BUK	11,9	13,8	62,9	5,22	2,10	6,6	0,78	0,72	3,43	0,42	0,66	4,85	0,03	0,67	0,07	0,88	0,33	0,01
21	987	-103	3	B	EUK	9,6	21,3	64,6	5,79	2,10	12,0	0,68	0,62	2,80	0,34	0,51	3,86	0,06	0,40	0,06	0,77	0,30	0,01
21	987	-108	5	B	BUK	10,7	14,2	63,4	4,95	2,00	6,0	1,01	0,98	3,23	0,42	0,58	4,08	0,09	0,11	0,09	0,83	0,09	0,01
21	987	-117	9	B	BUK	13,3	15,6	61,2	5,04	1,90	6,5	2,26	1,78	3,31	0,43	0,63	3,63	0,11	0,78	0,10	0,82	0,33	0,01
48	987	-99	7	B	UKK	42,1	11,6	39,7	3,53	3,50	6,1	27,95	4,79	2,35	0,37	0,54	2,10	0,33	2,98	0,54	0,56	0,28	0,01
48	987	-109	10	B	BUK	13,2	19,1	65,2	4,52	2,70	11,3	3,37	0,47	3,30	0,40	0,69	4,23	0,09	0,43	0,07	0,87	0,33	0,01
48	987	-119	10	B	BUK	12,0	12,7	61,8	4,97	3,00	6,1	1,14	0,79	3,63	0,37	0,19	5,05	0,03	0,49	0,03	1,01	0,17	0,03

BGNR	JHR	LGDNN	MAE	STRA	GEST.	AD	TSKD	CD	HD	SCD	BD	SIO2	AL2O3	CAO	MGO	NA2O	SO3	TIO2	FE2O3	K2O	NA2OG	SPD	SSO4D
48	987	-129	10	B	BUK	12,3	15,5	62,7	5,27	2,50	8,5	1,59	0,46	3,61	0,47	0,71	4,90	0,04	0,22	0,06	0,98	0,12	0,01
48	987	-134	5	B	BUK	13,7	9,3	61,1	4,77	3,00	3,6	1,38	0,58	3,60	0,46	0,79	5,28	0,04	1,17	0,10	1,03	0,70	0,18
48	987	-148	6	B	BUK	16,5	19,6	62,0	5,49	2,60	10,9	3,15	0,80	3,79	0,44	0,77	5,06	0,13	2,02	0,14	0,90	0,83	0,03
48	987	-153	5	B	BUK	18,0	16,9	58,8	5,62	4,10	9,3	3,34	0,73	3,61	0,48	0,70	4,71	0,21	3,72	0,18	0,85	2,03	0,20
48	987	-157	4	B	BUK	14,4	19,6	61,9	5,79	2,40	10,4	1,75	0,86	3,58	0,43	0,74	4,47	0,11	2,05	0,11	0,89	0,97	0,25
48	987	-162	5	B	UKK	32,6	13,7	51,0	4,52	2,80	7,2	19,59	1,36	2,80	0,32	0,65	3,87	0,45	2,86	0,16	0,72	1,12	0,03
51	987	-48	6	B	BUK	18,1	13,8	57,2	4,67	3,30	5,6	8,68	0,83	3,40	0,41	0,32	3,80	0,07	0,28	0,17	0,38	0,25	0,17
51	987	-51	3	B	EUK	10,8	27,3	64,7	6,32	2,70	16,3	2,20	0,61	3,05	0,39	0,25	3,87	0,06	0,05	0,04	0,30	0,19	0,15
51	987	-60	9	B	BUK	11,5	13,8	63,9	5,34	2,80	5,8	0,51	0,62	3,66	0,49	0,31	5,43	0,02	0,10	0,08	0,40	0,09	0,17
51	987	-68	8	B	BUK	15,2	11,8	60,3	5,20	3,40	3,8	2,75	1,53	3,66	0,48	0,41	4,89	0,13	0,82	0,12	0,39	0,35	0,30
51	987	-76	8	B	BUK	11,6	16,7	64,0	5,57	2,90	8,7	1,02	0,56	3,53	0,45	0,34	5,28	0,04	0,19	0,03	0,42	0,26	0,14
51	987	-85	9	B	BUK	13,8	16,2	61,5	4,87	3,70	8,5	1,72	0,48	3,50	0,44	0,23	0,05	2,08	5,09	0,26	0,93	0,46	
51	987	-94	9	B	BUK	16,7	13,1	59,0	4,72	2,60	5,4	4,05	2,92	3,44	0,51	0,41	4,19	0,21	0,50	0,15	0,39	0,35	0,11
51	987	-103	9	B	BUK	12,8	13,7	61,9	5,00	2,50	7,1	1,33	1,36	3,37	0,43	0,61	5,17	0,03	0,10	0,08	0,78	0,09	0,06
51	987	-111	8	B	BUK	13,3	9,8	60,4	4,88	2,40	5,0	1,42	1,01	3,85	0,53	0,39	5,55	0,06	0,10	0,06	0,49	0,15	0,13
24	985	84	3		U"SF!OK	58,9	4,2	26,8	2,41	3,00	0,3	42,40	6,59	1,82	0,11	0,64	3,29	0,41	2,47	0,58	0,46	1,05	0,63
24	985	78	6	7110	EUK	11,8	16,8	64,2	5,40	2,90	10,0	0,86	0,48	3,46	0,47	0,92	5,18	0,02	0,33	0,03	0,88	0,27	0,23
24	985	74	4	7110	EUK	11,5	15,2	62,7	5,09	3,20	6,5	0,44	0,32	3,81	0,49	0,69	5,10	0,04	0,34	0,04	0,84	0,33	0,26
24	985	69	5	7110	BUK	12,8	8,6	61,4	4,54	2,90	2,2	0,65	0,97	3,84	0,56	0,96	5,49	0,02	0,24	0,07	0,94	0,11	0,25
24	985	64	5	7110	BUM	29,7	4,6	48,9	3,44	3,10	0,6	15,77	2,67	3,65	1,30	2,16	3,38	0,26	0,89	0,14	0,86	0,23	3,90
24	985	54	5		BU/SF"U	55,7	10,1	33,7	2,66	2,30	3,4	47,56	0,72	1,61	0,33	0,44	3,62	0,11	1,39	0,05	0,53	1,06	0,30
24	985	51	3	7150	BU/SF"U	30,9	19,7	50,6	4,74	2,40	12,0	13,75	0,49	2,81	0,40	0,77	4,14	0,06	0,24	0,03	0,68	0,28	0,19
24	985	47	4	7150	EUK	19,5	16,8	59,4	5,00	2,80	9,3	1,15	0,60	3,23	0,48	0,74	5,07	0,05	0,31	0,03	0,86	0,41	0,27
24	985	37	10	7150	EUK	12,7	15,4	62,7	5,52	3,10	8,5	0,74	0,67	3,53	0,49	0,95	5,39	0,03	0,52	0,05	0,93	0,49	0,31
24	985	35	2	7150	BU/EU	12,6	16,2	63,1	5,12	3,00	7,5	0,39	0,64	3,69	0,52	0,91	5,98	0,02	0,46	0,02	0,95	0,40	0,29
24	985	26	9	7150	BUM	27,2	8,7	46,9	3,13	13,20	2,3	0,51	0,62	2,80	0,38	0,78	5,03	0,13	16,91	0,00	0,76	9,65	1,60
24	985	22	4	7150	BUK	19,7	10,4	57,6	4,60	3,20	3,6	7,24	1,39	3,36	0,49	0,86	5,67	0,07	0,57	0,05	0,99	0,24	0,25
24	985	17	5		U"SF"OK	70,0	2,1	18,4	1,79	2,50	0,2	55,02	6,65	1,54	0,42	0,56	2,03	0,63	2,31	0,98	0,41	0,89	1,09
24	985	15	2		U"SF"OK	73,5	1,5	16,7	1,43	1,90	0,1	58,87	6,98	2,57	0,44	0,58	2,42	0,51	1,54	0,95	0,42	0,70	0,44
24	985	10	5	7210	UKK	47,6	7,3	35,9	3,05	2,60	1,2	31,98	5,90	2,85	0,52	0,66	4,33	0,52	1,09	0,47	0,57	0,56	0,50
24	985	6	4		U"SF!OK	55,3	2,9	28,2	2,58	3,70	0,2	36,05	8,23	2,32	0,55	0,71	2,87	0,44	3,53	0,60	0,55	1,51	0,91
24	985	-4	10	7250	EUK	16,3	16,8	64,3	5,49	4,30	11,2	1,89	0,81	3,03	0,44	0,73	6,06	0,08	3,56	0,03	0,84	1,38	1,02
24	985	-8	4	7250	BUM	23,9	14,0	54,9	4,84	2,80	6,5	13,93	0,86	3,17	0,45	0,83	4,39	0,23	0,23	0,04	0,85	0,53	0,21
24	985	-10	2	7250	EUK	11,3	18,1	65,3	5,63	3,10	10,1	0,79	0,63	3,18	0,42	0,82	5,15	0,05	0,10	0,04	0,93	0,22	0,18
24	985	-21	11	7250	EUK	10,9	25,3	65,9	6,24	2,80	14,7	1,28	0,56	2,83	0,40	0,76	4,88	0,04	0,22	0,03	0,83	0,30	0,16
24	985	-25	4	7250	EUK	10,1	26,3	66,2	6,47	2,40	15,5	0,83	0,53	2,76	0,39	0,75	4,36	0,05	0,41	0,02	0,88	0,52	0,15
24	985	-32	7	7250	EUK	13,6	19,5	62,6	5,39	2,70	11,3	3,41	0,95	3,12	0,46	0,65	4,58	0,09	0,29	0,02	0,73	0,27	0,18
24	985	-34	2	7250	EUK	29,3	17,1	51,1	3,52	2,40	9,3	20,77	0,61	3,07	0,43	0,70	2,78	0,29	0,14	0,02	0,76	0,24	0,21
32	986	-116	2		U!OK	55,1	5,1	31,1	2,73	2,10	0,0	44,35	2,69	1,98	0,44	0,60	4,46	0,27	0,60	0,27	0,80	0,56	0,26
32	986	-121	5		U!OK	51,1	4,7	33,4	2,71	2,80	0,0	36,94	4,44	2,45	0,51	0,71	5,16	0,20	1,02	0,35	0,74	0,68	0,44
32	986	-125	4	7110	BUK	17,5	12,0	58,0	4,94	3,30	4,9	5,89	1,48	3,13	0,59	0,84	4,83	0,07	0,40	0,08	1,06	0,26	0,25
32	986	-128	3	7110	BUK	16,0	13,0	58,8	4,87	2,50	5,7	4,94	1,18	3,02	0,59	0,99	4,89	0,04	0,30	0,12	1,04	0,35	0,20
32	986	-135	7	7110	EUK	10,0	24,9	66,3	6,41	2,60	15,0	1,04	0,43	2,97	0,52	0,76	4,00	0,05	0,05	0,03	0,97	0,14	0,19
32	986	-143	8	7110	EUK	13,3	17,7	62,3	5,62	2,50	9,1	2,73	0,97	3,09	0,58	0,85	4,56	0,06	0,29	0,09	1,07	0,26	0,18
32	986	-149	6	7110	BUM	21,3	11,5	56,6	4,99	4,40	4,5	6,21	1,36	3,10	0,57	0,83	6,19	0,10	2,79	0,14	0,99	1,51	0,59
32	986	-153	4	7110	BUK	18,8	15,8	58,6	4,95	2,60	9,3	7,01	2,29	3,10	0,54	0,97	3,87	0,54	0,30	0,15	0,96	0,34	0,16
32	986	-169	7	7150	UKK	33,4	13,7	47,5	4,11	2,70	6,2	17,13	5,34	2,73	0,53	0,96	3,90	1,13	1,00	0,53	0,88	0,46	0,21
32	986	-177	8	7150	UKK	45,9	3,8	36,7	3,12	2,60	0,3	30,38	6,24	2,01	0,45	0,82	3,94	0,82	0,68	0,50	0,85	0,33	0,20
32	986	-183	6		U"OK	66,3	2,4	21,7	2,07	1,80	0,2	48,86	8,95	2,38	0,46	0,66	2,51	1,25	1,06	0,79	0,55	0,32	0,26
32	986	-188	5	7251	EUK	12,0	25,8	65,7	6,34	3,40	15,1	1,27	0,45	2,50	0,37	0,73	4,76	0,10	1,58	0,02	0,90	1,16	0,32
32	986	-191	3	7251	EUK	16,8	1,0	59,8	5,47	3,10	9,5	3,29	1,96	3,37	0,48	0,95	4,90	0,23	1,34	0,06	1,03	0,79	0,27

BGNR	JHR	LGDN	MAE	STRA	GEST.	AD	TSKD	CD	HD	SCD	BD	SIO2	AL2O3	CAO	MGO	NA2O	SO3	TIO2	FE2O3	K2O	NA2O6	SPD	SSO4D
32	986	-195	4	7251	EUK	15,2	17,5	60,9	5,40	2,50	10,1	3,00	1,94	3,31	0,53	0,98	4,45	0,25	0,56	0,04	1,00	0,54	0,19
32	986	-199	4	7251	EUK	17,1	16,0	59,5	5,39	4,00	9,0	1,96	1,19	2,63	0,34	0,78	5,38	0,18	2,63	0,03	0,95	1,56	0,42
32	986	-203	4	7251	BUK	22,5	12,2	53,8	4,88	2,90	5,1	9,13	2,47	2,99	0,45	0,76	4,65	0,31	1,17	0,15	1,00	0,95	0,21
32	986	-212	9	7251	EUK	11,2	19,4	64,8	6,11	1,70	9,9	1,42	0,91	2,97	0,39	0,91	3,93	0,11	0,42	0,03	0,99	0,33	0,24
32	986	-218	6	7251	EUK	9,8	24,1	65,9	6,50	1,80	15,7	1,66	0,58	2,73	0,39	0,77	3,13	0,11	0,17	0,02	0,96	0,23	0,17
32	986	-220	2	7251	EUK	11,7	27,0	65,1	6,81	2,30	15,4	1,87	0,56	2,73	0,36	0,84	3,93	0,17	1,00	0,03	0,96	0,60	0,24
32	986	-223	3	7251	EUK	12,3	19,8	63,1	5,41	1,10	10,9	2,28	0,60	3,07	0,45	0,97	3,73	0,14	0,99	0,04	1,14	0,28	0,26
32	986	-226	3	7251	EUK	15,6	27,1	57,0	6,38	1,70	14,9	5,74	0,48	2,80	0,39	0,71	4,05	0,18	1,09	0,03	0,91	0,84	0,21
48	985	199	3	7253	UKK	43,5	7,4	40,4	3,07	2,00	1,3	34,58	1,00	3,30	0,43	0,43	3,78	0,13	0,39	0,08	0,54	0,27	0,30
48	985	196	3	7253	UKK	34,6	7,5	44,6	3,57	2,50	1,4	25,11	0,72	3,07	0,44	0,51	4,32	0,06	0,20	0,03	0,55	0,22	0,27
48	985	192	4	7253	BUK	11,6	14,7	63,2	5,17	2,60	7,0	0,44	0,46	3,67	0,55	0,49	5,26	0,02	0,46	0,05	0,59	0,27	0,30
48	985	183	9	7253	BUK	13,0	14,9	62,4	5,08	4,10	7,2	0,36	0,39	3,23	0,50	0,37	5,95	0,05	2,00	0,05	0,59	0,97	0,47
48	985	178	5	7253	EUK	10,8	18,4	64,4	5,41	2,30	12,0	1,04	0,43	3,54	0,54	0,50	4,27	0,04	0,14	0,04	0,57	0,13	0,24
48	985	176	2	7253	BUK	12,3	10,9	61,7	4,78	2,80	4,0	0,34	0,59	3,92	0,51	0,52	5,53	0,03	0,71	0,04	0,61	0,54	0,47
48	985	171	5	7253	BUK	15,9	12,2	58,8	4,80	5,10	5,1	0,66	0,52	3,45	0,50	0,52	6,70	0,04	3,57	0,03	0,59	1,76	1,10
48	985	168	3	7253	EUK	11,4	17,7	62,7	5,32	1,40	15,2	1,23	0,64	3,53	0,53	0,63	4,38	0,03	0,30	0,04	0,60	0,32	0,32
48	985	166	2	7253	BUK	12,1	8,6	61,4	4,53	2,30	2,2	0,31	0,58	3,66	0,56	0,61	5,90	0,03	0,36	0,04	0,63	0,32	0,34
48	985	160	6	7253	BUK	13,1	10,7	61,9	4,60	2,70	3,9	0,62	0,57	3,52	0,55	0,60	6,18	0,05	0,87	0,03	0,62	0,55	0,40
48	985	156	4	7253	BUK	13,2	7,9	60,2	4,22	2,80	1,7	0,15	0,67	3,52	0,55	0,67	6,30	0,03	1,01	0,03	0,64	0,59	0,47
48	985	152	4	7253	BUK	11,6	10,9	62,3	4,66	2,30	4,0	0,97	0,55	3,51	0,54	0,68	5,06	0,04	0,12	0,05	0,63	0,18	0,27
48	985	149	3	7253	BUK	19,5	2,5	50,3	3,74	7,00	0,2	0,42	0,70	3,02	0,50	0,70	6,43	0,03	7,85	0,03	0,60	2,40	2,26
48	985	147	2	7253	BUK	12,5	19,2	65,7	5,46	1,60	12,9	1,51	0,71	3,71	0,57	0,67	4,83	0,03	0,18	0,08	0,61	0,23	0,24
48	985	140	7	7253	EUK	12,2	22,3	65,3	5,94	2,70	15,4	1,28	0,75	3,33	0,40	0,98	4,66	0,04	0,45	0,06	0,88	0,29	0,35
48	985	137	3	7253	EUK	12,7	27,2	64,2	6,60	2,00	23,2	3,61	0,77	3,27	0,44	0,43	3,49	0,15	0,15	0,06	0,56	0,19	0,25
48	985	130	7	7253	BUK	12,8	16,1	62,2	5,05	1,40	11,6	1,72	1,11	3,90	0,60	0,58	4,18	0,08	0,43	0,06	0,62	0,21	0,26
48	985	125	5	7253	BUK	13,0	16,2	62,2	5,50	1,60	9,7	2,23	1,31	3,71	0,54	0,63	4,21	0,10	0,22	0,03	0,61	0,23	0,26
48	985	123	2	7253	EUM	25,4	17,3	52,8	4,75	3,60	12,6	10,92	1,29	3,09	0,40	0,53	4,97	0,25	4,16	0,05	0,56	2,24	0,61
72	986	432	6	7253	EUK	21,5	26,1	56,4	5,30	2,80	17,4	9,09	6,06	3,67	0,49	0,27	1,09	0,17	0,51	0,12	0,24	0,32	0,22
72	986	428	4	7253	EUK	18,2	22,7	57,6	5,72	2,70	15,7	7,17	4,64	3,53	0,47	0,29	2,05	0,09	0,14	0,07	0,29	0,30	0,24
72	986	426	2		U!OK	52,8	6,4	28,9	3,20	1,70	0,0	28,08	19,43	2,79	0,68	0,36	1,16	0,26	0,68	0,42	0,24	0,22	0,19
76	985	232	6	7253	BUM	20,2	5,5	54,7	4,11	4,00	0,4	7,02	2,52	3,75	0,56	0,46	4,86	0,18	0,34	0,22	0,49	0,14	0,24
76	985	229	3	7253	UKK	30,8	7,4	47,6	3,76	4,60	1,3	16,57	2,77	3,41	0,52	0,40	3,17	0,27	1,32	0,27	0,40	0,46	0,68
76	985	226	3	7253	BUK	12,7	14,6	61,9	4,97	3,20	6,9	0,48	0,77	4,29	0,57	0,17	5,34	0,02	0,77	0,06	0,51	0,41	0,36
76	985	221	5	7253	EUK	12,2	30,4	65,6	6,94	2,70	20,4	1,96	0,69	4,08	0,51	0,15	3,73	0,09	0,69	0,04	0,47	0,81	0,45
76	985	217	4	7253	BUK	15,0	16,6	61,4	5,42	3,40	10,1	1,35	1,00	4,53	0,61	0,21	5,19	0,06	1,78	0,07	0,45	0,32	0,26
76	985	216	1	7253	UKK	34,1	8,5	47,0	3,72	2,90	2,2	23,29	1,50	3,95	0,51	0,23	2,48	0,40	1,15	0,06	0,41	0,78	0,30
95	986	100	5	7110	UKK	33,3	7,9	47,9	3,81	2,90	1,6	20,47	2,59	3,19	0,53	0,83	3,96	0,19	0,43	0,29	0,75	0,38	0,31
95	986	96	4	7110	UKK	35,4	8,9	44,3	3,79	2,60	2,7	23,85	2,79	2,90	0,49	0,74	3,15	0,17	0,42	0,31	0,74	0,31	0,23
95	986	89	7	7110	BUK	14,7	8,7	59,5	4,40	3,10	2,2	2,51	1,13	3,93	0,58	0,88	5,13	0,02	0,08	0,05	0,93	0,07	0,01
95	986	85	4	7110	UKK	44,9	2,6	37,5	3,10	2,90	0,2	26,17	9,42	3,41	0,67	0,94	2,06	0,40	0,67	0,62	0,76	0,43	0,23
95	986	74	6		U!OK	60,1	3,1	25,9	2,58	3,30	0,0	40,08	9,67	1,80	0,54	0,78	2,46	0,60	2,58	1,02	0,56	1,11	0,32
95	986	67	3	7150	BUK	18,8	14,3	59,1	4,90	2,50	6,7	8,59	0,94	3,23	0,47	0,75	4,02	0,07	0,16	0,11	0,90	0,27	0,25
95	986	65	2	7150	UM	27,9	15,2	51,7	4,62	2,30	8,1	19,36	0,72	2,76	0,36	0,61	3,12	0,08	0,16	0,05	0,75	0,25	0,05
95	986	59	6	7150	BUK	15,2	13,8	60,2	5,16	3,20	6,3	4,24	0,68	3,37	0,50	0,85	4,25	0,04	0,92	0,06	0,91	0,98	0,25
95	986	54	5	7150	BUK	17,0	9,0	57,9	4,27	4,10	2,6	2,55	1,10	3,40	0,47	1,00	6,25	0,08	2,05	0,08	0,98	1,70	0,27
95	986	49	5	7150	BUK	18,1	11,8	57,2	4,90	3,40	4,7	5,90	2,00	3,98	0,52	0,94	4,36	0,09	0,25	0,18	0,92	0,31	0,26
95	986	41	3	ZMIB	U!OK	51,8	6,5	34,1	2,98	2,40	0,0	37,81	6,11	2,38	0,41	0,67	3,21	0,51	0,41	0,62	0,60	0,51	0,03
95	986	37	4	ZMIB	U!OK	51,8	2,5	30,0	2,65	4,20	0,0	29,88	10,56	2,17	0,51	0,72	3,88	0,41	3,15	0,82	0,61	1,67	0,46
95	986	35	2	ZMIB	U!OK	61,7	2,9	24,7	2,16	2,10	0,0	45,53	8,45	1,60	0,43	0,67	1,97	0,61	0,86	0,98	0,51	0,41	0,02
95	986	27	2	7250	BUM	21,5	20,8	59,8	5,48	3,40	15,7	11,05	1,26	2,94	0,40	0,77	4,25	0,25	0,17	0,15	0,76	0,25	0,00
95	986	23	4	7250	BUK	15,1	14,9	61,2	5,73	3,90	9,8	3,42	1,13	3,38	0,46	0,93	5,01	0,15	0,18	0,07	0,88	0,35	0,03

BGNR	JHR	LGDN	MAE	STRA	GEST.	AD	TSKD	CD	HD	SCD	BD	SIO2	AL2O3	CAO	MGO	NA2O	SO3	TIO2	FE2O3	K2O	NA2OG	SPD	SSO4D
95	986	19	4	7250	BUM	22,5	12,4	54,1	4,50	3,90	5,2	8,75	0,96	3,26	0,40	0,76	5,24	0,18	2,54	0,38	0,76	1,55	0,49
96	985	-32	6		U!OK	55,1	4,9	28,7	2,64	3,60	0,4	37,24	8,87	1,98	0,44	0,55	2,97	0,49	2,25	0,55	0,50	1,34	0,45
96	985	-36	4	7110	EUK	14,5	20,0	61,3	5,65	3,60	11,5	4,52	0,65	3,03	0,42	0,52	4,65	0,04	0,44	0,05	0,76	0,34	0,33
96	985	-42	6	7110	BUK	13,8	10,5	60,4	4,87	3,40	3,7	1,47	1,03	3,24	0,48	0,77	5,90	0,04	0,81	0,02	0,57	0,45	0,42
96	985	-45	3		U!OK	55,5	4,6	28,3	2,73	1,90	0,4	35,40	10,15	2,27	0,49	0,66	2,94	0,66	0,72	0,72	0,89	0,29	0,20
96	985	-54	9		U"OK	67,1	2,5	18,5	1,65	2,80	0,1	47,97	10,46	1,47	0,40	0,53	1,20	0,53	2,68	0,67	0,42	1,24	0,68
96	985	-57	3	7150	EUK	11,4	25,6	65,8	6,62	3,00	14,3	2,01	0,62	2,72	0,39	0,62	4,37	0,04	0,45	0,05	0,77	0,39	0,30
96	985	-61	4	7150	BUK	11,5	13,9	63,0	4,83	2,60	6,5	0,78	0,44	3,47	0,49	0,81	5,11	0,02	0,09	0,02	0,94	0,09	0,30
96	985	-67	6	7150	BUK	12,0	14,8	62,1	5,54	3,10	6,9	1,28	0,50	3,24	0,49	0,80	5,08	0,03	0,14	0,06	0,97	0,22	0,27
96	985	-75	8	7150	EUK	10,9	18,1	64,2	5,58	2,40	8,7	0,82	0,41	3,08	0,45	0,78	5,01	0,03	0,08	0,04	0,91	0,27	0,25
96	985	-80	5	7150	BUK	11,1	15,9	63,4	5,29	2,60	8,3	0,98	0,38	3,27	0,47	0,86	4,82	0,03	0,11	0,03	0,95	0,30	0,20
96	985	-83	3	7150	EUK	10,3	19,1	64,0	5,49	2,40	9,5	0,70	0,40	3,02	0,45	0,80	4,76	0,02	0,06	0,03	0,91	0,24	0,26
96	985	-87	4	7150	BUK	12,3	11,9	62,1	5,31	2,70	4,8	1,26	0,71	3,34	0,52	0,92	5,01	0,02	0,19	0,06	0,99	0,18	0,25
96	985	-122	17		U"OK	69,4	5,5	20,4	1,83	1,50	0,5	57,25	4,44	1,17	0,27	0,48	1,24	1,52	0,62	0,41	0,36	0,39	0,21
96	985	-124	2	7251	UKK	41,4	15,2	41,9	4,00	2,70	7,9	25,25	6,41	2,35	0,37	0,62	3,89	1,03	1,78	0,41	0,56	1,30	0,23
96	985	-131	7	7251	EUM	21,5	17,1	55,5	4,61	2,40	8,2	9,58	2,45	2,77	0,45	0,75	4,45	0,21	0,66	0,19	0,79	0,43	0,33
96	985	-138	7	7251	EUK	14,2	19,3	61,7	5,51	2,60	9,5	4,57	1,23	2,99	0,44	0,79	3,28	0,39	0,11	0,04	0,81	0,25	0,23
96	985	-142	4	7251	UKK	43,5	11,3	39,4	3,67	3,30	4,3	27,23	6,13	2,26	0,47	0,69	4,39	0,69	1,65	0,47	0,61	0,97	0,42
96	985	-147	5	7251	EUK	16,6	17,6	60,0	5,22	3,40	8,6	5,54	0,99	2,88	0,38	0,76	4,48	0,38	0,86	0,03	0,80	0,69	0,20
96	985	-152	5	7251	EUK	19,0	26,1	56,0	5,61	2,30	14,1	10,26	1,06	2,58	0,36	0,66	2,98	0,77	0,17	0,03	0,69	0,29	0,46
96	985	-155	3	7251	EUK	18,4	20,4	61,6	5,16	1,80	11,0	8,66	1,25	2,88	0,42	0,73	3,16	0,82	0,07	0,03	0,75	0,29	0,23
96	985	-159	4		U!OK	51,6	15,5	35,5	3,61	1,10	8,2	43,03	1,75	1,80	0,25	0,41	2,27	1,39	0,15	0,05	0,42	0,23	0,21
98	986	-133	7	7151	BUK	13,0	12,6	60,9	4,87	3,70	5,4	2,00	0,87	3,10	0,44	1,02	4,90	0,02	0,18	0,06	1,01	0,36	0,22
98	986	-136	3	7151	BUM	46,7	5,6	37,1	3,15	2,40	0,4	32,45	5,27	2,33	0,56	0,93	2,10	0,51	0,46	0,65	0,80	0,33	0,24
98	986	-139	3	7151	EUK	17,4	16,0	59,1	5,10	3,50	9,2	4,95	1,54	3,01	0,46	0,93	4,94	0,08	0,83	0,12	0,98	0,78	0,44
98	986	-146	7	7151	BUM	21,1	10,9	52,4	4,41	7,40	4,0	3,71	1,32	2,57	0,42	0,88	5,40	0,10	6,11	0,12	0,92	3,55	0,82
98	986	-149	3	7151	EUK	11,4	22,2	65,5	5,83	2,60	11,6	1,55	0,79	3,11	0,47	0,95	3,95	0,03	0,13	0,07	0,96	0,11	0,21
98	986	-156	7	7151	BUM	15,5	10,0	59,4	4,72	3,80	3,3	1,05	1,11	3,48	0,52	1,11	5,68	0,06	1,98	0,09	1,11	1,51	0,33
98	986	-166	10	7151	EUK	10,8	21,4	67,9	6,05	2,00	12,8	0,74	0,65	3,26	0,48	0,98	4,21	0,06	0,09	0,06	0,95	0,16	0,00
98	986	-176	10	7151	BUK	11,6	15,0	64,2	5,15	2,50	7,7	0,37	0,59	3,58	0,51	1,05	5,10	0,03	0,05	0,04	1,00	0,25	0,26
98	986	-182	6	7151	EUK	11,8	18,0	63,7	5,61	2,40	9,5	1,06	0,92	3,24	0,48	1,06	4,40	0,05	0,17	0,04	1,00	0,23	0,25
98	986	-187	5	7151	BUK	16,2	11,6	59,5	4,80	3,00	4,6	5,02	1,63	3,28	0,51	1,06	4,08	0,06	0,21	0,08	1,00	0,22	0,20
98	986	-219	5	7251	EUK	12,9	26,8	65,6	6,53	2,50	16,8	2,56	0,51	3,12	0,42	0,91	4,42	0,05	0,43	0,10	0,93	0,30	0,21
98	986	-223	4	7251	EUK	11,7	21,9	65,4	5,88	1,40	12,2	1,22	0,46	3,35	0,49	0,99	4,59	0,04	0,15	0,04	0,98	0,30	0,18
98	986	-227	4	7251	EUK	10,8	20,8	66,1	6,03	2,70	12,3	0,46	0,39	3,28	0,47	0,92	4,66	0,02	0,19	0,05	1,00	0,24	0,25
98	986	-231	4	7251	BUK	11,5	14,0	63,8	5,08	2,50	6,5	0,44	0,35	3,54	0,52	1,00	5,17	0,01	0,24	0,04	1,27	0,38	0,24
98	986	-234	3	7251	EUK	17,2	24,4	62,8	6,18	1,60	12,9	3,21	0,43	7,05	0,51	0,89	4,38	0,05	0,17	0,05	0,89	0,23	0,23
98	986	-239	5	7251	BUK	11,1	16,4	63,7	5,84	2,20	9,3	0,89	0,36	3,20	0,46	0,89	4,68	0,02	0,28	0,02	1,11	0,25	0,23
98	986	-243	4	7251	BUK	12,2	13,5	63,0	5,33	2,30	6,1	0,36	0,64	3,55	0,51	1,11	5,17	0,02	0,45	0,04	1,24	0,58	0,25
98	986	-245	2	7251	BUM	31,6	18,2	53,3	4,94	1,80	9,1	22,56	0,75	3,09	0,44	0,91	3,06	0,06	0,06	0,03	0,86	0,14	0,21
1264	980	-106	6	7151	BKTS	23,3	16,3	51,8	4,71	3,60	8,0	11,27	1,91	2,51	0,34	0,55	4,26	0,23	1,77	0,20	0,00	0,54	0,60
1264	980	-116	10	7151	BKTU	20,2	14,1	54,4	4,36	2,60	5,1	3,47	1,45	6,26	0,46	0,70	6,22	0,08	1,27	0,10	0,00	0,66	0,20
1264	980	-126	10	7151	BK	13,4	13,5	60,1	5,01	3,70	5,9	1,59	0,52	3,22	0,45	0,76	5,17	0,05	1,40	0,05	0,00	0,89	0,15
1264	980	-136	10	7151	GEK	10,4	21,5	62,3	5,60	2,80	11,1	0,83	0,63	2,61	0,38	0,61	4,20	0,06	0,70	0,04	0,00	0,36	0,01
1264	980	-141	5	7151	BK	10,0	19,1	63,6	5,23	2,30	8,0	0,56	0,47	3,10	0,46	0,74	4,20	0,03	0,11	0,05	0,00	0,15	0,02
1264	980	-146	5	7151	GEK	9,4	27,1	64,6	6,63	1,90	13,5	0,61	0,48	2,98	0,45	0,60	3,84	0,05	0,13	0,05	0,00	0,16	0,02
1264	980	-154	8	7151	GEK	11,1	19,7	62,3	5,20	2,60	8,6	0,31	0,57	3,35	0,46	0,75	4,91	0,03	0,46	0,03	0,00	0,31	0,06
1264	980	-163	9	7151	BK	11,2	17,0	63,2	5,16	2,90	7,3	0,67	0,91	3,43	0,49	0,87	4,49	0,06	0,10	0,04	0,00	0,13	0,08
1264	980	-172	9	7151	BK	14,0	18,6	61,1	5,18	2,70	9,5	2,75	1,44	3,61	0,50	0,85	4,13	0,09	0,32	0,07	0,00	0,21	0,02
1264	980	-175	3	7151	BK	14,9	15,5	60,3	5,21	2,90	7,1	3,91	1,10	3,27	0,49	0,84	4,33	0,07	0,49	0,05	0,00	0,28	0,06
1264	980	-179	4		SM"OK	76,5	1,5	13,8	1,34	2,20	0,8	64,79	3,59	0,91	0,30	0,30	1,91	0,45	2,37	0,38	0,00	0,82	0,40

BGNR	JHR	LGDN	MAE	STRA	GEST.	AD	TSKD	CD	HD	SCD	BD	SIO2	AL2O3	CAO	MGO	NA2O	SO3	TIO2	FE2O3	K2O	NA2OG	SPD	SSO4D
1264	980	-189	10		SF"!OK	58,5	1,5	22,5	1,82	5,30	0,3	32,46	12,46	1,57	0,58	0,58	2,22	0,81	6,43	1,11	0,00	2,40	1,30
1264	980	-191	2	7251	BK	19,7	11,6	55,8	4,45	4,30	3,9	8,07	1,81	3,01	0,47	0,74	4,11	0,11	0,84	0,11	0,00	0,43	0,21
1264	980	-196	5	7251	GEK	11,6	23,6	63,7	5,99	2,90	10,5	1,54	0,89	3,23	0,49	0,82	3,96	0,12	0,09	0,05	0,00	0,12	0,07
1264	980	-205	9	7251	BK"!"	23,2	17,8	53,8	4,95	2,70	7,3	10,09	3,50	3,22	0,53	0,88	2,85	0,95	0,53	0,20	0,00	0,24	0,05
1264	980	-212	7	7251	GEK	13,1	32,2	62,2	6,89	3,00	12,9	4,59	0,94	2,81	0,48	0,72	2,89	0,58	0,06	0,06	0,00	0,10	0,07
1264	980	-218	6	7251	GEK"!"	25,8	13,2	51,2	4,21	3,10	5,3	12,53	4,43	3,19	0,59	0,92	2,29	0,90	0,49	0,25	0,00	0,16	0,02
1264	980	-222	4	7251	GEK"!"	23,1	22,9	56,2	6,05	2,00	9,4	12,84	2,47	2,77	0,48	0,71	2,31	1,08	0,27	0,16	0,00	0,11	0,02
1264	980	-226	4	7251	GEK"!"	24,9	28,9	54,5	6,22	2,00	13,2	15,46	1,99	2,09	0,34	0,52	2,24	1,54	0,17	0,07	0,00	0,10	0,02
1264	980	-229	3	7251	BK"!"	24,9	11,0	51,1	4,64	2,80	6,0	11,35	3,06	3,31	0,54	0,77	3,58	0,89	0,59	0,09	0,00	0,32	0,30
1295	980	-103	4	7151	BK	18,4	9,8	55,3	4,73	4,30	4,8	5,48	0,82	3,03	0,47	0,79	5,66	0,11	1,80	0,07	0,00	0,82	0,25
1295	980	-111	8	7151	BK	17,8	21,6	59,0	6,31	4,40	9,9	3,59	1,19	2,91	0,42	1,01	4,73	0,30	3,59	0,07	0,00	1,84	0,01
1295	980	-119	8	7151	BK	16,2	18,7	59,8	5,55	3,30	8,8	3,70	2,00	3,14	0,50	0,61	4,00	0,12	1,57	0,16	0,00	0,76	0,06
1295	980	-122	3	7151	BK	13,2	16,4	60,7	5,15	2,50	8,2	2,23	1,46	3,12	0,46	0,62	4,60	0,06	0,14	0,06	0,00	0,20	0,01
1295	980	-131	4		T!KO	57,1	6,4	31,5	2,84	1,90	1,7	35,97	11,07	1,82	0,57	0,79	2,05	1,31	1,31	0,91	0,00	0,37	0,06
1295	980	-139	8	7251	BK	14,7	20,4	60,9	6,00	2,60	11,3	4,71	1,38	3,49	0,51	0,80	3,39	0,11	0,08	0,05	0,00	0,15	0,01
1295	980	-147	8	7251	BK	12,3	15,1	60,5	5,20	2,60	6,0	0,89	1,15	3,48	0,50	0,84	4,98	0,04	0,23	0,06	0,00	0,17	0,01
1295	980	-155	8	7251	BK	14,9	19,8	60,1	5,34	3,00	9,7	2,42	1,62	3,05	0,49	0,74	5,00	0,07	1,16	0,04	0,00	0,60	0,15
1295	980	-160	5	7251	BK	14,6	11,8	58,9	4,54	2,90	5,3	2,78	1,73	3,27	0,51	0,86	4,71	0,07	0,30	0,05	0,00	0,18	0,01
1295	980	-177	8	7251	BK	19,4	13,0	55,9	4,71	3,10	5,1	7,06	2,40	3,47	0,54	0,91	3,53	0,15	0,71	0,13	0,00	0,18	0,01
1295	980	-182	5	7251	BK"!"TU	21,6	11,1	55,1	4,42	3,70	4,8	8,05	2,18	3,26	0,54	0,84	4,36	0,10	1,98	0,10	0,00	0,67	0,02
1295	980	-186	4	7251	BK	19,9	20,0	57,1	5,33	2,80	10,2	8,31	2,34	3,00	0,47	0,77	3,68	0,13	1,11	0,11	0,00	0,34	0,03
1295	980	-195	9	7251	BK	15,8	14,3	58,7	4,79	2,70	6,1	4,91	2,06	3,42	0,56	0,86	3,00	0,18	0,36	0,09	0,00	0,22	0,01
1295	980	-199	4	7251	GEK	31,1	23,8	50,8	5,33	1,90	10,4	22,73	1,21	2,45	0,34	0,49	2,67	0,49	0,18	0,06	0,00	0,14	0,01
1295	980	-202	3	7251	BK!T	47,7	15,3	37,8	3,76	1,30	7,1	39,82	1,66	1,81	0,28	0,38	1,95	0,71	0,28	0,04	0,00	0,14	0,01
2002	982	-144	3	7253	BK!US	36,8	9,1	42,9	3,83	2,30	3,3	24,21	4,96	2,50	0,44	0,73	1,36	1,10	0,36	0,33	0,90	0,33	0,01
2002	982	-149	5	7253	BK!TU	40,5	13,9	42,9	3,83	1,70	6,6	26,64	5,46	2,75	0,48	0,81	1,49	1,21	0,40	0,36	0,80	0,33	0,01
2002	982	-155	6	7253	GEK"!"TU	22,9	20,8	56,3	5,27	2,20	11,4	11,49	2,58	3,29	0,54	1,14	2,38	0,70	0,32	0,11	0,89	0,14	0,01
2002	982	-162	7	7253	BK"!"TU	21,0	16,8	56,3	5,27	2,70	8,0	10,54	2,37	3,02	0,50	1,05	2,18	0,65	0,29	0,10	1,01	0,14	0,01
2002	982	-168	6	7253	BK!TU	34,7	13,4	46,4	4,25	2,30	8,8	20,64	3,81	3,05	0,45	0,69	2,46	1,17	1,04	0,20	0,82	0,76	0,02
2002	982	-173	5	7253	BK"!"TU	22,5	18,1	54,8	4,63	2,10	9,2	7,98	3,30	3,08	0,42	0,96	4,23	0,65	1,23	0,11	0,92	0,67	0,06
2002	982	-179	6	7253	BK"!"TU	22,3	10,1	54,8	4,63	3,50	3,6	7,91	3,27	3,05	0,42	0,95	4,19	0,64	1,22	0,11	1,09	0,67	0,06
2002	982	-181	2	7253	GEK	13,2	25,2	62,4	5,44	2,00	12,5	1,75	1,55	3,08	0,43	0,87	4,38	0,14	0,69	0,05	1,02	0,56	0,09
2002	982	-184	3	7253	BK	14,5	12,2	62,4	5,44	2,40	5,5	1,92	0,26	3,39	0,47	0,95	4,81	0,15	0,76	0,05	1,17	0,56	0,09
2002	982	-190	6	7253	BK	20,0	16,4	56,2	5,10	5,60	8,5	1,94	2,16	2,90	0,42	0,88	5,90	0,16	5,50	0,04	0,97	4,10	0,53
2002	982	-199	9	7253	BK	13,0	16,1	61,9	5,37	2,30	7,2	1,50	1,54	2,80	0,40	0,85	4,00	0,22	0,39	0,05	1,15	0,48	0,01
2002	982	-209	10	7253	BK	15,1	15,4	61,9	5,37	2,30	8,1	1,75	1,79	3,26	0,46	0,99	4,65	0,25	0,45	0,06	1,13	0,48	0,01
2002	982	-212	3	7253	GEK	11,7	23,7	61,9	5,37	2,50	13,3	1,35	1,39	2,52	0,36	0,77	3,60	0,19	0,35	0,04	0,99	0,48	0,01
2002	982	-214	2	7253	BK	13,7	10,2	60,9	5,01	2,20	5,8	1,97	2,09	3,26	0,46	0,94	4,26	0,12	0,16	0,04	1,15	0,18	0,03
2002	982	-215	1	7253	GEK	12,9	19,3	60,9	5,01	1,60	10,1	1,85	1,97	3,07	0,43	0,89	4,01	0,11	0,15	0,03	1,02	0,18	0,03
2002	982	-221	6	7253	BK"!"TU	20,2	13,9	55,6	4,87	2,20	5,8	6,82	4,70	3,07	0,46	1,05	2,26	0,76	0,52	0,16	1,10	0,32	0,06
2002	982	-223	2	7253	GEK"!"TU	20,8	26,5	55,6	4,87	2,10	23,0	7,03	4,84	3,16	0,47	1,08	2,32	0,79	0,54	0,16	0,81	0,32	0,06
2002	982	-230	7	7253	BK"!"TU	22,2	12,5	55,6	4,87	2,40	5,6	7,50	5,17	3,37	0,51	1,15	2,48	0,84	0,57	0,17	1,01	0,32	0,06
2002	982	-237	7	7253	BK"!"TU	21,8	17,8	55,6	4,87	2,10	9,6	7,36	5,07	3,31	0,50	1,13	2,44	0,82	0,56	0,17	0,97	0,32	0,06
2002	982	-241	4	7253	BK	19,5	16,7	55,6	4,87	2,90	7,3	6,59	4,54	2,96	0,44	1,01	2,18	0,74	0,50	0,15	1,05	0,32	0,06
58	987	-163	5	B	EUK	11,4	22,9	66,1	5,84	3,00	12,1	2,48	0,42	3,30	0,43	0,50	3,40	0,06	0,61	0,02	0,54	0,03	0,06
58	987	-173	10	B	BUK	12,1	12,2	62,0	4,72	3,70	5,3	0,19	0,26	3,29	0,45	0,55	5,31	0,03	1,70	0,02	0,70	0,63	0,14
58	987	-183	10	B	BUK	16,4	13,6	56,5	4,81	4,60	12,7	2,98	0,68	3,23	0,41	0,57	5,26	0,13	3,18	0,03	0,66	1,35	0,45
58	987	-192	9	B	BUK	9,6	22,4	65,8	6,02	2,00	10,6	1,04	0,59	2,89	0,37	0,42	3,81	0,08	0,09	0,03	0,63	0,05	0,01
58	987	-201	9	B	BUK	11,8	19,0	63,5	5,78	1,30	2,1	1,47	1,08	3,37	0,41	0,54	4,13	0,23	0,24	0,03	0,69	0,03	0,01
58	987	-207	6	B	BUM	28,6	5,1	47,8	3,33	4,80	2,1	13,09	1,65	3,40	0,40	0,57	3,91	0,62	4,97	0,05	0,62	2,43	0,55
58	987	-216	9	B	BUM	20,2	18,3	58,7	5,30	1,80	8,3	9,43	1,63	3,33	0,40	0,54	3,31	0,54	0,56	0,06	0,55	0,03	0,02

BGNR	JHR	LGDN	MAE	STRA	GEST.	AD	TSKD	CD	HD	SCD	BD	SIO2	AL2O3	CAO	MGO	NA2O	SO3	TIO2	FE2O3	K2O	NA2OG	SPD	SSO4D
58	987	-220	4	B	UKK	37,3	8,0	43,0	3,42	1,50	3,0	24,09	4,88	2,98	0,37	0,48	3,35	0,93	0,48	0,11	0,52	0,03	0,01
68	987	-107	6	B	BUK	17,5	21,4	62,6	5,89	3,00	11,5	2,04	0,94	4,58	0,47	0,82	5,60	0,07	2,48	0,21	0,72	0,40	0,34
68	987	-113	6	B	BUK	16,4	13,9	56,5	5,16	5,90	9,0	0,77	0,45	3,28	0,32	0,60	4,10	0,06	6,41	0,06	0,73	2,65	0,43
68	987	-117	4	B	BUK	10,1	21,1	65,1	6,01	2,10	14,2	1,03	0,47	3,35	0,35	0,51	3,92	0,04	0,11	0,11	0,80	0,20	0,02
68	987	-127	10	B	BUK	10,8	18,8	64,5	5,80	1,80	11,4	0,90	0,76	3,31	0,43	0,56	4,24	0,05	0,18	0,09	0,82	0,20	0,11
68	987	-131	4	B	EUK	11,1	22,5	63,0	6,01	1,90	13,5	1,59	0,77	2,99	0,39	0,54	3,98	0,07	0,45	0,07	0,74	0,30	0,02
68	987	-135	4	B	EUK	16,4	16,1	58,9	5,09	2,40	9,7	5,60	1,45	3,26	0,42	0,67	3,77	0,39	0,59	0,11	0,79	0,36	0,03
68	987	-145	10	B	BUM	25,1	9,9	51,9	4,35	3,30	4,5	12,32	2,35	3,18	0,42	0,77	3,31	0,70	1,58	0,15	0,78	0,63	0,21
68	987	-159	7	B	BUK	17,4	16,0	60,6	4,87	2,40	7,5	2,94	2,34	4,90	0,57	0,83	5,18	0,10	0,13	0,13	0,84	0,11	0,03
68	987	-169	10	B	BUM	29,0	12,6	48,6	4,23	1,30	6,2	17,51	3,13	3,07	0,34	0,72	2,28	0,63	0,14	0,08	0,71	0,12	0,06
92	987	10	6	BRUC	BUK	17,0	12,3	57,0	4,57	4,20	7,3	2,94	1,44	3,94	0,45	0,34	5,06	0,06	2,48	0,15	0,81	1,39	0,20
92	987	1	5	B	BUK	15,2	15,3	60,2	5,36	2,90	10,1	3,54	1,04	4,02	0,44	0,74	4,49	0,07	0,38	0,15	0,93	1,36	0,01
92	987	-6	7	B	BUK	16,0	14,8	60,2	4,73	2,90	8,3	5,24	0,57	4,33	0,52	0,81	3,44	0,14	0,52	0,04	0,84	0,22	0,03
92	987	-13	7	B	BUK	13,2	5,0	59,9	4,68	3,40	2,2	0,84	0,46	3,93	0,40	0,71	5,97	0,05	0,51	0,06	0,92	1,76	0,05
92	987	-19	6	B	BUK	13,0	10,5	60,1	3,66	2,80	5,0	0,70	0,46	3,87	0,40	0,74	5,62	0,06	0,75	0,10	0,98	0,54	0,01
92	987	-24	5	B	BUK	14,2	23,8	63,5	6,06	2,70	15,7	3,72	0,45	3,55	0,35	0,66	3,94	0,17	0,96	0,04	0,74	0,59	0,02
92	987	-29	5	B	BUK	13,5	17,5	61,6	5,54	2,90	11,3	0,78	0,51	3,24	0,41	0,70	5,77	0,08	2,01	0,05	0,81	0,83	0,16
136	987	-22	10	B	BUK	15,7	15,0	59,5	4,73	2,30	7,8	4,86	0,83	3,48	0,43	0,65	3,73	0,09	1,09	0,15	0,69	0,35	0,01
136	987	-27	5	B	BUK	19,5	11,2	55,8	4,39	2,50	5,0	7,99	1,67	3,76	0,70	0,79	3,54	0,29	0,42	0,17	0,79	0,35	0,01
136	987	-64	8	B	BUM	24,8	15,8	53,0	4,77	2,60	9,0	11,55	3,79	3,24	0,39	0,74	2,92	0,34	1,24	0,12	0,71	0,85	0,16
136	987	-74	10	B	BUM	28,3	16,2	51,2	4,83	3,00	9,0	10,86	6,22	2,94	0,36	0,67	2,99	0,62	3,22	0,19	0,66	2,09	0,11
147	987	-5	4	B	BUK	15,4	10,1	58,4	4,49	4,50	4,5	2,12	0,60	3,71	0,55	0,44	4,60	0,07	2,80	0,15	0,36	1,43	0,35
147	987	-11	6	B	BUK	12,8	11,7	62,3	4,94	3,30	6,4	0,70	0,29	3,57	0,46	0,44	5,33	0,05	0,56	0,10	0,52	0,36	0,03
147	987	-20	9	B	BUK	12,1	7,0	62,0	4,40	3,80	2,7	1,39	0,19	3,43	0,44	0,48	5,91	0,03	0,68	0,07	0,54	0,26	0,08
147	987	-27	7	B	BUK	11,2	15,6	65,5	5,47	2,90	8,4	3,24	0,26	3,74	0,50	0,43	4,69	0,05	0,08	0,10	0,53	0,11	0,02
147	987	-39	7	B	BUK	15,2	15,8	62,3	5,40	2,60	10,2	4,40	0,41	4,13	0,54	0,47	4,13	0,07	0,94	0,04	0,50	0,19	0,12
147	987	-49	10	B	BUK	11,7	21,1	63,9	5,12	2,50	7,0	0,94	0,45	3,65	0,46	0,47	5,37	0,04	0,08	0,08	0,60	0,09	0,01
147	987	-58	9	B	BUK	14,8	20,5	62,4	5,88	1,90	10,8	4,95	0,54	3,43	0,44	0,45	4,41	0,11	0,16	0,10	0,51	0,09	0,01
147	987	-63	5	B	BUK	15,4	12,4	60,1	4,71	2,00	5,4	2,26	1,04	4,38	0,55	0,56	5,63	0,06	0,53	0,12	0,63	0,16	0,02
200	987	-55	4	B	BUK	18,5	14,6	57,9	4,77	4,30	8,4	5,23	0,68	3,27	0,46	0,38	5,06	0,11	3,27	0,07	0,39	0,55	0,61
200	987	-60	5	B	BUK	14,2	9,8	58,5	4,70	4,70	5,2	0,99	0,59	3,43	0,48	0,36	4,23	0,08	3,59	0,07	0,41	1,52	0,87
200	987	-68	8	B	BUK	13,8	22,5	63,5	5,79	3,70	13,2	1,66	0,35	3,42	0,46	0,30	4,05	0,06	3,07	0,08	0,37	1,23	0,18
200	987	-76	8	B	BUK	15,1	17,7	61,5	5,04	3,30	10,2	3,20	0,45	3,44	0,43	0,37	4,40	0,07	2,32	0,06	0,41	1,00	0,28
200	987	-83	7	B	BUK	11,5	8,8	61,6	4,41	2,30	4,1	0,78	0,57	3,76	0,51	0,40	4,80	0,04	0,35	0,02	0,51	0,43	0,09
200	987	-90	7	B	BUK	12,2	9,6	61,3	4,53	2,20	5,1	0,92	0,95	3,75	0,45	0,42	4,77	0,04	0,64	0,01	0,50	0,43	0,18
200	987	-100	10	B	BUK	13,6	14,4	60,6	4,89	2,30	7,0	2,40	1,82	3,76	0,48	0,46	3,99	0,14	0,31	0,05	0,47	0,14	0,05
200	987	-108	8	B	BUM	29,1	7,3	50,6	3,80	2,30	2,7	15,30	3,60	3,60	0,43	0,49	4,01	0,61	0,23	0,11	0,46	0,23	0,07
243	987	37	6	B	BUM	20,7	7,9	54,8	3,90	3,20	2,6	9,89	1,24	3,12	0,51	0,22	4,59	0,12	0,43	0,14	0,25	0,16	0,01
243	987	30	7	B	BUK	12,7	7,2	60,0	4,42	4,10	3,3	0,80	0,52	3,64	0,52	0,25	5,71	0,05	0,97	0,03	0,30	0,62	0,08
243	987	23	7	B	EUK	9,6	36,8	67,5	7,62	1,80	24,1	2,43	0,32	2,42	0,31	0,15	3,31	0,08	0,32	0,05	0,19	0,22	0,01
243	987	16	7	B	BUK	16,6	13,0	55,9	4,87	6,70	10,0	1,26	0,46	3,05	0,46	0,24	3,85	0,08	6,93	0,03	0,27	2,45	1,16
243	987	9	7	B	BUK	10,6	14,6	63,7	5,16	2,40	8,5	0,22	0,33	3,51	0,46	0,25	5,13	0,04	0,37	0,02	0,33	0,35	0,01
243	987	6	3	B	BUK	11,2	16,7	63,8	4,96	2,50	9,8	0,99	0,61	3,62	0,51	0,21	4,61	0,05	0,36	0,03	0,36	0,25	0,01
243	987	2	4	B	EUK	10,8	32,3	66,1	6,81	1,40	18,8	2,64	0,81	2,72	0,38	0,19	3,33	0,10	0,25	0,04	0,26	0,10	0,02
243	987	-5	7	B	BUK	13,5	8,0	59,1	4,42	2,30	3,3	0,22	1,17	4,48	0,54	0,29	5,52	0,08	0,86	0,01	0,41	0,63	0,01
243	987	-11	6	B	BUK	18,0	20,0	59,0	5,45	2,50	8,9	5,88	3,87	2,97	0,46	0,28	3,15	0,43	0,32	0,16	0,33	0,17	0,01
243	987	-17	6	B	BUK	19,8	14,8	57,2	4,98	1,70	8,1	9,14	2,47	3,38	0,45	0,31	2,27	0,25	0,49	0,01	0,36	0,27	0,01

Glossar und Abkürzungsverzeichnis

GLOSSAR

Kohlenchemie

Prinzip der Abkürzungen:

W_{sk}^d *Bezugszustand*
Hauptsymbol
nähere Charakterisierung

^d = „dry“-wasserfreier Zustand der Probe

W = (Zersetzungs)wasser

_{sk} = Schwelanalyse/Koks

A^d **Aschegehalt**- Rückstand des Brennstoffes, der bei seiner Verbrennung bei 815 °C entsteht.

B^d **„Bitumengehalt“**- Teil der Braunkohle, der durch Extraktion mit Benzol von dieser abtrennbar ist. Der Parameter dient der Beurteilung der Braunkohle für die industrielle Gewinnung von Rohmontanwachs. Angaben in Masse-%.

S_t^d **Gesamtschwefel**- Gesamtheit des Schwefels organischer und anorganischen Ursprungs. Angaben in Masse-%.

S_p^d **Disulfidschwefel**- Gehalt des in Disulfiden gebundenen Schwefels im Brennstoff. Angaben in Masse-%.

S_{so4}^d **Sulfatschwefel**- Gehalt des in Sulfaten gebundenen Schwefels im Brennstoff. Angaben in Masse-%.

Na_2O_g **Gesamtalkaligehalt**- Summe aus Na_2O - und K_2O -Gehalt. Angaben in Masse-%.

Q_i^d **Unterer Heizwert**-Wärmemenge, die bei vollständiger Verbrennung des Brennstoffes in einer kalorimetrischen Bombe in komprimiertem Sauerstoff bei der Temperatur von 25 °C frei wird, bezogen auf die Einheit einer Masse abzüglich der Verdampfungswärme des aus dem Brennstoff während der Verbrennung freigewordenem und gebildetem Wasser. Angaben in MJ/kg.

Schwelanalyse

(Analysenwerte in Masse-%)

Verschwelung von Kohle bei 520 °C unter Luftabschluss. Dabei entstehen flüchtige (Schwelgas), flüssige (Zersetzungswasser als Produkt chemischer Reaktion, Schwelwasser, Schwelteer bzw. Urteer) und feste (Schwelkoks) Produkte.

T_{sk}^d **Schwelteerausbeute** bei der Schwelung

G_{sk}^d **Schwelgasanteil**, der bei der Schwelung aus dem Brennstoff ausgetrieben wird.

S_{sk}^d **Schwelkoksanteil**, der bei der Schwelung als fester Rückstand gewonnen wird.

GLOSSAR

W_{sK}^d **Zersetzungswasser**- Wasser, das bei der Schwelung durch chemische Reaktion gebildet wird.

Kohleelementaranalyse
(Analysenwerte in Masse-%)

Bestimmung der Anteile an Kohlenstoff (C^d), verbrennlichen Schwefels (S_c^d), Wasserstoff (H^d), Sauerstoff (O^d) und Stickstoff (N^d) organischen Ursprungs.

Ascheelementaranalyse

Bestimmung der chemischen Hauptkomponenten SiO_2 , Al_2O_3 , CaO , MgO , Na_2O , SO_3 , TiO_2 , Fe_2O_3 und K_2O der Asche des Brennstoffes. Angaben in Masse-%, bezogen auf 100 % Asche oder auf die Gesamtsubstanz des Brennstoffes.

Ascheschmelzverhalten

Bestimmung der Erweichungstemperatur (t_a), Schmelztemperatur (t_b) und der Fließtemperatur (t_c) der Asche des Brennstoffes. Angaben in °C

Kohlenphysik

ρ_t^r **natürliche Rohdichte**- Verhältnis der Probenmasse im bergfeuchten Zustand zum Volumen der Probe. Angaben in g/cm^3 .

ρ **Reindichte**- Verhältnis der Masse der Kohlensubstanz zu seinem porenfreien Volumen. Angaben in g/cm^3 .

w_t^r **natürlicher Wassergehalt**- Verhältnis des gesamten in den Poren befindlichen Wassers zum Volumen der bergfrischen Probe. Angaben in Prozent.

e_n **natürliche Porenzahl**- Wird aus dem Verhältnis von Roh- und Reindichte (abzüglich von 1) ermittelt. Angaben in Prozent oder in Anteilen von 1.

S^r **Wassersättigungsgrad**- Grad der Sättigung des Vorhandenen Porenraumes mit Wasser. Angaben in Prozent oder in Anteilen von 1.

Kohlenpetrographie

Bitumit- Mikrolithotyp, der sich durch das Vorhandensein bitumenreicher Bestandteile charakterisiert wie Retinit, Suberinit (Kork)- und Kutikulenreste, Pilze, Sporen u. a.

Carbargillit- Enge Verwachsung von Mikrolithotypen der Kohle mit pelitischen mineralischen Komponenten.

GLOSSAR

Fusit- Akzessorische Beimengung stark vergelter Gewebefragmente. Als Mikrolithotyp gehört Fusit zu den Inertiten.

Gewebeführung- Als Gewebe werden alle in der Braunkohle makroskopisch erkennbaren pflanzlichen Bestandteile (außer Xylit) bezeichnet. Die Häufigkeit und Ausrichtung der Gewebeteile bestimmen das Gefüge der Lithotypen. Den makroskopisch bestimmbar Geweben entsprechen die mit Hilfe der mikropetrographischen Analyse zu bestimmenden Mikrolithotypen wie **Marcoduria-Textit** (Wurzelgewebe), **Peridermo-Textit** (Rindengewebe) und **Phyllo-Textit** (Blattgewebe).

Inertit- Mikrolithotyp, der sich durch das Vorhandensein von Scorotinit, Fusinit (nach Makronomenklatur Fusit) und Makrinit nach Makronomenklatur Makrit) charakterisiert.

Retinit- Akzessorische gelbliche bernsteinartige Harzkörper in Form von Kanälen und Hohlraumfüllungen (Nester, Einzelpartikel) mit muscheligen Bruch. Retinit bricht spröde, ist mechanisch instabil.

Vergelung- Vergelungen treten in der Grundmasse sowie als epigenetische Kluft- und Hohlraumfüllungen auf. Letztere treten makroskopisch als schwarz glänzende, muscheligen brechende, spröde Partikel bzw. Körper auf. Die Vergelung der Grundmasse führt zum Lithotyp „schwarze Kohle“ (Mikrolithotyp **Gelit**). Epigenetische Vergelungen bestimmen den Ausweis vergelter Varietäten. Letzterem entspricht der Mikrolithotyp **Eu-Gelit**.

Xylit- Biochemisch verändertes Holz, die als makroskopische Bestandteile der Braunkohle in unterschiedlicher Form und Größe vorkommen. Bei Xylitführung über 5% werden xylitische Varietäten ausgehalten.

Statistik

Deskriptive Statistik

Arithmetischer Mittelwert- Quotient aus der Summe der Einzelwerte und der Werteanzahl einer Stichprobe.

Medianwert- Derjenige Wert, der die der Größe nach geordnete Stichprobe zufälliger Werte so teilt, dass gleich viele Stichprobenelemente links und rechts von ihm liegen.

Spannweite- Absoluter Wert der Differenz zwischen Minimal- und Maximalwert einer Stichprobe.

Streuung- Liefert die mittlere quadratische Abweichung sämtlicher Einzelwerte einer Stichprobe vom arithmetischen Mittelwert.

Standardabweichung- stellt als Formmaß die Wurzel aus den mittleren Abweichungsquadraten der Einzelwerte vom Mittelwert dar. Damit ist sie das Dichte mittel einer Verteilung. Neben dem Mittelwert ist sie damit der wichtigste univariatstatische Parameter

GLOSSAR

Schiefe- Maß für die Asymmetrie einer Merkmalsverteilung. Im Fall einer symmetrischen Verteilung ist die Schiefe gleich Null. Bei linkseitiger Schiefe nimmt sie negative- bei rechtslastiger Schiefe positive Werte an.

Kurtosis (Exzess)- Maß für die Wölbung (Steilheit) einer Verteilung. Ist K negativ, so ist die Verteilung flachgipflig. Wird K positiv, so ist die Verteilung steilgipflig.

Normalverteilung- Auch Gauss'sche Normalverteilung-stellt sich als Funktionsgraph in Form einer symmetrischen Verteilungskurve (Glockenkurve) dar.

logarithmische Normalverteilung- Stellt sich als Verteilungskurve zufälliger Werte als asymmetrisch links- oder rechtsseitig verzerrte Glockenkurve dar. Logarithmisch normalverteilte Stichproben sind durch Logarithmieren mit dem Logarithmus naturalis in normalverteilte Stichproben transformierbar.

Variationskoeffizient- Ist der Quotient aus der Standardabweichung und dem Parametermittelwert. Dieser Koeffizient stellt quasi eine Art normierte Standardabweichung dar, womit die Vergleichbarkeit verschiedener Stichprobenmittelwerte untereinander ermöglicht wird. Der Variationskoeffizient kann als ein Maß für den Grad der Veränderlichkeit einer Stichprobe angesehen werden.

STUDENT-Verteilung- (t-Verteilung) Diese Verteilung berücksichtigt neben der Irrtumswahrscheinlichkeit auch den Umfang einer Stichprobe. Mit wachsender Anzahl von Einzelwerten wird sie der Normalverteilung immer ähnlicher. An Stelle der Werteanzahl tritt die Zahl des Freiheitsgrades. Für verschiedene Werte der Irrtumswahrscheinlichkeit und den Freiheitsgrad ist die t-Verteilung tabelliert. Die Testgröße des **STUDENT-Kriteriums** stellt einen Quotienten aus der Differenz der arithmetischen Mittelwerte zweier Stichproben und der Quadratwurzel der Summe der gemittelten Standardabweichungen der Stichproben dar. Der Vergleich dieser Testgröße mit dem tabellierten Wert erlaubt eine Aussage über die Signifikanz der Unterschiede zweier zu vergleichender Stichproben. Der Vergleich wird auch **t-Test** genannt. Fällt der Tabellenwert geringer aus als der rechnerisch ermittelte, so gibt es keine wesentlichen Unterschiede zwischen den Mittelwerten. Die Stichproben gehören also zu einer Grundgesamtheit.

FISHER-Verteilung- Ist die Verteilung des Quotienten der Streuungen (Varianzen) zweier Stichproben aus einer normalverteilten Grundgesamtheit. Diese Verteilung ist für verschiedene Irrtumswahrscheinlichkeiten und Freiheitsgrade tabelliert. Das **FISHER-Kriterium** stellt den Berechnungswert des Verhältnisses der größeren zur kleineren Streuung der jeweiligen Stichproben dar. Der Vergleich des tabellierten Zufallshöchstwertes mit dem Berechnungswert erlaubt Aussagen über die Signifikanz der Unterschiede der zu vergleichenden Stichproben. Der Vergleich wird auch **F-Test** genannt. Ist der Berechnungswert größer als der Tabellenwert, so sind die Unterschiede der Streuungen signifikant. Die beiden Stichproben gehören also zu verschiedenen Grundgesamtheiten. Ist er kleiner, gibt es bei der vorgegebenen Irrtumswahrscheinlichkeit keinen Unterschied beider Streuungen.

Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich mich um die Erlangung des Doktorgrades zu keinem früheren Zeitpunkt beworben habe.

Halle (S.), den 31.03.2005

Bernd Hartmann

Lebenslauf

Persönliche Daten: Bernd Hartmann
geb. am 19.06.1957 in Aschersleben,
verheiratet, zwei Kinder

wohnhaft: Leipziger Straße 36, 06108 Halle (S.)

Berufstätigkeit:

seit 2003 Freiberufliche Tätigkeit im Bereich angewandte Geologie und Geoökologie
1996 – 2002 Bohrunternehmen iboTech GmbH (Halle); Anstellung als Geschäftsführer
1992 – 1996 Ingenieurgesellschaft für Bauwesen und Umwelttechnik mbH Köthen; Niederlassungsleiter
1982 – 1992 Geologische Forschung und Erkundung Halle, beschäftigt als wiss. Mitarbeiter davon ab 1987 Projektleiter
1976 – 1977 VEB Braunkohlenkombinat Bitterfeld, Abt. Erkundung und Entwässerung; beschäftigt als Bohrarbeiter

Berufsausbildung:

1977-1982 Hochschulstudium am Berginstitut Leningrad (heute St. Petersburg, Russland), Fachrichtung „Geologie, Prospektion, Suche und Erkundung von Lagerstätten fester mineralischer Rohstoffe“, Abschluss als Dipl.-Bergingenieur-Geologe

Fortbildung:

1992 Lehrgang Bodenkunde bei Prof. Dr. habil. M. Altermann (Uni Halle) mit Zertifizierung

Schulbildung:

1976 Abitur ABF Halle /S.)

Halle, den 31.03.2005

Bernd Hartmann

Liste der geologischen Arbeiten und Veröffentlichungen, persönliche Referenzen (Auswahl)

- HARTMANN, B. (1982): Die Erkundung der Westflanke der Kupferlagerstätte Urup (Kaukasus) unter besonderer Berücksichtigung der Genese der Kupfererze als Teil des Erzkörpers.– Diplomarbeit, 94 S., Bergbauinstitut Leningrad [unveröff.].
- HARTMANN, B., JANKOWSKI, W. & MÜLLER, M. (1986): Die Optimierung von Bohrlochabständen bei der Erkundung von Braunkohlenlagerstätten mit Hilfe mathematisch-statistischer Methoden.– Innerbetriebliche Forschungsarbeit, 108 S., GFE Halle 1986 [unveröff.].
- HARTMANN, B. & NOVAK, S. (1987): Bodenphysikalische Untersuchungen an Braunkohlenproben nach verschiedenen Probenahmemethoden.– Bericht, 25 S., GFE Halle [unveröff.].
- ETZRODT, M., HARTMANN, B., JANKOWSKI, W., KOSLIK, B. & SCHÖSSLER, C. (1988): Optimierung der geologischen Modellierung unter der Auswertung geologischer und geophysikalischer Daten mit Hilfe des Bildverarbeitungssystems.– Interdisziplinäre Forschungsarbeit, 154 S., GFE Halle und Geophysik Leipzig [unveröff.].
- HARTMANN, B. (1987): Repräsentanznachweis der gesteinsphysikalische Kennwerte und der Aschegehalte aus der quantitativen Interpretation bohrlochgeophysikalischer Messungen.– Bericht, 21 S., GFE Halle [unveröff.].
- HARTMANN, B. (1987): Die geologisch-ökonomische Bewertung von Nutzkomponenten aus Braunkohlen in Ableitung von Herangehensweisen der Bewertung von Erzlagerstätten.– Innerbetriebliche Studie, 32 S., GFE Halle [unveröff.].
- HARTMANN, B., SPANGENBERG, R., JANKOWSKI, W., BÖTTGER, J., KUNERT, R. & HOHENHAUSEN, U. (1988): Vorratsberechnung Suche Braunkohle Zörbig.– Bericht, Teil 1, 188 S., GFE Halle [unveröff.].
- PAPKE, W., KUNERT, R.; HARTMANN, B. et al. (1989): Ergebnisbericht und Vorratsberechnung Braunkohle Delitzsch-NW II.– Bericht, Teil 1, 1043 S.; GFE Halle [unveröff.].
- EICHNER, R., KUNERT, R., BLUM, H., BÖTTGER, J., PAPKE, W., BRANDT, U., HARTMANN, B. & HOHENHAUSEN, U. (1989): Ergebnisbericht mit Vorratsberechnung Braunkohle Amsdorf-Nord.– Bericht, Teil 1, 362 S., GFE Halle [unveröff.].
- HARTMANN, B. & KAMM HOLZ, H (1990): Braunkohlenerkundung Kelbra.– Bericht, 98 S., GFE Halle [unveröff.].
- BURCHARDT, I., BÜCHNER, L. & HARTMANN, B. (1990): Braunkohlenerkundung Schleesen (Suche), Abbruchdokumentation.– Bericht, Teil 1,123 S., GFE Halle [unveröff.].
- BURCHARDT, I., BÜCHNER, L. & HARTMANN, B. (1990): Braunkohlenerkundung Radis (Suche), Abbruchdokumentation.– Bericht, Teil 1,109 S., GFE Halle [unveröff.].
- HARKSEN, B., HARTMANN, B., KRAUSE, L., WIESNER, K.-J. & WENIG, F. (1994): Gefährdungsanalyse Mittlere Saaleinsel in Halle(S.).– Bericht, 112 S., TÜV Ostdeutschland Sicherheit und Umweltschutz Halle [unveröff.].
- RABITZSCH, K.; HARTMANN, B. & KNUTH, G. (1996): Glaukonitführung im Oligozän des Bitterfelder Braunkohlenreviers.– Mitt. Geol. Sachsen-Anhalt; 2: 101-119, Halle.
- HARTMANN, B., SCHMIEDEL, TH. & WABERSICH, R. (1994): Machbarkeitsstudie zur Deponierung von Erdstoff im Diabassteinbruch Limbach (Vogtl.).– Bericht, 65 S., ibu-Ingenieurgesellschaft für Bauwesen und Umweltechnik mbH Tauberbischofsheim-Köthen [unveröff.]

HARKSEN, B. & HARTMANN, B (1994): Gefährdungsanalyse des Tagebaurestloches Grube Freiheit-IV in Bitterfeld Bericht, 112 S., TÜV Ostdeutschland Sicherheit und Umweltschutz Halle [unveröff.].

HARTMANN, B (1994): Machbarkeitsstudie über die Gewinnbarkeit von Baurohstoffen im Raum westlich von Köthen (Bereich Paschlebener Vorsprung) .).– Bericht, 23 S., ibu-Ingenieurgesellschaft für Bauwesen und Umwelttechnik mbH Köthen [unveröff.].

HARTMANN, B (1996): Geologische Modellierung der quartären Grundwasserleiter im Stadtgebiet von Leipzig.– Bericht, 34 S., ibu-Ingenieurgesellschaft für Bauwesen und Umwelttechnik mbH Köthen [unveröff.].

HARTMANN, B (1997): Deponie Scherbelberg-Baugrunduntersuchung im Bereich der geplanten Erweiterungsfläche unter besonderer Berücksichtigung der bodenphysikalischen/ bodenmechanischen Eigenschaften der im Untergrund angetroffenen Schichten.)– Bericht, 11 S., ibu-Ingenieurgesellschaft für Bauwesen und Umwelttechnik mbH Köthen [unveröff.].

HARTMANN, B & QUILITZSCH, U. (2004): Die geologischen Interessen des Fürsten Franz von Anhalt-Dessau.– Ausstellungskatalog Kulturstiftung Dessau-Wörlitz; 56-63, Dessau.

HARTMANN, B (2004): Historischer Bergbau in Anhalt.– Ausstellungskatalog Kulturstiftung Dessau-Wörlitz; 77-85, Dessau.