



Fazies und Geochemie im Tertiär südlich von Leipzig

Schriftenreihe, Heft 18/2013



Lithofazielle Modellierung tertiärer Faziesseinheiten und geochemischer Faktoren in Bergbaufolgelandschaften (Südraum Leipzig)

Jochen Rascher, Dieter Escher, Joachim Fischer, Matthias Rascher
Friederike Darbinjan
Nils Hoth, Norbert Volkmann
Gerda Standke

Projektleitung:

Dr. Jochen Rascher

Kap. 1, 2, 3.1

Geologische Modellierung:

Dieter Escher

Kap. 4

Joachim Fischer

Kap. 4

Dr. Jochen Rascher

Kap. 4, 5.4, 7

Stefan Kästner

Geochemie Braunkohlenflöze:

Dr. Friederike Darbinjan

Kap. 1, 3.3.1, 6.1

Geochemie Mittelschichten/Vorfeldebilanzierung:

Dr. Nils Hoth

Kap. 1, 3.3.2, 6.2, 8

Mikropetrographische Faziesanalyse Braunkohlenflöze:

Prof. Dr. Norbert Volkmann

Kap. 1, 3.2, 5

Datenaufbereitung:

Jens Ueberfuhr

Marion Geißler

Geostatistik und Kartographie:

Matthias Rascher

Kap. 3.1.1

Adelheid Hübner

Gesamtbearbeitung:

Dr. Gerda Standke

1	Zusammenfassung	14
1.1	Aufgaben- und Zielstellung.....	14
1.2	Geologische Modellierung.....	15
1.3	Moorfaziesanalyse der Paläomoore.....	16
1.4	Geochemie der Braunkohlenflöze.....	17
1.5	Geochemie der Mittel- und Begleitschichten der Braunkohlenflöze.....	18
2	Untersuchungsgebiet und analysierte Schichtenfolge	19
2.1	Untersuchungsgebiet.....	19
2.2	Untersuchte Schichtenfolge.....	21
3	Datenbasis	22
3.1	Geologisches Modell.....	22
3.1.1	Bohrungen und Aufschlüsse.....	22
3.1.2	Biostratigraphische Untersuchungen.....	22
3.2	Moorfazielle Charakteristik der Braunkohlenflöze.....	23
3.3	Geochemische Charakteristik der Schichtenfolge.....	24
3.3.1	Braunkohlenflöze.....	24
3.3.2	Begleitschichten.....	26
4	Geologisches Modell und kartographische Darstellung	28
4.1	Kenntnisstand.....	28
4.2	Geologische Modellierung.....	32
4.3	Horizontkarteneinheiten.....	33
4.3.1	Horizontkarte 1: Profen-Formation, Merseburg-Schichten (Tertiäre Liegendsedimente des Unterflözkomplexes), Mitteleozän.....	33
4.3.2	Horizontkarte 2: Profen-Formation, Wallendorf-Schichten (Unterflözkomplex), Mitteleozän.....	35
4.3.3	Horizontkarte 3: Borna-Formation, Zeitz-Schichten (Sedimente zwischen Unterflöz- und Hauptflözkomplex), Mitteleozän.....	38
4.3.4	Horizontkarte 4: Borna-Formation, Bruckdorf-Schichten (unterer Teil, Flözkomplex 23u), Obereozän.....	39
4.3.5	Horizontkarte 5: Borna-Formation, Bruckdorf-Schichten (mittlerer Teil, Sedimente zwischen den Flözen 23u und 23o), Obereozän.....	40
4.3.6	Horizontkarte 6: Borna-Formation, Bruckdorf-Schichten (oberer Teil, Flözkomplex 23o), Obereozän.....	41
4.3.7	Horizontkarte 7: Borna- und Böhlen-Formation, Domsen- und Gröbers-Schichten (Sedimente zwischen Hauptflöz- und Oberflözkomplex), Obereozän bis Unteroligozän.....	42
4.3.8	Horizontkarte 8: Böhlen-Formation, Gröbers-Schichten (Oberflözkomplex), Unteroligozän.....	44
4.3.9	Horizontkarte 9: Böhlen-Formation, Espenhain-Zwenkau- und Septarienton-Schichten, Unteroligozän.....	45
4.3.10	Horizontkarte 10: Cottbus-Formation, Glimmersand-Schichten zuzüglich Thierbach-Schichten und Oberholz-Folge, Oberoligozän.....	47
4.3.11	Karte 11: Quartärbasis.....	48
5	Moorfazielle Ausbildung der Braunkohlenflöze	49
5.1	Kenntnisstand.....	49
5.2	Zur Methodik der lumineszenzmikroskopischen Faziesanalyse.....	51
5.2.1	Lumineszenzmikroskopisches Inventar.....	51
5.2.2	Zur Charakteristik der Moorfaziesbereiche.....	54
5.3	Moorfazielle Ausbildung der Flöze.....	57
5.3.1	Unterflözkomplex.....	58
5.3.2	Hauptflözkomplex.....	60
5.3.3	Oberflözkomplex.....	69
5.4	Zusammenfassende Aussagen zur Moorfazies und Flözgliederung des Unter-, Haupt- und Oberflözkomplexes ..	73
6	Geochemische Ausbildung der Schichtenfolge	79
6.1	Geochemie der Braunkohlenflöze.....	79

6.1.1	Kenntnisstand.....	79
6.1.2	Geochemie des Unterflözkomplexes	85
6.1.2.1	Aschezusammensetzung	85
6.1.2.2	Spurenelementführung.....	87
6.1.2.3	Zusammenfassung.....	87
6.1.3	Hauptflözkomplex.....	94
6.1.3.1	Aschezusammensetzung	94
6.1.3.2	Spurenelementführung.....	96
6.1.3.3	Zusammenfassung.....	96
6.1.4	Oberflözkomplex	102
6.1.4.1	Aschezusammensetzung	102
6.1.4.2	Spurenelementführung.....	104
6.1.4.3	Zusammenfassung.....	104
6.1.5	Zusammenfassende Aussagen zur Geochemie der Kohlen.....	106
6.2	Geochemie der Mittelsedimente	107
6.2.1	Kenntnisstand.....	107
6.2.2	Vorgehensweise.....	109
6.2.3	Geochemie der Schichtenfolge im Raum Cospuden/Zwenkau	113
6.2.4	Geochemie der Schichtenfolge im Raum Espenhain	114
6.2.5	Geochemie der Schichtenfolge im Raum Peres.....	117
6.2.6	Geochemie der Schichtenfolge im Raum Groitzscher Dreieck/Phönix-Nord.....	122
6.2.7	Geochemie der Schichtenfolge im Raum Schleenhain/Haselbach.....	123
6.2.8	Geochemie der Schichtenfolge im Raum Witznitz.....	126
6.2.9	Zusammenfassende Aussagen zur Geochemie der Mittelsedimente.....	128
7	Raum-Zeit-Modellierung der analysierten Schichtenfolge	129
	Literaturverzeichnis	145

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Methoden, Bestandteile und Zielstellungen des FuE-Vorhabens.....	14
Abbildung 2:	Lage des Untersuchungsgebietes.....	19
Abbildung 3:	Gliederung der Tertiärabfolge in Nordwestsachsen und angrenzenden Gebieten (aus STANDKE et al. 2010) und die im Forschungsvorhaben Modellierung Fazies/Geochemie analysierte Schichtenfolge.....	20
Abbildung 4:	Lage der mikropetrographisch-faziell untersuchten Flözprofile	24
Abbildung 5:	Lage der verwendeten Bohrungen mit geochemischen Daten aus Vorfelddgutachten.....	26
Abbildung 6:	Paläogeographische Situation während der Hauptflözbildungszeiten im Mitteleozän (Flöz 1), Obereozän (Flöz 23) und Unteroligozän (Flöz 4) (aus STANDKE et al. 2010).....	29
Abbildung 7:	Wesentliche Teile der mit dem FuE-Thema untersuchten eozänen bis oligozänen Schichtenfolge, aufgeschlossen im Tagebau Vereinigtes Schleenhain (Foto: J. Rascher, 10/2011)	29
Abbildung 8:	Eozäne bis miozäne Flusssysteme in der Leipziger Bucht (nach STANDKE et al. 2010); (rot: FuE- Untersuchungsgebiet)	30
Abbildung 9:	Tertiär-Gliederung und Horizontkarten-Einheiten im Untersuchungsgebiet (nach STANDKE et al. 2010, verändert und ergänzt).....	32
Abbildung 10:	Entwickeltes Modell für die Kartierung des Unterflözkomplexes	35
Abbildung 11:	Bohrlochgeophysikalische und lithologische Ausbildung des sog. Ton-Hauptmittels im Unterflözkomplex (Beispiel nach Fischer et al. 2005: Flöz 1-Kesselstruktur mit Hauptmittel im Tagebau Profen-Süd [unten] und Bohrlochmesskurve [Gamma- und Gamma-Gamma-Log] aus dem Kohlenfeld Schwerzau [oben])....	36
Abbildung 12:	Lage der Bereiche mit weiteren Aufspaltungen der Flöze 1u (1u1/1u2) und 1o (1o1/1o2)	37
Abbildung 13:	Entwickeltes Modell für die Kartierung des Hauptflözkomplexes	39
Abbildung 14:	Aufspaltung des Hauptflözkomplexes im Braunkohlenfeld Peres und feinstratigraphische Position der Zwischenmittel (aus RASCHER et al. 2006, verändert)	40
Abbildung 15:	Bohrlochgeophysikalische Korrelation der Aufspaltung des Oberflözkomplexes	44
Abbildung 16:	Entwickeltes Modell für die Kartierung des Oberflözkomplexes.....	45
Abbildung 17:	Verbreitung der Grundwasserleiter GWL 2.4 (Formsand), GWL 2.5 (Muschelsand), GWL 2.6 (Graubrauner Sand) und GWL 2.7 (Brauner Sand).....	46
Abbildung 18:	Torf-/Kohlengenese und Kohlenqualität in neogenen Weichbraunkohlenflözen (zusammengestellt nach SCHNEIDER 1978, 1992, 2001; RASCHER 1981, 2001; aus RASCHER 2009)	50
Abbildung 19:	Faziesrelevante Verteilungstendenzen liptinitischer Macerale und Maceral-Erscheinungsformen in tertiären Weichbraunkohlen (aus VOLKMANN 1990) (schraffierte Bereiche zeigen nach rechts ansteigende Gehalte an).....	54
Abbildung 20:	Legende zu den Fazies-Profildarstellungen (Abbildungen 21 bis 39)	57
Abbildung 21:	Fazieszusammensetzung des Unterflözprofils in der Brg. Peres 34427/10	58
Abbildung 22:	Fazieszusammensetzung des Unterflözprofils im Tgb. Profen, Kessel D	59
Abbildung 23:	Fazieszusammensetzung des Hauptflözprofils, Tgb. Groitzscher Dreieck.....	60
Abbildung 24:	Fazieszusammensetzung des Hauptflözprofils, Brg. Peres 34427/2010	61
Abbildung 25:	Fazieszusammensetzung des Hauptflözprofils, Tgb. Peres.....	62
Abbildung 26:	Fazieszusammensetzung des Hauptflözprofils, Tgb. Schleenhain	63
Abbildung 27:	Fazieszusammensetzung des Hauptflözprofils, Tgb. Zwenkau	64
Abbildung 28:	Fazieszusammensetzung des Hauptflözprofils, Tgb. Witznitz	65
Abbildung 29:	Fazieszusammensetzung des Hauptflözprofils, Tgb. Espenhain	66
Abbildung 30:	Fazieszusammensetzung des Hauptflözprofils, Tgb. Profen	67
Abbildung 31:	Fazieszusammensetzung des Hauptflözprofils, Domsen Brg. 26144/10	68
Abbildung 32:	Fazieszusammensetzung des Oberflözkomplexes, Brg. Peres 34444/10	69
Abbildung 33:	Fazieszusammensetzung des Oberflözkomplexes, Tgb. Witznitz	69
Abbildung 34:	Fazieszusammensetzung des Oberflözkomplexes, Tgb. Espenhain	70
Abbildung 35:	Fazieszusammensetzung des Oberflözkomplexes, Tgb. Cospuden.....	71
Abbildung 36:	Fazieszusammensetzung des Oberflözkomplexes, Tgb. Zwenkau 1	71

Abbildung 37:	Fazieszusammensetzung des Oberflözkomplexes, Tgb. Zwenkau 2	72
Abbildung 38:	Fazieszusammensetzung des Oberflözkomplexes, Tgb. Zwenkau 3	72
Abbildung 39:	Fazieszusammensetzung des Oberflözkomplexes, Tgb. Zwenkau 4	73
Abbildung 40:	Fazies- und Flözgliederung des kompakten und aufgespaltenen Hauptflözkomplexes in den Tagebauen Profen und Schwerzau (nach RASCHER 2008).....	74
Abbildung 41:	Fazies- und Flözgliederung des Unterflözkomplexes im Profil aus dem Kessel D im Tgb. Profen und in der Brg. Peres 34427/10	75
Abbildung 42:	Fazies- und Flözgliederung des Hauptflözkomplexes anhand eines W-O-Schnittes (Bezugsniveau Oberkante Flöz 23u22)	77
Abbildung 43:	Fazies- und Flözgliederung des Hauptflözkomplexes anhand eines S-N-Schnittes (Bezugsniveau Oberkante Flöz 23u22)	78
Abbildung 44:	Fazies- und Flözgliederung des Oberflözkomplexes (Bezugsniveau Flözober- und -unterkante, d. h. Zwischenmittelmächtigkeit in der Aufspaltungszone ist nicht maßstabgerecht).....	79
Abbildung 45:	Korrelationen Parametergehalte zu Flözmächtigkeiten, Flöz 1u-Komplex.....	81
Abbildung 46:	Korrelationen Parametergehalte zu Flözmächtigkeiten, Flöz 1o-Komplex.....	82
Abbildung 47:	Parameterentwicklung im Profil Flöz 1-Komplex (Kohlenfeld Elsteraue, Brg. 232/83).....	83
Abbildung 48:	Korrelationen Parametergehalte zu Flözmächtigkeiten, Flöz 23-Komplex kompakt	89
Abbildung 49:	Korrelationen Parametergehalte zu Flözmächtigkeiten, Flöz 23o-Komplex (abgespalten)	90
Abbildung 50:	Korrelationen Parametergehalte zu Flözmächtigkeiten, Flöz 23u-Komplex (abgespalten)	91
Abbildung 51:	Parameterentwicklung im Flözprofil, Flöz 23-Komplex (Kohlenfeld Cospuden, Brg. 34/84)	92
Abbildung 52:	Korrelationen Parametergehalte zu Flözmächtigkeiten, Flöz 4-Komplex.....	98
Abbildung 53:	Parameterentwicklung im Profil Flöz 4-Komplex (Kohlenfeld Cospuden, Brg. 34/84).....	99
Abbildung 54:	Parameterentwicklung im Profil Flöz 4-Komplex (Kohlenfeld Cospuden, Brg. 19/84, Brg. 68/84)	100
Abbildung 55:	Schema der sedimentären Pyritbildung nach BERNER (1984)	107
Abbildung 56:	C_{org}/S_{ges} -Verhältnisse aus BERNER (1984).....	108
Abbildung 57:	Verteilung der C_{org}/S_{ges} -Verhältnisse für Karbon-Sedimente (England) aus BERNER (1984)	108
Abbildung 58:	Parameterverlauf in der Brg. Espenhain 32/72 (A: S_{ges} , S_{diff} , C_t ; B: CaO- und Pelit-Gehalt	110
Abbildung 59:	Parameterverlauf C_t/S , S_{ges} , S_{diff} und $C_t/10$ in den Bohrungen Cospuden 31 (Diagramm A), Eythra 3138 (Diagramm B) und Eythra 684 (Diagramm C) (NO-SW)	111
Abbildung 60:	Parameterverlauf C_t/MgO und C_t/CaO in den Bohrungen Cospuden 31 (Diagramm A), Eythra 3138 (Diagramm B) und Eythra 684 (Diagramm C) (NO-SW)	112
Abbildung 61:	Parameterverlauf C/S , S_{ges} , S_{diff} und $C_t/10$ in den Bohrungen Esp 49 (Diagramm A), Esp 32 (Diagramm B) und Esp 116/84 (Diagramm C) (NW-SO).....	115
Abbildung 62:	Parameterverlauf C_t/MgO und C_t/CaO in den Bohrungen Esp 49 (Diagramm A), Esp 32 (Diagramm B) und Esp 116/84 (Diagramm C)	116
Abbildung 63:	Parameterverlauf C/S , S_{ges} , S_{diff} und $C_t/10$ in den Bohrungen Peres 3544 (Diagramm A), 3502 (Diagramm B), 3797 (Diagramm C), 3841 (Diagramm D) (WNW-OSO)	118
Abbildung 64:	Parameterverlauf C_t/MgO und C_t/CaO in den Bohrungen Peres 3544 (Diagramm A), 3502 (Diagramm B), 3797 (Diagramm C), 3841 (Diagramm D) (WNW-OSO)	119
Abbildung 65:	Parameterverlauf C/S , S_{ges} , S_{diff} und $C_t/10$ in den Bohrungen Groitzscher Dreieck 7014 (Diagramm A), 7049 (Diagramm B), 7395 (Diagramm C) (N-S) und Phönix-Nord 9/65 (Diagramm D).....	120
Abbildung 66:	Parameterverlauf C_t/MgO und C_t/CaO in den Bohrungen Groitzscher Dreieck 7014 (Diagramm A), 7049 (Diagramm B), 7395 (Diagramm C) (N-S) und Phönix-Nord 9/65 (Diagramm D).....	121
Abbildung 67:	Parameterverlauf C/S , S_{ges} , S_{diff} und $C_t/10$ in den Bohrungen Schleenhain 3787 (Diagramm A), 3812 (Diagramm B), 4033 (Diagramm C) (NW-SO) und Haselbach 31/65 (Diagramm D).....	124
Abbildung 68:	Parameterverlauf C_t/MgO und C_t/CaO in den Bohrungen Schleenhain 3787 (Diagramm A), 3812 (Diagramm B), 4033 (Diagramm C) (NW-SO) und Haselbach 31/65 (Diagramm D).....	125
Abbildung 69:	Bohrungen Witznitz 138/65 (Diagramme A und B) und 176/65 (Diagramme C und D) (NW-SO) mit Parameterverläufe C/S , S_{ges} , S_{diff} , $C_t/10$ (links) und C_t/MgO , C_t/CaO (rechts).....	127
Abbildung 70:	Ablagerungsräume im Untersuchungsgebiet (Collage: J. Rascher).....	130
Abbildung 71:	Paläogeographische Situation: Mitteleozän (Bartonium, SPP 16), Merseburg-Schichten (tertiäre Liegendsedimente des Unterflözkomplexes)	131

Abbildung 72: Paläogeographische Situation: Mitteleozän (Bartonium, SPP 17), Wallendorf-Schichten (Unterflözkomplex)	132
Abbildung 73: Paläogeographische Situation: Mitteleozän (Bartonium, SPP 17/18), Zeitz-Schichten (Sedimente zwischen Unterflöz- und Hauptflözkomplex)	133
Abbildung 74: Paläogeographische Situation: Obereozän (Priabonium, SPP 18), Bruckdorf-Schichten (Flözkomplex 23u).....	134
Abbildung 75: Paläogeographische Situation: Obereozän (Priabonium, SPP 18) Bruckdorf-Schichten (Sedimente im Hauptflözkomplex)	135
Abbildung 76: Paläogeographische Situation: Obereozän (Priabonium, SPP 18), Bruckdorf-Schichten (Flözkomplex 23o).....	136
Abbildung 77: Paläogeographische Situation: Obereozän (Priabonium, SPP 19+20A/B), Domsen- und Gröbers-Schichten (Sedimente zwischen Haupt- und Oberflözkomplex).....	137
Abbildung 78: Paläogeographische Situation: Unteroligozän (Rupelium, SPP 20A-C), Gröbers-Schichten (Oberflözkomplex).....	138
Abbildung 79: Paläogeographische Situation: Unteroligozän (Rupelium), Espenhain-Zwenkau-Schichten.....	139
Abbildung 80: Paläogeographische Situation: Unteroligozän (Rupelium), Septarienton-Schichten.....	140
Abbildung 81: Paläogeographische Situation: Oberoligozän (Chattium), Glimmersand-Schichten.....	141

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Für das FuE-Thema „Modellierung Fazies/Geochemie“ verwendete Flözprofile aus älteren Untersuchungen.....	23
Tabelle 2:	Für das FuE-Thema „Modellierung Fazies/Geochemie“ neu untersuchte Flözprofile	23
Tabelle 3:	Übersicht zu den im FuE-Untersuchungsgebiet „Modellierung Fazies/Geochemie“ vorliegenden Bohrungen aus Vorfeldgutachten (fett: verwertbare Bohrungen mit konsistenten geochemischen Daten im gesamten Profil, in diesem Bericht explizit ausgewiesen; vgl. Abbildung 5)	27
Tabelle 4:	Rupel-Sedimente der Horizontkarte 9.....	47
Tabelle 5:	Macerale der Weichbraunkohlen	52
Tabelle 6:	Gehalte an Hauptelementen, Flöz 1-Komplex	84
Tabelle 7:	Gehalte an Spurenelementen, Flöz 1-Komplex	85
Tabelle 8:	Gehalte an Hauptelementen, Flöz 23-Komplex	93
Tabelle 9:	Gehalte an Spurenelementen, Flöz 23-Komplex	94
Tabelle 10:	Gehalte an Hauptelementen, Flöz 4-Komplex	101
Tabelle 11:	Gehalte an Spurenelementen, Flöz 4-Komplex	102
Tabelle 12:	Durchschnittliche C ^d - und T _{SK} ^d -Gehalte in den bewerteten Braunkohlenflözen	106

Anlagenverzeichnis

Die Anlagen 1 bis 7 können als einzelne Dateien unter <http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/geologie/29322.htm> heruntergeladen werden.

- Anlage 1 Übersichtskarten im Maßstab 1 : 50.000**
- Anlage 1.1 Aufschlussdokumentation (Bohrungen und Schnittspuren)
- Anlage 1.2 Verwendete Braunkohlenobjekte
- Anlage 2 Horizontkarten im Maßstab 1 : 50.000**
- Anlage 2.1 Horizontkarte 1:
Profen-Formation
Merseburg-Schichten (tertiäre Liegendsedimente des Unterflözkomplexes)
Mitteleozän (Bartonium), unterer Teil, SPP 16+17
- Anlage 2.2 Horizontkarte 2:
Profen-Formation
Wallendorf-Schichten (Unterflözkomplex)
Mitteleozän (Bartonium), mittlerer Teil, SPP 17+17/18
- Anlage 2.3 Horizontkarte 3:
Borna-Formation
Zeit-Schichten (Sedimente zwischen Unterflöz- und Hauptflözkomplex)
Mitteleozän (Bartonium), oberer Teil, SPP 17/18
- Anlage 2.4 Horizontkarte 4a:
Borna-Formation
Bruckdorf-Schichten (unterer Teil, Flözkomplex 23u), Mächtigkeit Flöz 23 und Flöze 23u, 23u1, 23u2
Obereozän (Priabonium), SPP 18
- Anlage 2.5 Horizontkarte 4b:
Borna-Formation
Bruckdorf-Schichten (unterer Teil, Flözkomplex 23u), Verbreitung Flöz 23 und Flöze 23u, 23u1, 23u2
Obereozän (Priabonium), SPP 18
- Anlage 2.6 Horizontkarte 5:
Borna-Formation
Bruckdorf-Schichten (mittlerer Teil, Sedimente zwischen Flözen 23u und 23o, GWL 4.2);
Obereozän (Priabonium), SPP 18
- Anlage 2.7 Horizontkarte 6a:
Borna-Formation
Bruckdorf-Schichten (oberer Teil, Flözkomplex 23o), Mächtigkeit Flöz 23 und Flöze 23o, 23o1, 23o2;
Obereozän (Priabonium), SPP 18
- Anlage 2.8 Horizontkarte 6b:
Borna-Formation
Bruckdorf-Schichten (oberer Teil, Flözkomplex 23o), Verbreitung Flöz 23 und Flöze 23o, 23o1, 23o2; Obereozän (Priabonium), SPP 18

- Anlage 2.9 Horizontkarte 7:
Borna- und Böhlen-Formation
Domsen- und Gröbers-Schichten (Sedimente zwischen Haupt- und Oberflözkomplex)
Obereozän (Priabonium) und Unteroligozän (Rupelium), SPP 19 und 20A/B
- Anlage 2.10 Horizontkarte 8:
Böhlen-Formation
Gröbers-Schichten (Oberflözkomplex)
Unteroligozän (Rupelium), SPP 20A-C
- Anlage 2.11 Horizontkarte 9:
Böhlen-Formation
Espenhain-Zwenkau- und Septarienton-Schichten
Unteroligozän (Rupelium), SPP 20C-D
- Anlage 2.12 Horizontkarte 10:
Cottbus-Formation
Glimmersandschichten zuzüglich Thierbach-Schichten und Oberholz-Folge, Oberoligozän (Chattium), SPP 20G bis SPN I/II
- Anlage 2.13 Horizontkarte 11:
Quartärbasis

Anlage 3 Kohlenchemiekarten im Maßstab 1 : 100.000

- Anlage 3.1 Karte Flözkomplex 1u, Aschegehalt (% wf)
- Anlage 3.2 Karte Flözkomplex 1u, Al_2O_3 (% in Asche)
- Anlage 3.3 Karte Flözkomplex 1u, SiO_2 (% in Asche)
- Anlage 3.4 Karte Flözkomplex 1u, TiO_2 (% in Asche)
- Anlage 3.5 Karte Flözkomplex 1u, CaO (% in Asche)
- Anlage 3.6 Karte Flözkomplex 1u, MgO (% in Asche)
- Anlage 3.7 Karte Flözkomplex 1u, Na_2O (% in Asche)
- Anlage 3.8 Karte Flözkomplex 1u, S_t^d (% wf)
- Anlage 3.9 Karte Flözkomplex 1u, C^d (% wf)
- Anlage 3.10 Karte Flözkomplex 1u, T_{sk}^d (% wf)
- Anlage 3.11 Karte Flözkomplex 1o, Aschegehalt (% wf)
- Anlage 3.12 Karte Flözkomplex 1o, Al_2O_3 (% in Asche)
- Anlage 3.13 Karte Flözkomplex 1o, SiO_2 (% in Asche)
- Anlage 3.14 Karte Flözkomplex 1o, TiO_2 (% in Asche)
- Anlage 3.15 Karte Flözkomplex 1o, CaO (% in Asche)
- Anlage 3.16 Karte Flözkomplex 1o, MgO (% in Asche)
- Anlage 3.17 Karte Flözkomplex 1o, Na_2O (% in Asche)
- Anlage 3.18 Karte Flözkomplex 1o, S_t^d (% wf)
- Anlage 3.19 Karte Flözkomplex 1o, C^d (% wf)
- Anlage 3.20 Karte Flözkomplex 1o, T_{sk}^d (% wf)
- Anlage 3.21 Karte Flözkomplex 23/23u, Aschegehalt (% wf)
- Anlage 3.22 Karte Flözkomplex 23/23u, Al_2O_3 (% in Asche)
- Anlage 3.23 Karte Flözkomplex 23/23u, SiO_2 (% in Asche)
- Anlage 3.24 Karte Flözkomplex 23/23u, TiO_2 (% in Asche)
- Anlage 3.25 Karte Flözkomplex 23/23u, CaO (% in Asche)
- Anlage 3.26 Karte Flözkomplex 23/23u, MgO (% in Asche)
- Anlage 3.27 Karte Flözkomplex 23/23u, Na_2O (% in Asche)
- Anlage 3.28 Karte Flözkomplex 23/23u, S_t^d (% wf)

Anlage 3.29	Karte Flözkomplex 23/23u, C ^d (% wf)
Anlage 3.30	Karte Flözkomplex 23/23u, T _{sk} ^d (% wf)
Anlage 3.31	Karte Flözkomplex 23/23o, Aschegehalt (% wf)
Anlage 3.32	Karte Flözkomplex 23/23o, Al ₂ O ₃ (% in Asche)
Anlage 3.33	Karte Flözkomplex 23/23o, SiO ₂ (% in Asche)
Anlage 3.34	Karte Flözkomplex 23/23o, TiO ₂ (% in Asche)
Anlage 3.35	Karte Flözkomplex 23/23o, CaO (% in Asche)
Anlage 3.36	Karte Flözkomplex 23/23o, MgO (% in Asche)
Anlage 3.37	Karte Flözkomplex 23/23o, Na ₂ O (% in Asche)
Anlage 3.38	Karte Flözkomplex 23/23o, S _t ^d (% wf)
Anlage 3.39	Karte Flözkomplex 23/23o, C ^d (% wf)
Anlage 3.40	Karte Flözkomplex 23/23o, T _{sk} ^d (% wf)
Anlage 3.41	Karte Flözkomplex 4, Aschegehalt (% wf)
Anlage 3.42	Karte Flözkomplex 4, Al ₂ O ₃ (% in Asche)
Anlage 3.43	Karte Flözkomplex 4, SiO ₂ (% in Asche)
Anlage 3.44	Karte Flözkomplex 4, TiO ₂ (% in Asche)
Anlage 3.45	Karte Flözkomplex 4, CaO (% in Asche)
Anlage 3.46	Karte Flözkomplex 4, MgO (% in Asche)
Anlage 3.47	Karte Flözkomplex 4, Na ₂ O (% in Asche)
Anlage 3.48	Karte Flözkomplex 4, S _t ^d (% wf)
Anlage 3.49	Karte Flözkomplex 4, C ^d (% wf)
Anlage 3.50	Karte Flözkomplex 4, T _{sk} ^d (% wf)
Anlage 4	Ergebnisse der mikropetrographisch-faziellen Kohlenuntersuchungen
Anlage 5	Ergebnisse der sporenstratigraphischen Neuuntersuchungen
Anlage 6	Statistische Auswertung der kohlenchemischen Analysen
Anlage 7	Geologische Schnitte (Längenmaßstab: 1 : 10.000, Höhenmaßstab: 1 : 500)
Anlage 7.1	SW-NO-Schnitt 6
Anlage 7.2	SW-NO-Schnitt 15
Anlage 7.3	SW-NO-Schnitt 25
Anlage 7.4	SW-NO-Schnitt 33
Anlage 7.5	NW-SO-Schnitt AZ1
Anlage 7.6	NW-SO-Schnitt D
Anlage 7.7	NW-SO-Schnitt H1

Abkürzungsverzeichnis

Al ₂ O ₃ ^a	Aluminiumoxid	} in der Asche (%)
CaO ^a	Kalziumoxid	
Fe ₂ O ₃ ^a	Eisenoxid	
MgO ^a	Magnesiumoxid	
Na ₂ O ^a	Natriumoxid	
SiO ₂ ^a	Siliziumoxid	
TiO ₂ ^a	Titanoxid	}
Brg.	Bohrung	
C ^d	Kohlenstoffgehalt, wasserfrei	
C _{org}	organischer Kohlenstoff	
Cr	Chrom	
FuE	Forschung und Entwicklung	
G	Gamma-Log, Bohrlochgeophysik	
GG	Gamma-Gamma-Log, Bohrlochgeophysik	
GWL	Grundwasserleiter	
Jh.	Jahrhundert	
LAGB	Landesamt für Geologie und Bergbau Sachsen-Anhalt	
LfULG	Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie	
LKT 50	Lithofazieskarten Tertiär 1:50.000	
LMBV	Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH	
MIBRAG	Mitteldeutsche Braunkohlengesellschaft mbH	
Mo	Molybdän	
Moorfazies	HB Helles Band	
	M Marcoduria-Fazies (ombrotrophes Waldmoor)	
	P Pinus-Fazies (Kiefern-Waldmoor)	
	A Angiospermen-Fazies (angiospermendominiertes Buschmoor)	
	K Koniferen-Fazies (koniferendominiertes Waldmoor)	
Ma	Millionen Jahre	
NHN	Normalhöhennull (gegenüber der bis 1999 gültigen Angabe NN = Normalhöhe, Amsterdamer Pegel ergeben sich Abweichungen von 0,06-0,16 m)	
OK	(Schicht)Oberkante	
St ^d	Schwefelgehalt, gesamt, wasserfrei	
SVZ	Schichtenverzeichnis	
T _{sk} ^d	Schwelteerausbeute, wasserfrei	
Tgb.	Tagebau	
U	Schluff	
UG	Untersuchungsgebiet	
UK	(Schicht)Unterkante	
V	Vanadium	
waf	wasseraschefrei (Bezugszustand von Braunkohlenanalysen)	
wf	wasserfrei (Bezugszustand von Braunkohlenanalysen)	
ZM	Zwischenmittel	

**Was dem Geologen Stoff zu interessanten Forschungen bietet,
bringt dem Bergmann Schwierigkeiten im Betrieb.
Diese können aber nur bezwungen werden,
wenn die geologischen Verhältnisse bekannt sind.**

OTFRIED WAGENBRETH (1959)
Geologe im Braunkohlentagebau Profen

1 Zusammenfassung

1.1 Aufgaben- und Zielstellung

In der durch den Braunkohlenbergbau seit dem 19. Jahrhundert beeinflussten Region Nordwestsachsen, besonders aber im Südraum von Leipzig, sind die quartären und tertiären Lockergesteinsschichten und die Wasserqualitäten anthropogen beeinflusst. Das Sächsische Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG) hat seit nahezu 20 Jahren sehr intensive geologische Neukartierungen in den auflässigen Braunkohlentagebauen realisiert (STANDKE 2002, 2008a). Die dabei gewonnenen Erkenntnisse zur zeitlich-räumlichen Entwicklung des tertiären Schichtkomplexes sollen genutzt werden, um den geogenen Ursachen der Generierung von Sauerwasser, einem der hauptsächlichen Wasserqualitätsprobleme in den Braunkohlenbergbaugebieten, nachzugehen.

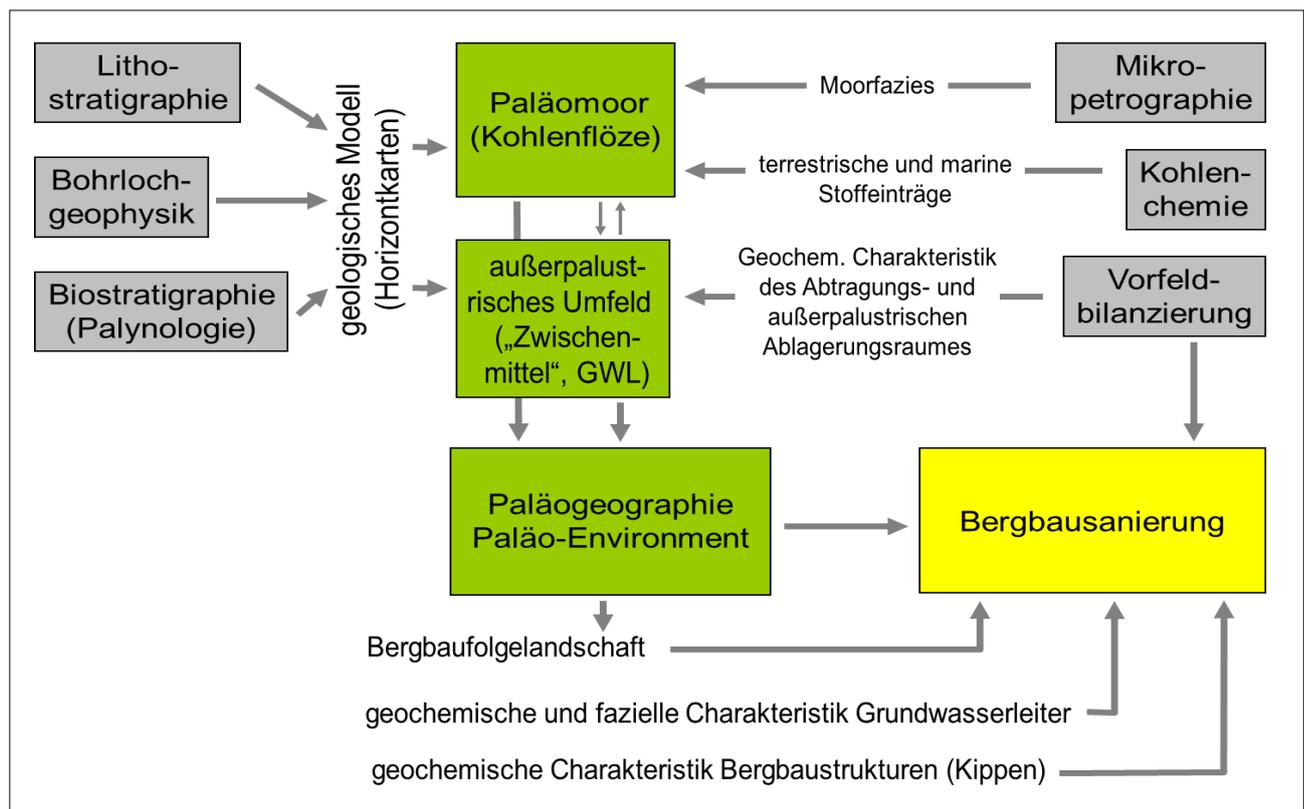


Abbildung 1: Methoden, Bestandteile und Zielstellungen des FuE-Vorhabens

Integrativer Ansatz und Ziel des vom LfULG gemeinsam mit Forschungspartnern von 2009 bis 2011 bearbeitete Forschungs- und Entwicklungsvorhabens „Modellierung tertiärer Faziesseinheiten und geochemischer Faktoren“ sind

- die Erstellung eines stratigraphisch orientierten geologischen Modells (Horizontkarten) der tertiären Schichtenfolge (Braunkohlenflöze und Grundwasserleiter bzw. -geringleiter) auf den Einheitsblättern Leipzig/2565 und Zeitz/2665 mittels lithofazieller, bohrlochgeophysikalisch und biostratigraphisch gestützter Bohrungskorrelation als geologische Grundlage für die geochemischen Bewertungen,
- die geochemische Charakteristik der geologischen Horizonte durch die Analyse der terrestrischen und marinen Stoffeinträge in die Paläomoore (Braunkohlenflöze) und die geochemische Charakteristik der Zwischenmittelhorizonte sowie sonstiger Begleitschichten,
- die daraus abzuleitende litho- und moorfaziell sowie geochemisch gestützte Paläo-Environment-Analyse für die einzelnen stratigraphischen Horizonte und
- die Projizierung der primären geochemischen Schichteigenschaften auf die anthropogenen Kippenbereiche des Braunkohlenbergbaus als wesentliche Grundlage zur Abschätzung des Aciditätspotenzials für die Grundwasserversauerung in der Bergbauregion.

Das Untersuchungsgebiet von 620 km² umfasst im Wesentlichen die noch aktiven Braunkohlentagebaue Profen und Vereinigtes Schleenhain sowie die Braunkohlensanierungsbereiche Zwenkau-Cospuden, Espenhain, Groitzscher Dreieck und Witznitz.

Das Forschungs- und Entwicklungsvorhaben wurde von 2009 bis 2011 im Auftrag des LfULG durch GEOmontan Gesellschaft für angewandte GmbH Freiberg mit deren Projektpartnern TU Bergakademie (Institut für Bergbau und Spezialtiefbau, Institut für Geologie) und Gea Saxonia Dr. Darbinjan & Partner GbR Freiberg durchgeführt.

1.2 Geologische Modellierung

Untersuchungsmethode

- Die analysierte Schichtenfolge umfasst die mitteleozäne Profen-Formation, die mittel- bis obereozäne Borna-Formation, die unteroligozäne Böhlen-Formation und die oberoligozäne Cottbus-Formation nach STANDKE (2008).
- Korrelation und Modellierung von 2.356 Bohrungen nach der Methode der geologischen Schnittkonstruktion unter Einbeziehung der bohrlochgeophysikalischen Messkurven zur Schichtabgrenzung unter Berücksichtigung von sporen(bio)stratigraphischen Schichteinstufungen
- Erarbeitung von zehn tertiären Horizontkarten (Braunkohlenflöze, Grundwasserleiter, Grundwassergeringleiter) und eine Quartärbasiskarte im Maßstab 1:50.000

Ergebnisse

- Paläogeographisch ist das Untersuchungsgebiet, die tertiäre Leipziger Bucht, dadurch charakterisiert, dass sich seit dem Mitteleozän die Faziesräume der Paläonordsee sukzessive aus dem Raum Helmstedt nach Südosten verlagerten, um im oberen Obereozän etwa die Höhe von Altenburg zu erreichen.

- Während dieser Zeit existierte ein relativ breiter Saum, in dem paralische Verhältnisse vorherrschten, die in der Leipziger Bucht speziell durch eine ästuarine, NW-SO-gerichtete Zone (Mitteldeutsches Ästuar bei FRIEDEL & BALASKE 2005) geprägt werden, in der fluviatile, telmatische und intertidale Sedimente räumlich und zeitlich abwechseln.
- Mit der Transgression der Paläonordsee im Unteroligozän wird dieser ästuarine Bereich in mehreren Zyklen allmählich flächendeckend von marinen Ablagerungen überdeckt.
- Die hohe Bohrungsdichte in Verbindung mit moorfaziellen Eichprofilen ermöglichte die Rekonstruktion des mitteleozänen Hauptflözkörpers und vor allem dessen Aufspaltung (Thüringer und Bornaer Hauptflöz, Flöz 23) in bis zu sechs Einzelflöze, wo bisher meist nur zwei Abspaltungen bekannt waren.
- Der Oberflözkomplex (Böhlener Oberflöz, Flöz 4) konnte erstmals ebenfalls mit allen abgespaltenen Einzelflözen dargestellt werden. Insbesondere gelang unter Nutzung der geophysikalischen Bohrlochmessung in Kombination mit der Moorfaziesanalyse eine stratigraphische Zuordnung der einzelnen Flöze im südwestlichen Verbreitungsgebiet zum kompakten Flözkörper im Raum Espenhain-Zwenkau.

Fazit

- Erstmals ist für den Südraum von Leipzig – sowohl für den Bereich des aktiven als auch den des sanierenden Braunkohlenbergbaus („Leipziger Neuseenland“) – eine detaillierte Horizontdarstellung der einzelnen tertiären Schichten, besonders der Braunkohlenflöze und Grundwasserleiter, nach Verbreitung, Mächtigkeit und Fazies gelungen.
- Es konnten Übersichtskarten zur paläogeographisch-faziellen Entwicklung und zur Darstellung des Paläo-Environments für jede Horizontkarteneinheit (Braunkohlenflöze, Grundwasserleiter und -geringleiter) unter Einbeziehung der kohlenpetrographisch-moorfaziellen und kohlenchemischen Untersuchungen der Kohlenflöze und der geochemischen Charakteristik der Mittel- bzw. Begleitschichten erarbeitet werden.

1.3 Moorfaziesanalyse der Paläomoore

Untersuchungsmethode

- Untersuchung von 21 Bohrungs- bzw. Tagebauprofilen nach der Methodik der lumineszenzmikroskopischen Liptinitanalyse (VOLKMANN 1990, 1991)
- Moorfazielle Interpretation der mikropetrographischen Befunde unter Nutzung der aus miozänen Braunkohlenflözen detailliert belegten moorfaziellen Sukzessionsabfolge (u. a. SCHNEIDER 1990, 1995, 2001, 2013)

Ergebnisse

- Auch in den alttertiären Braunkohlenflözen lassen sich Moorfazies-Zyklen nachweisen. Dadurch kann der zwischenmittelfreie Flözkörper feinstratigraphisch gegliedert und die stratigraphische Position von Mittelsedimenten im kompakten Flözkörper lokalisiert werden.
- Moorfaziell herrschen im Unterflözkomplex (Sächsisch-Thüringisches Unterflöz, Flöz 1) oligotrophe Wald- und Buschmoore (K-, A-Fazies) vor. Während im zwischenmittelfreien Hauptflözkomplex mehr oder weniger vollständig entwickelte Moorfazies-Zyklen dominieren (A-P-M-Fazies), deuten in den abgespaltenen Einzelflözen eutrophe Wald- und Buschmoore (K-, A-, Fazies) auf eine größere Amplitude der Vernässungs- und Nährstoffverhältnisse hin. Moorfaziell überwiegen in den abgespaltenen Einzelflözen des Oberflözkomple-

xes Waldmoor-Kohlen, während im zwischenmittelfreien Flöz (Raum Espenhain-Zwenkau) die Entwicklung meist bis zur hochmoorähnlichen M-Fazies verlaufen ist.

Fazit

- Der aus neogenen Flözen im Lausitzer Raum bekannte interne Mooraufbau lässt sich modellhaft auch auf die paläogenen Braunkohlenflöze Mitteldeutschlands übertragen.
- Das gilt zuerst einmal für die jeweiligen Ablagerungsbedingungen in den verschiedenen Moorfaziesbereichen von Wald- und Buschmooren bis zu ombrotrophen Wald(hoch)mooren. Neuerdings liegen für standortbezogen gleiche Faziesbereiche in alt- und jungtertiären Mooren auch entsprechende Florenlisten vor (SCHNEIDER 2013).
- Mit dem Sukzessionsmodell wird es möglich, Flözaufspaltungen konkret flözfeinstratigraphisch im kompakten Flözkörper zu fokussieren und damit die Lagerungsbeziehungen zwischen Flözen und Grundwasserleitern zu präzisieren.

1.4 Geochemie der Braunkohlenflöze

Untersuchungsmethode

- Auswertung von stratifizierten Kohlechemiedaten aus 1.534 Bohrungen
- Erarbeitung von Trendkarten im Maßstab 1:100.000 für die kohlenchemischen Parameter Asche-, Kohlenstoff-, Gesamtschwefelgehalt, Schwelteraubeute und wichtiger Aschebestandteile für den Unter-, Haupt- und Oberflözkomplex

Ergebnisse

- Die Höhe der Aschegehalte und deren Zusammensetzung hinsichtlich der Gehalte an Silizium, Aluminium, Kalzium und Magnesium variiert in den Flözkomplexen deutlich in Abhängigkeit von der Mächtigkeit der einzelnen Flöze. Entscheidenden Einfluss haben dabei die Lage in bzw. außerhalb von Subrosionsstrukturen (Unterflözkomplex) sowie die Nähe zu flözaufspaltenden Mitteleinschaltungen (Haupt- und Oberflözkomplex).
- Die an die Moorbildung anschließende marine Überflutung des Oberflözkomplexes ist als Ursache für die auffallend hohen Gehalte an Eisen und an Schwefel sowie das Vorkommen von Tertiärquarziten im terminalen Bereich dieses Flözes zu sehen.
- Die wenigen vorliegenden Spurenelementuntersuchungen lassen auf das Vorkommen von spezifischen Anreicherungen speziell von Vanadium, Chrom, Molybdän) in den als geochemische Barriere wirkenden Torf- bzw. Flözkörpern schließen.

Fazit

- Es konnten erstmals flächendeckend - d. h. über sämtliche Braunkohlenfelder des Untersuchungsgebietes hinweg - Trendkarten zur kohlenqualitativen Braunkohlenausbildung erstellt werden, die nicht nur Aussagen zur energetischen, sondern auch zur stofflichen Braunkohlennutzung liefern.
- Die Stoffeinträge in das Paläomoor werden - neben Faktoren wie der chemischen Zusammensetzung des Eintragmaterials, der Art oder Intensität des Eintrages - insbesondere von der paläogeographischen Position des Sedimentationsraumes bestimmt.

- Die Fixierung und die Mobilisierung der eingetragenen Elemente hängen besonders von den konkreten Aciditäts- und Redoxverhältnissen und dem Schwefelwasserstoffmilieu ab.
- Die für eine energetische und/oder stoffliche Braunkohlennutzung wesentlichen kohlenqualitativen Parameter (Asche-, Schwefelgehalt, Anteil Protobitumina u. a.) in den Flözkörpern sind generell aus der paläogeographischen Entwicklung und dem jeweiligen Paläo-Environment erklärbar. Dabei ist die jeweilige Konfiguration der ästuarinen Zonen entscheidend.

1.5 Geochemie der Mittel- und Begleitschichten der Braunkohlenflöze

Untersuchungsmethodik

- Auswertung von geochemisch für die Rekultivierungsplanung untersuchten Erkundungsbohrungen aus sog. Bodengeologischen Vorfelddgutachten
- Diese Daten wurden durch HOTH (2004) für die Vorfeldebilanzierung genutzt, mit der die Aciditätsverhältnisse in den Kippenmassiven des Braunkohlenbergbaues unter Berücksichtigung der geologischen Verhältnisse im Anstehenden und der angewandten Abbau- und Versturztechnologie bewertet werden können.

Ergebnisse

- Erstmals konnte klar belegt werden, dass die C/S-Verhältnisse der einzelnen geologischen Schichten zur Fazieseinschätzung und deshalb zur Bewertung des Paläo-Environments in ästuarin geprägten tertiären Sedimentationsräumen geeignet sind. Das C/S-Verhältnis zeichnet in den eozänen bis unteroligozänen Schichten (Braunkohlenflöze und genetisch verknüpfte Mittel- und Begleitschichten) eindrucksvoll die trans- und regressive Entwicklung in der Leipziger Bucht nach.
- Es zeigt sich, dass die Schwefelgehalte in den geologischen Schichten und damit in den Abraumeinheiten nicht zufällig verteilt sind, sondern von der fazialen und paläogeographischen Stellung der jeweiligen Schichten determiniert werden. Es ist nachweisbar, dass die Pyritbildung und damit die Pyrit-Gehalte mit der fazialen Stellung der jeweiligen Einheiten verknüpft sind.

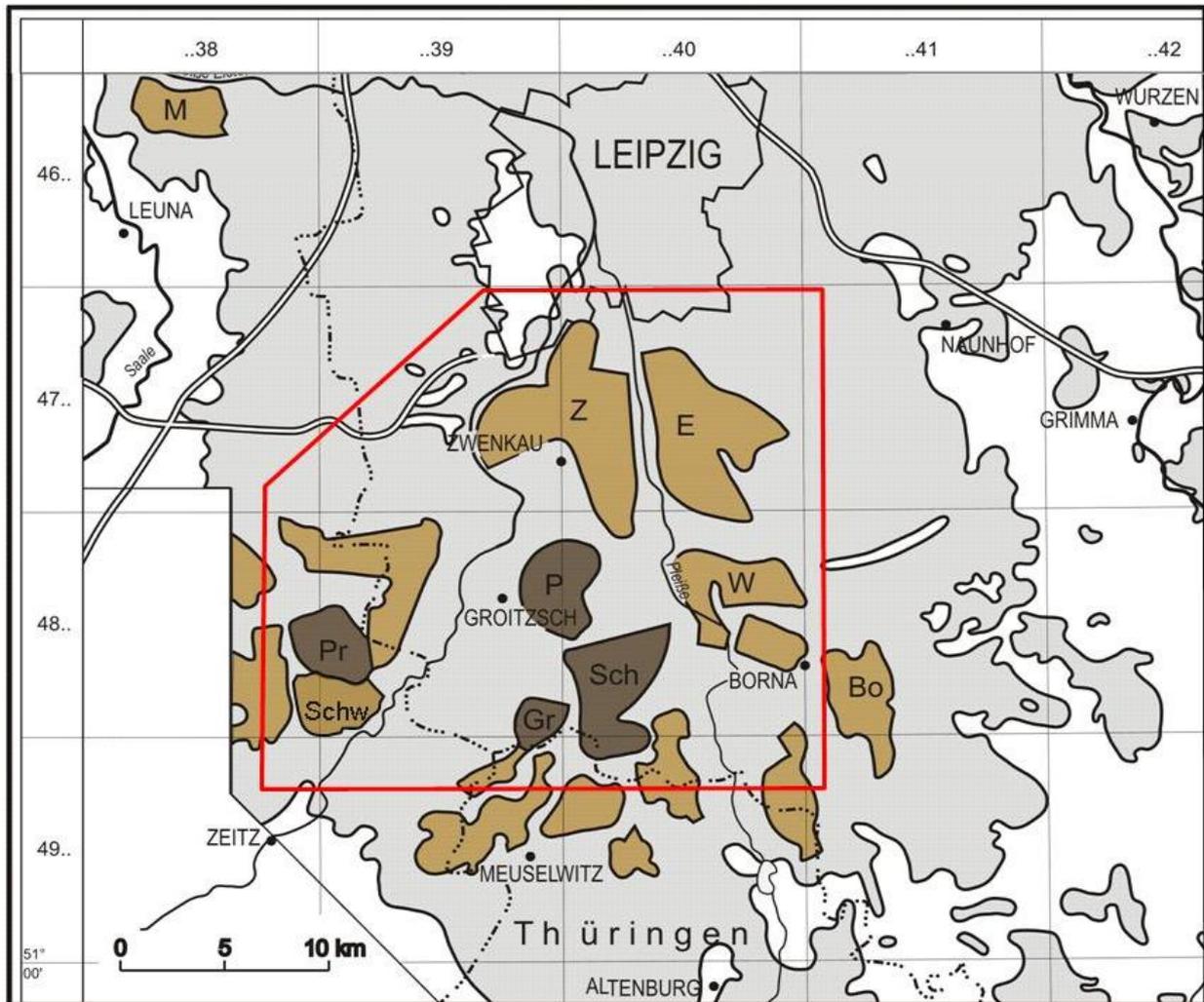
Fazit

- Die für die Generierung von Säurepotenzial verantwortliche geochemische Parameterverteilung in den Braunkohlenbergbaukippen kann nur im kausalen Zusammenhang mit den geochemischen Eigenschaften der geologischen Ausgangssubstrate, speziell der Grundwasserleiter und -geringleiter, quantifiziert werden.
- Die eigentliche Sauerwassergenerierung (Acid Mine Drainage) als wesentliches Beschaffenheitsproblem der meisten Bergbauaktivitäten ist immer mit den Schwefelgehalten der abbaurelevanten geologischen Schichten/Fazieseinheiten verknüpft. Durch ein genetisches Verständnis der Schwefelverteilung in den Abraum-schichten können gezielt gewinnungs- und tagebautechnologische Anpassungs- und Gegenmaßnahmen realisiert werden, um die Sauerwasserbildung zurückzudrängen und die Grundwasserbeschaffenheit nachhaltig günstiger zu gestalten.
- Die angewandte Methodik und die gewonnenen Erkenntnisse lassen sich auf andere Braunkohletagebaue in deutschen und ausländischen Braunkohlenrevieren übertragen.

2 Untersuchungsgebiet und analysierte Schichtenfolge

2.1 Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet für das FuE-Vorhaben umfasst eine Fläche von 620 km² (Abbildung 2).



- | | | | |
|---|---|---|-----------------------------------|
|  | FuE-Untersuchungsgebiet |  | Verbreitung tertiäre Sedimente |
|  | Wichtige Braunkohlentagebaue (in Sanierung) |  | Aktive Tagebaufelder (MIBRAG mbH) |
| M ... Merseburg-Ost | | P Peres | } Vereinigtes Schleenhain |
| Z ... Zwenkau/Cospuden | | Sch.. Schleenhain | |
| E ... Espenhain | | Gr..... Groitzscher Dreieck | |
| Bo...Bockwitz | | Pr..... Profen | |
| W ...Witznitz | | Schw. Schwerzau | |

Abbildung 2: Lage des Untersuchungsgebietes

Die Koordinaten (Hochwert/Rechtswert) der Polygoneckpunkte des Untersuchungsgebietes betragen 5660,0/4509,0; 5675,0/4509,0; 5685,0/4520,0, 5685,0/4536,0 und 5660,0/4536,0. Die geologischen Verhältnisse im gewählten FuE-Untersuchungsgebiet gewährleisten

- die feinstratigraphische Detailgliederung der eozänen und unteroligozänen Schichtenfolge,
- die Klärung der Bankaufspaltungen der Braunkohlenflöze und
- die kausale Rückkopplung zwischen dem primär vorhandenen Schichtaufbau und den bergbaulich geschütteten Kippsubstraten.

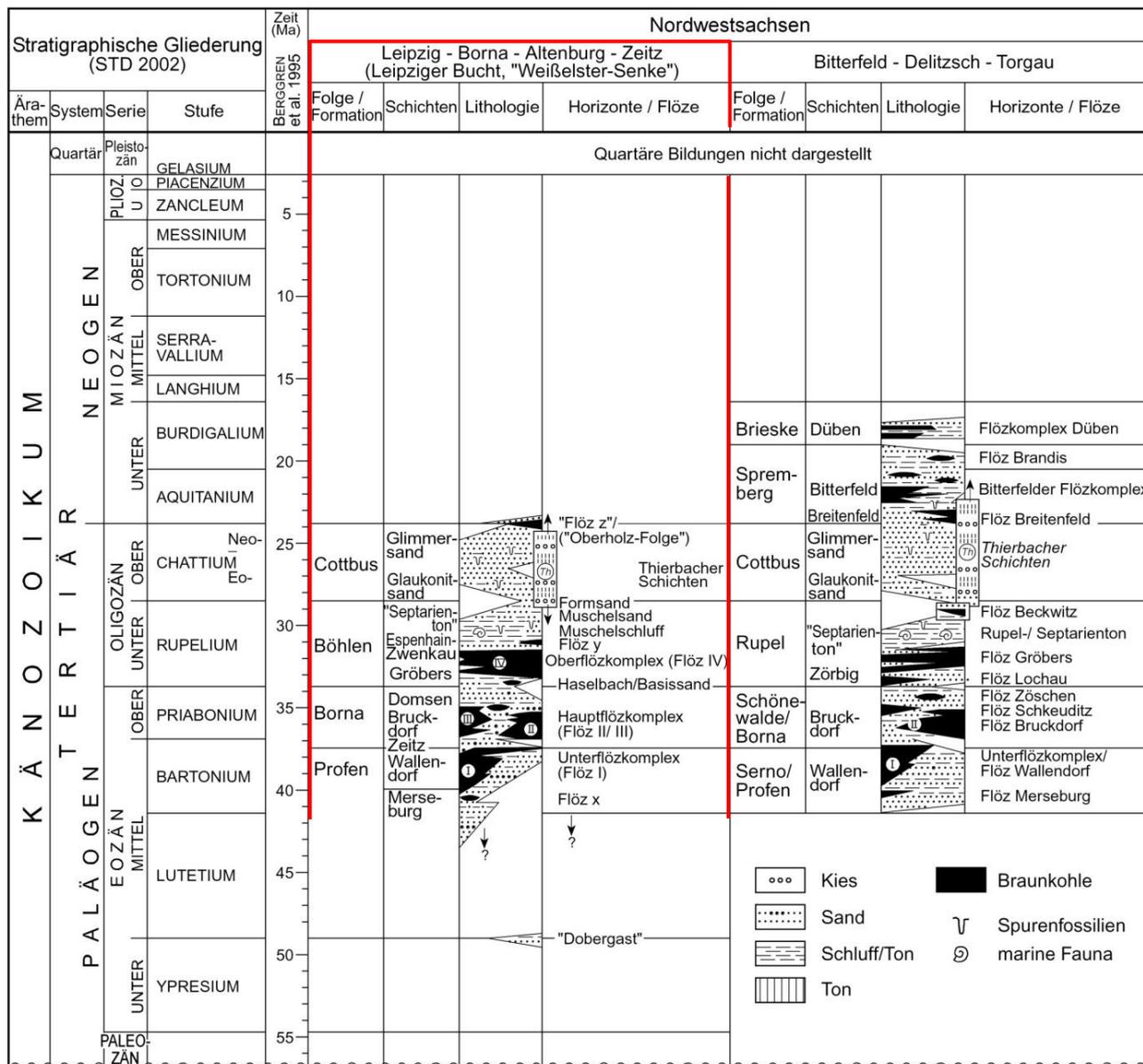


Abbildung 3: Gliederung der Tertiärbfolge in Nordwestsachsen und angrenzenden Gebieten (aus STANDKE et al. 2010) und die im Forschungsvorhaben Modellierung Fazies/Geochemie analysierte Schichtenfolge

Das Untersuchungsgebiet umfasst im Wesentlichen die Braunkohlenfelder Profen, Schwerzau, Werben-Sittel, Zwenkau-Cospuden, Espenhain, Peres, Groitzscher Dreieck, Schleenhain und Witznitz. Zur Vermeidung von Randunschärfen bei der geologischen Modellierung berührt eine schmale Zone, die Ländergrenzen begleitend, die Territorien von Sachsen-Anhalt und Thüringen. Die topographischen Daten für die Kartengrundlage wurden vom Staatsbetrieb Geobasisdaten und Vermessung Sachsen bereitgestellt.

2.2 Untersuchte Schichtenfolge

Die im Rahmen des FuE-Vorhabens analysierte Schichtenfolge (Abbildung 3) beinhaltet die im Untersuchungsgebiet auftretenden Sedimente der

- mitteleozänen Profen-Formation (Merseburg- und Wallendorf-Schichten),
- der mittel- bis obereozänen Borna-Formation (Zeitz-, Bruckdorf- und Domsen-Schichten),
- der unteroligozänen Böhlen-Formation (Gröbers-, Espenhain-Zwenkau- und Septarienton-Schichten),
- der oberoligozänen Cottbus-Formation (Glimmersand-Schichten),
- der oberoligozänen (bis untermiozänen?) Oberholz-Folge und
- der oberoligozänen (bis untermiozänen?) Thierbach-Schichten.

Die liegende stratigraphische Grenzfläche ist die verschieden alte Basis des über das Prätertiär übergreifenden Tertiärkomplexes. Die hangende Grenzfläche, identisch mit der Quartärbasis, liegt im nördlichen/nordwestlichen Untersuchungsgebiet innerhalb der Glaukonitsand-/Glimmersand-Schichten der Cottbus-Formation und im südlichen Bereich verschieden tief innerhalb der Borna-Formation.

Die gesamte untersuchte Schichtenfolge repräsentiert einen Zeitabschnitt, der von etwa 43 Ma bis ca. 24 Ma vor heute reicht. Sie umfasst die Sporomorphenzonen (KRUTZSCH et al. 1992; KRUTZSCH 2000, 2008, 2011a) SPP 16 bis SPN I/II.

Zur Modellierung der Lagerungsverhältnisse wurden sämtliche verwendeten 2.356 Bohrungen (Kap. 3.1.1) über 50 SW-NO- und 20 NW-SO-Schnitte miteinander verknüpft. Von diesen geologischen Arbeitsschnitten sind in Anlage 7 eine Auswahl mit charakteristischen Lagerungsverhältnissen visualisiert (Schnittspuren vgl. Anlage 1.1).

Das geologische Modell mit den ausgehaltenen Einzelschichten wird im Kap. 4.2 beschrieben. Die Verbreitung, Mächtigkeit und lithologische Ausbildung der tertiären Schichten (Braunkohlenflöze und Mittelsedimente) sind in den Horizontkarten 1 bis 10 (Anlagen 2.1 bis 2.12) dargestellt. Die Quartärbasis ist als Anlage 2.13 beigefügt.

3 Datenbasis

3.1 Geologisches Modell

3.1.1 Bohrungen und Aufschlüsse

Den Grundbestand an Bohrungen für die Themenbearbeitung bildet der Bohrbesatz der Lithofazieskarten Tertiär Nordwestsachsen 1:50.000 (LKT 50, ESCHER et al. 1998-2002), ergänzt durch die von RASCHER et al. (2006) verwendeten Aufschlüsse. Im Rahmen der vorliegenden Modellierungen wurden weitere Bohrungsverdichtungen in geologisch komplizierten Gebieten, speziell in Aufspaltungsbereichen von Braunkohlenflözen vorgenommen.

Die Bohrungen wurden in folgenden Archiven recherchiert:

- Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie Freiberg
- MIBRAG mbH Zeitz
- GEOmontan mbH Freiberg
- LMBV-Archiv Espenhain (jetzt in Verwaltung des LfULG)

Die für die geologische Themenbearbeitung genutzten 2.356 Bohrungen sind lagemäßig und mit Angaben zu den bohrtechnischen Konditionen sowie zum Vorhandensein von Bohrlochmessungen in Anlage 1.1 dargestellt. Es wurde eine Bohrdichte von knapp vier Bohrungen/km² erreicht, d. h. die Bohrdichte der LKT 50 (ESCHER et al. 1998-2002) konnte fast verdoppelt werden. Die verwendeten Braunkohlenerkundungsberichte sind mit ihren Geltungsbereichen aus Anlage 1.2 ersichtlich.

3.1.2 Biostratigraphische Untersuchungen

Die verwendeten palynologischen Untersuchungen zur biostratigraphischen Einstufung der Bohrprofile basieren auf der Methodik von KRUTZSCH et al. (1992) (Sporomorphenzonen). Für die Recherche der Analysen wurden die Bestandsliste der KRUTZSCH-Sammlung im BGR-Archiv Spandau, Analysendaten aus den Ergebnisberichten der Braunkohlenerkundung und Publikationen (z. B. KRUTZSCH 2000, 2008, 2011a) verwendet. Die 67 palynologisch untersuchten Altbohrungen sind in Anlage 1.1 enthalten. Zu beachten ist, dass in den meisten Bohrungen nur ein kleiner Abschnitt des Bohrprofils palynologisch untersucht wurde. Außerdem sind ältere Pollenbefunde durchaus nicht immer konform zum heutigen palynologischen Kenntnisstand bewertet und eingestuft worden.

Weiterhin konnte auf palynologische Untersuchungen aus den Braunkohlenfeldern Lützen, Profen, Schwerzau, Domsen, Schleenhain und Peres zurückgegriffen werden. Diese Daten aus zehn Erkundungsbohrungen im stratigraphischen Niveau der Profen- und Borna-Formation wurden durch die MIBRAG mbH Zeitz zur Verfügung gestellt. Die Untersuchungsergebnisse sind in Anlage 5 dokumentiert.

Makropaläobotanische Untersuchungen (Florenkomplexe) (MAI & WALTHER 1969, 1983, 1985, 1991, 2000; KUNZMANN 1995, 1998; KUNZMANN & WALTHER 2002) sind aufgrund ihrer größeren stratigraphischen Reichweite nur bedingt in die Auswertung einbezogen worden.

3.2 Moorfazielle Charakteristik der Braunkohlenflöze

Die Moorfaziescharakteristik der im Untersuchungsgebiet auftretenden eozänen und oligozänen Braunkohlenflöze erfolgte nicht anhand ihres phytogenen Inhaltes, sondern mittels mikropetrographischer Untersuchungen (vgl. Kap. 5.1). Dazu konnten Flözprofile aus älteren Bearbeitungen und im Rahmen des FuE-Themas neu untersuchte Bohrungen sowie Tagebauprofile genutzt werden (Tabelle 1). Von den makropetrographisch bemusterten Proben liegen jeweils Körneranschliffe (0-3 mm) vor, die im Labor für organische Petrologie an der TU Bergakademie Freiberg unter dem Auflichtmikroskop im Fluoreszenzlicht untersucht werden konnten. Die Untersuchungsmethodik für die mikropetrographische (Moor-)Faziesanalyse nach der Methodik der lumineszenzmikroskopischen Liptinitanalyse (VOLKMANN 1990, 1991) einschließlich der ausgehaltenen Moorfaziestypen wird in Kap. 5.2 beschrieben.

Tabelle 1: Für das FuE-Thema „Modellierung Fazies/Geochemie“ verwendete Flözprofile aus älteren Untersuchungen

Kohlenfeld/Tagebau	Flözkomplex	Proben	Probenherkunft/Mikroskopie
Tgb. Zwenkau 1	Flöz 4u	12	KÄSTNER (1999)/STIEWE (2006)
Tgb. Zwenkau 2	Flöz 4u	5	Kartierung Rascher 2001/STIEWE (2006)
Tgb. Zwenkau 3	Flöz 4u	12	Kartierung Rascher 2001/STIEWE (2006)
Tgb. Zwenkau 4	Flöz 4	35	WUNDERLICH (1977)/STIEWE (2006)
Tgb. Zwenkau	Flöz 23	37	RASCHER et al. (2006)/STIEWE (2006)
Tgb. Witznitz	Flöz 4u	4	Kartierung Rascher 1997/STIEWE (2006)
Tgb. Witznitz	Flöz 23	22	Kartierung Rascher 1996/STIEWE (2006)
Tgb. Espenhain	Flöz 23u	22	SEIFERT (1979)/STIEWE (2006)
Tgb. Espenhain	Flöz 4	24	SEIFERT (1979)/STIEWE (2006)
Tgb. Schleenhain 1/2	Flöz 23u, 23o	57	Kartierung Rascher 1996/STIEWE (2006)
Tgb. Schleenhain 3	Flöz 23u, 23o	30	Kartierung Rascher 1996/STIEWE (2006)
Tgb. Peres	Flöz 23u, 23o	33	TONDERA (1987)/STIEWE (2006)
Groitzscher Dreieck	23u, 23o	34	VOLKMANN (1984)/STIEWE (2006)
Tgb. Cospuden	Flöz 4o	17	Kartierung Rascher 1995/STIEWE (2006)
Tgb. Profen	Flöz 23u, 23o	52	RASCHER et al. (2006)/STIEWE (2006)

Tabelle 2: Für das FuE-Thema „Modellierung Fazies/Geochemie“ neu untersuchte Flözprofile

Bohrung/Profil	Kohlenfeld	Flözkomplex	Proben	Probenherkunft Mikroskopie
34427/10	Peres	Flöz 23u	34	MIBRAG mbH Zeitz VOLKMANN in diesem Bericht
34427/10	Peres	Flöz 1u	41	
34444/10	Peres	Flöz 4	4	
26144/10	Domsen	Flöz 23o	17	
26144/10	Domsen	Flöz 23u	2	
Böschungprofil	Profen Kessel D	Flöz 1u, 1o	18	Kartierung RASCHER et al. (2009a) VOLKMANN in RASCHER et al. (2009a)

Mit Genehmigung der MIBRAG mbH Zeit konnten aus Vorfeldbohrungen in den Kohlenfeldern Domsen und Peres lithotypenorientierte Proben für die mikropetrographische Moor-Faziesanalyse entnommen und ein Flözprofil an der Westböschung des Tagebaues Profen (Kessel D) kartiert und mikropetrographisch-faziell untersucht werden (Anlage 4).

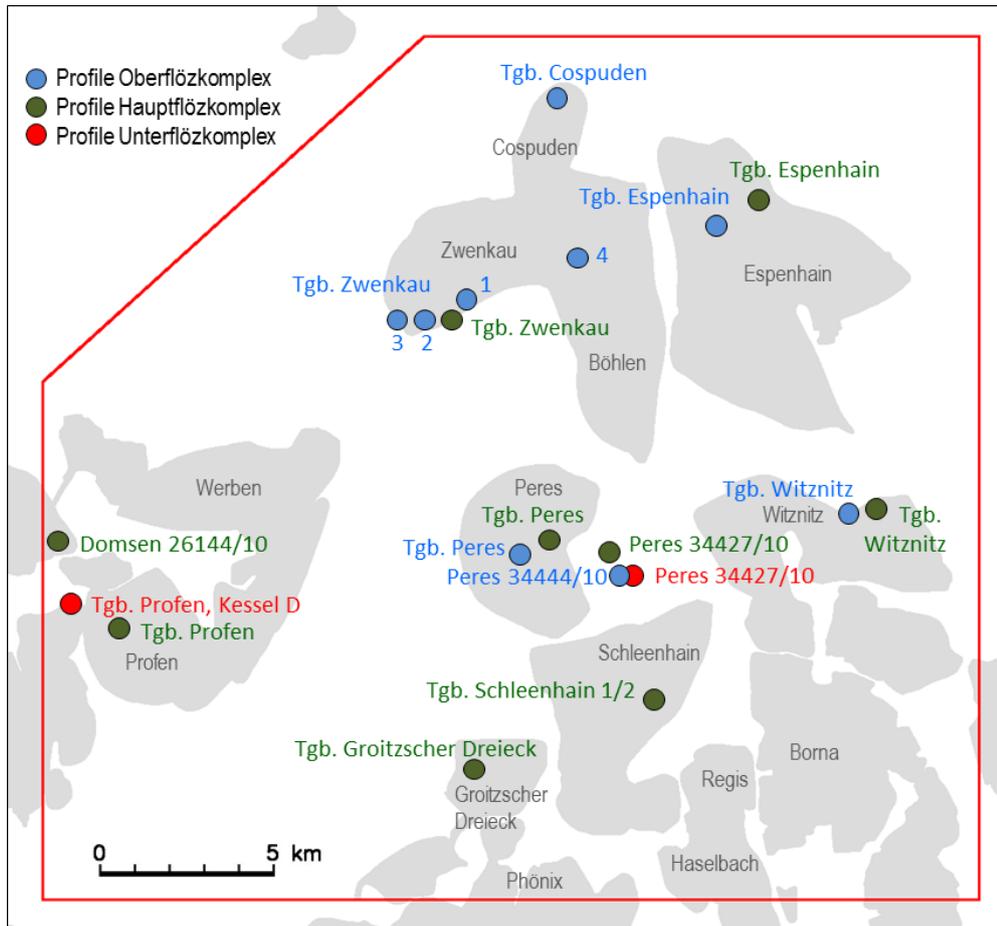


Abbildung 4: Lage der mikropetrographisch-faziell untersuchten Flözprofile

Die Lage aller verwendeten Flözprofile ist in Abbildung 4 dargestellt. Die Profildarstellungen der untersuchten Aufschlüsse mit den makro-, mikropetrographischen, moorfaziellen und kohlenchemischen Ergebnissen sind in Anlage 4 dokumentiert.

3.3 Geochemische Charakteristik der Schichtenfolge

3.3.1 Braunkohlenflöze

Untersuchungen zu den kohlenchemischen Parametern waren und sind ein wesentlicher Bestandteil der Braunkohlenerkundungen. Die qualitätsbestimmenden und für die Vorratsberechnung wesentlichen Parameter wie Aschegehalt, Heizwert, Bitumengehalt, Schwelteerausbeute, Kohlenelementaranalyse, Rohdichte, Rohkohlenwassergehalt und der Schwefelgehalt werden zumeist in großer Anzahl bestimmt. Für die Modellierungen im Rahmen des FuE-Themas „Fazies/Geochemie“ sind hiervon der Asche- und der Schwefelgehalt, die Schwelteerausbeute und Teile der Kohlenelementaranalyse von Bedeutung.

Weiterhin wichtig für die im Rahmen des FuE-Themas vorgesehene geochemische Kennzeichnung der Flöze ist die Ascheelementaranalyse. Bis 1990 wurden speziell die Komponenten SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MgO , CaO , Na_2O , K_2O , SO_3 bestimmt, heute ist die Analysenpalette um BaO , MnO , P_2O_5 , SrO und TiO_2 erweitert.

Für die kohlenchemische Trendkarten der Flözkomplexe (Anlagen 3.1-3.50) konnte besonders auf Daten aus dem Fachinformationssystem Rohstoffe, Lagerstättenkataster Braunkohle des LfULG zurückgegriffen werden (ESCHER et al. 2010). Die dort enthaltenen Parameterwerte stammen aus den jeweiligen Braunkohlenerkundungsberichten zu den einzelnen Kohlenfeldern bzw. aus den Betriebserkundungen der Braunkohlenbetriebe.

Im Kataster nicht belegte Flächen - i. d. R. die bereits ausgekohlten Tagebaubereiche - konnten durch Bohrungen mit Kohlenchemiedaten aus dem LfULG- bzw. LMBV-Archiv (Standort LfULG Freiberg) sowie mit Genehmigung der MIBRAG mbH Theißen aus deren Archiv in Profen gefüllt werden. Erfasst wurden von allen Einzelproben mit Teufenlage, lithologischer Ausbildung (Lithotyp), Flözzuordnung und den folgenden Parametern:

Parameter	Anmerkungen
(1) Aschegehalt	(1)-(4) Werte bezogen auf wasserfreie Kohlen-substanz
(2) Gesamtschwefelgehalt	
(3) Schwelteerausbeute	
(4) Kohleelementaranalyse (mind. Kohlenstoffgehalt)	
(5) Ascheelementaranalyse (SiO_2 , Al_2O_3 , CaO , MgO , Na_2O , K_2O , SO_4 , TiO_2)	(5) Werte bezogen auf Asche

Insgesamt konnten kohlenchemische Analysen aus 1.534 Bohrungen berücksichtigt werden, die sich allerdings nicht über alle Bereiche des Untersuchungsgebietes gleichmäßig verteilen. Um diese räumliche Varianz bei der flächenhaften Interpolation zu berücksichtigen, wurden die erarbeiteten geochemischen Trendkarten mittels Kriging berechnet.

Folgende flözbezogene geochemische Trendkarten für die Parameter Asche-, Schwefel-, Kohlenstoffgehalt, Teerausbeute (alle bezogen auf wasserfreie Kohlen-substanz), Al_2O_3 -, SiO_2 -, CaO -, MgO - und Na_2O -Gehalt (alle bezogen auf Aschegehalt) liegen mit dem Kartensatz in Anlage 3 (50 Kohlenchemiekarten 1:100.000) vor:

Karteneinheiten	Anmerkungen
(1) Karten Flözkomplex 4	(1) wegen zu geringer Datendichte konnte nur eine Karte für den Flözkomplex 4 erstellt werden (Summendarstellung Flöze 4, beinhaltet Flöze 4u, 4o1-4o3)
(2) Karten Flözkomplex 23/23o	(2)+(3): Flözbereiche 23u bzw. 23o jeweils einschließlich des kompakten Flözes 23
(3) Karten Flözkomplex 23/23u	
(4) Karten Flözkomplex 1o	
(5) Karten Flözkomplex 1u	

Spurenelementuntersuchungen sind erst in den 1980er-Jahren in die Braunkohlenerkundungen aufgenommen worden. Hierbei wurde in der Regel an einzelnen wenigen Aufschlüssen und Proben eine Vielzahl an Spurenelementen bestimmt. Mit der jeweils untersuchten Parameterpalette kann eine große Bandbreite von terrigenen bis marin-brackischen und auch salinaren Einflüssen auf die Spurenelementführung der Braunkohlen erfasst werden. In Braunkohlenerkundungsberichten wurden in gesonderten Kapiteln zur Spurenelementfüh-

rung jeweils erste Ableitungen zu lagerstättengenetischen Abhängigkeiten getroffen, die für das vorliegende Thema ausgewertet werden konnten.

Die Spurenelement-Untersuchungsergebnisse des westelbischen Braunkohlenreviers wurden in ZIMMERMANN (1986, 1992) zusammengefasst. Die Arbeit bezieht sich jedoch auf die außerhalb des Untersuchungsgebietes gelegenen Lagerstätten Düben, Rösa-Sausedlitz, Zörbig, Frose-Wilsleben und Egeln.

3.3.2 Begleitschichten

Grundlage für die Kennzeichnung der geochemischen Verhältnisse in den Begleitschichten (Flözzwischenmittel, Hangend- und Liegendsedimente) sind die sog. Bodengeologischen Vorfelddgutachten. Diese Gutachten wurden in den 1960er- bis 1980er-Jahren für den Großteil der erkundeten bzw. in Abbau befindlichen ostdeutschen Braunkohlenfelder erstellt. Ihr Ziel bestand in der Kennzeichnung der Rekultivierungsfreundlichkeit bzw. -feindlichkeit der einzelnen geologischen Einheiten anhand bodenkundlich orientierter geochemischer Analysen.

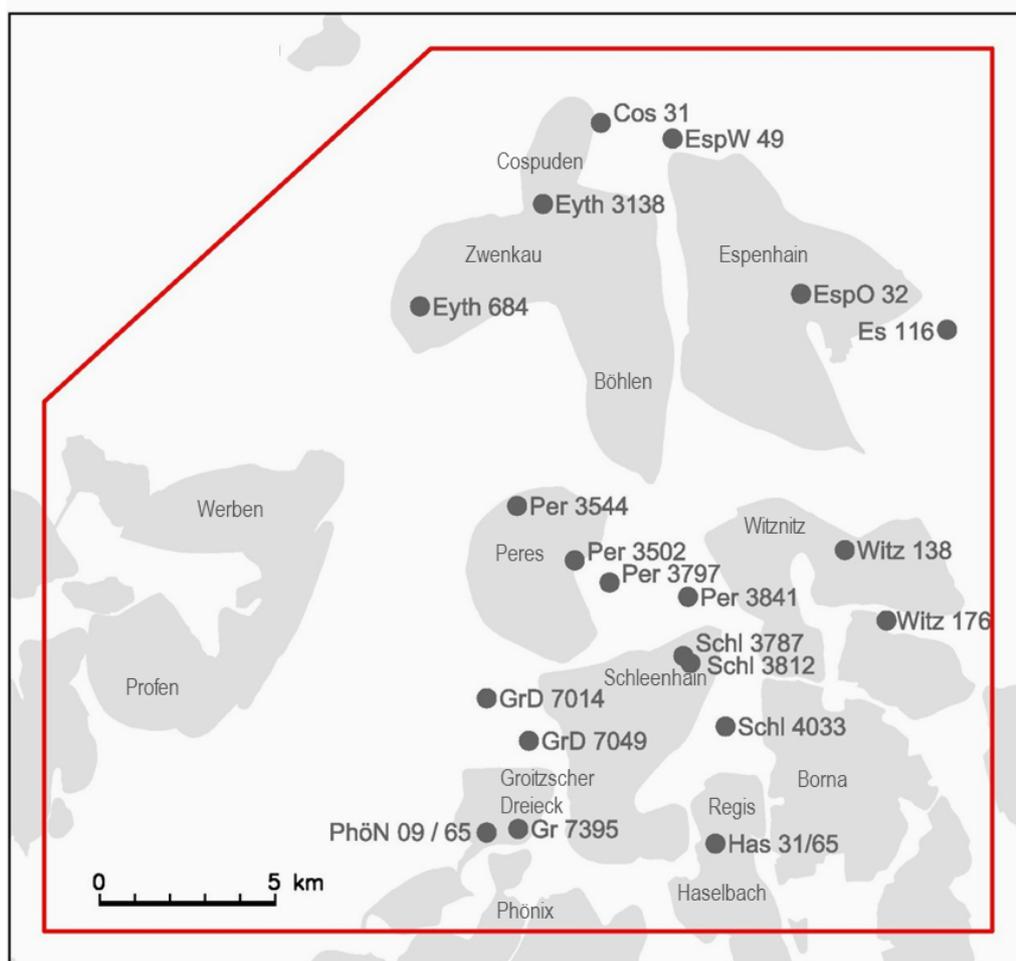


Abbildung 5: Lage der verwendeten Bohrungen mit geochemischen Daten aus Vorfelddgutachten

Die generelle Vorgehensweise für diese Gutachten - von namhaften Bodengeologen wie beispielsweise Wünsche, Oehme, Haubold und Schubert erarbeitet - ist sehr gut in WÜNSCHE (1974) dokumentiert. Die Bedeutung dieses Datenpools liegt im großen Umfang der bearbeiteten Bohrungen/Proben sowie der Vergleichbarkeit und Repräsentanz auf Grund der stets identischen Analysenverfahren.

Diese Daten wurden durch HOTH (2004) für die sogenannte Vorfeldebilanzierung genutzt, mit der die Aciditätsverhältnisse in den Kippenmassiven des Braunkohlenbergbaues unter Berücksichtigung der geologischen Verhältnisse im Anstehenden und der angewandten Abbau- und Versturztechnologie bewertet werden können. Eine Einschätzung dieses Datenpools hinsichtlich untersuchter Parameter und Verwertbarkeit sowie die Literaturverweise zu den Originalberichten finden sich in HOTH (2004).

Die diesbezüglich ersten Arbeiten wurden durch HOTH an der TU Bergakademie Freiberg (1998) für den Bereich des Tagebaus Jänschwalde im Lausitzer Revier durchgeführt. Für den Mitteldeutschen Raum erfolgten die ersten Arbeiten im Bereich Espenhain (TU BAF 2000; HOTH 2004). Weitergeführt wurden die Arbeiten für die Tagebaubereiche Zwenkau, Peres, Schleenhain, Witznitz und Groitzscher Dreieck durch DILBAT & HOTH (2006). Mit der Erschließung weiterer Datenquellen im Rahmen dieses FuE-Projektes z. B. aus dem LMBV-Archiv konnten für das Untersuchungsgebiet weitere Berichte und Daten zu Einzelbohrungen recherchiert werden (Tabelle 3).

Tabelle 3: Übersicht zu den im FuE-Untersuchungsgebiet „Modellierung Fazies/Geochemie“ vorliegenden Bohrungen aus Vorfelddgutachten (fett: verwertbare Bohrungen mit konsistenten geochemischen Daten im gesamten Profil, in diesem Bericht explizit ausgewiesen; vgl. Abbildung 5)

Kohlenfeld	Bohrungsnummer	Kohlenfeld	Bohrungsnummer
Espenhain	49/64	Peres	3906/86
Espenhain	529/64	Peres	3841/86
Espenhain	48/64	Peres	3797/86
Espenhain	386/78	Peres	3502/81
Espenhain	554/78	Peres	3544/81
Espenhain	29/72	Witznitz	143/65
Espenhain	7/72	Witznitz	176/65
Espenhain	32/72	Witznitz	138/65
Espenhain	57/72	Witznitz	383/68
Espenhain	66/71	Witznitz	379/68
Espenhain	65/84	Witznitz	378/68
Espenhain	116/84	Witznitz	375/68
Cospuden	19	Witznitz	372/68
Cospuden	29a	Witznitz	368/68
Cospuden	31/77	Eythra	3138/67
Cospuden	43/76	Eythra	4061d/66
Groitzscher Dreieck	24/65	Eythra	535-34/73
Haselbach	14/63	Eythra	569/73
Haselbach	19/65	Eythra	583/73
Haselbach	20/65	Eythra	684/73
Haselbach	31/65	Eythra	708/73
Peres	20/60	Eythra	725/73
Peres	38/61	Eythra	729/73
Peres	64/61	Eythra	2094/67
Peres	133/61	Eythra	2653/67
Phönix-Nord	09/65	Witznitz Gaulis	4139/86
Schleenhain	3812	Witznitz Gaulis	4143/85
Schleenhain	3787	Witznitz Gaulis	4144/86
Schleenhain	4033	Witznitz Gaulis	4149/86
Schleenhain	4096	Witznitz Gaulis	4155/85
Profen	156	Witznitz Gaulis	4161/85

Kohlenfeld	Bohrungsnummer	Kohlenfeld	Bohrungsnummer
Profen	54	Witznitz Gaulis	4168/85
Profen	62	Witznitz Gaulis	4187/85
Profen	192	Witznitz Gaulis	4192/85
Profen	210	Groitzscher Dreieck	7395/74
Profen	233	Groitzscher Dreieck	7091/74
Groitzscher Dreieck	7014/74	Groitzscher Dreieck	7049/74

Somit ergibt sich als Basis für das FuE-Vorhaben „Modellierung Fazies/Geochemie“ der in Tabelle 3 und Abbildung 5 dargestellte Bohrungsbestand. Dabei sind neben den in die Bearbeitung des Vorprojektes (DILBAT & HOTH 2006) bereits eingegangenen 50 Bohrungen und zehn Stoßprofilen noch einmal 20 umfassend untersuchte Bohrungen, vier partiell untersuchte Bohrungen und zwei Stoßprofile hinzugekommen.

4 Geologisches Modell und kartographische Darstellung

4.1 Kenntnisstand

Der Kenntnisstand zur Geologie des Tertiärs in Nordwestsachsen und damit auch im FuE-Untersuchungsgebiet ist ausführlich in STANDKE et al. (2010) beschrieben worden, wobei dort Teile der zeitparallel erarbeiteten Erkenntnisse aus dem vorliegenden FuE-Thema schon mit eingeflossen sind. Deshalb sei an dieser Stelle ein geologischer Abriss in gebotener Kürze erlaubt. Auf bisher nicht publizierte Fakten wird gesondert hingewiesen.

Das Untersuchungsgebiet im Süden von Leipzig lag während des Tertiärs am Südrand der Nordwesteuropäischen Tertiärsenke i. S. v. VINKEN (1988) bzw. der Paläonordsee (Abbildung 6). Bis in die jüngere Vergangenheit wurde von einer Binnensenke (sog. Weißelster-Becken) ausgegangen, die erst durch die unteroligozäne (Rupel-)Transgression mit dem Paläonordseebereich verschmolz (Leipziger Bucht i. S. v. EISSMANN & LITT 1994), obwohl bereits durch LOTSCH et al. (1969) marine Einflüsse im Alttertiär nachgewiesen werden konnten.

Nach heutigem Kenntnisstand führten eustatische Meeresspiegelschwankungen, z. T. in Verbindung mit lokalen tektonischen Bewegungen und Klimaschwankungen zu mehrfachen Verlagerungen der Küstenlinie, wobei das Meer bereits seit dem Alttertiär (Bartonium, Merseburg-Schichten der Profen-Formation; vgl. Horizontkarte 2 und Kap. 4.2.1) sukzessive nach Südosten bis in den Altenburger Raum vordrang (STANDKE 2008a; STANDKE et al. 2010). Mit der Rupel-Transgression war die weiteste Meeresbedeckung nach Süden (Südwesten) und Osten erreicht (vgl. Kap. 4.2.9 und 4.2.10). Im Oberoligozän lag das Gebiet wieder im Einflussbereich einer Gezeitenküste mit marinen und fluviatilen Ablagerungen (vgl. Kap. 4.2.10). Im Miozän verschob sich der Sedimentationsschwerpunkt weiter nach Nordosten.

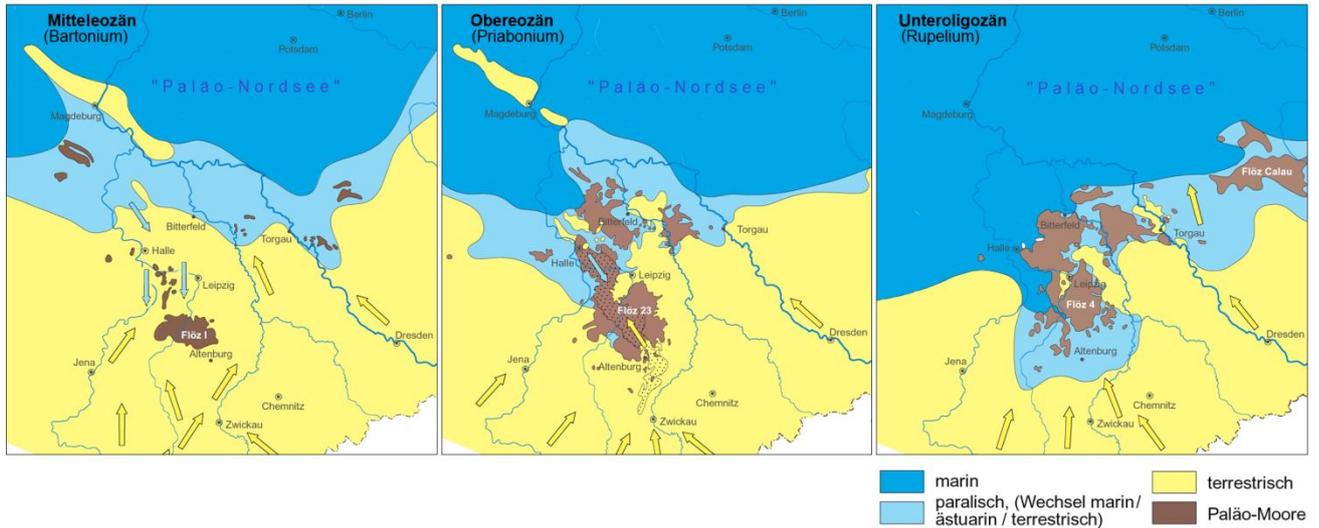


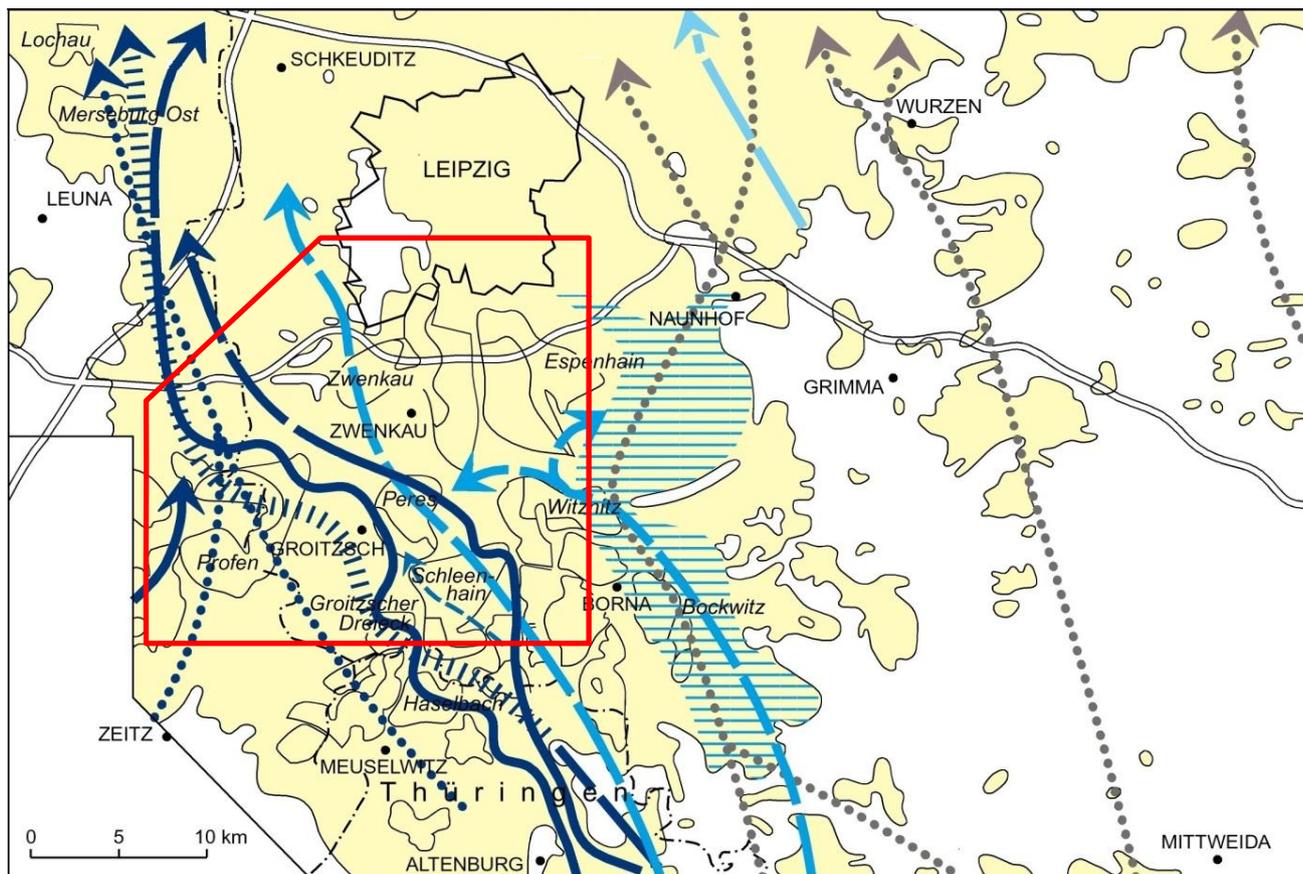
Abbildung 6: Paläogeographische Situation während der Hauptflözbildungszeiten im Mittelleozän (Flöz 1), Obereozän (Flöz 23) und Unteroligozän (Flöz 4) (aus STANDKE et al. 2010)



Abbildung 7: Wesentliche Teile der mit dem FuE-Thema untersuchten eozänen bis oligozänen Schichtenfolge, aufgeschlossen im Tagebau Vereinigtes Schleenhain (Foto: J. Rascher, 10/2011)

Die im Untersuchungsgebiet auftretenden Sande, Schluffe, Tone und Braunkohlen sind flachmarine und gezeitenbeeinflusste Küstenablagerungen sowie Sedimente des fluviatil geprägten südlichen Hinterlandes. Die Küstenniederungen am Rand des Meeres waren während des Eozäns, Unteroligozäns und Miozäns mehrfach weiträumig von Paläomooren bedeckt, aus deren Torfschichten die heutigen (Weich-) Braunkohlenflöze hervorgingen (Abbildung 6 und Abbildung 7). Es treten mehrere bauwürdige Flözbildungen auf (MEYER 1951):

- Flöz I/1 = Sächsisch-Thüringisches Unterflöz] Unterflözkomplex (STANDKE 2008b)
- Flöz II/2 = Bornaer Hauptflöz } Hauptflözkomplex STANDKE (2008b)
- Flöz III/3 = Thüringer Hauptflöz }
- Flöz IV/4 = Böhlener Oberflöz] Oberflözkomplex (STANDKE 2008b)



- Verbreitung tertiärer Sedimente mit Tagebauflächen
- mitteleozäne Flüsse (GWL 6)
- ||||| mitteleozäne bis obereozäne Flüsse/Ästuar (GWL 5, Ältere Flusssande)
- — — — — obereozäne Flüsse/Ästuar (GWL 4, Ältere Flusssande; kartiert von RASCHER et al. 2006)
- — — — — höheres Obereozän (GWL 3, Flusssande/Ästuar: Mittlere Flusssandzone(Ur-Pleiße), Hainer Sande (Ur-Mulde, STANDKE 2008b) kartiert von STANDKE 1997/2001, RASCHER et al. 2006)
- — — — — unteroligozäne Flüsse/Ästuar
- ==== oberoligozänes bis untermiozänes Thierbacher Flusssystem (kartiert von ESCHER et al. 1998-2002)
- — — — — untermiozäne Flüsse/Decktonkomplex (z. T. nach DASSOW 1995)
- oberoligozäne bis miozäne Flüsse nach EISSMANN 2005)

Abbildung 8: Eozäne bis miozäne Flusssysteme in der Leipziger Bucht (nach STANDKE et al. 2010);
(rot: FuE-Untersuchungsgebiet)

Die Mächtigkeiten und Lagerungsverhältnisse der Flöze wurden, besonders im Eozän, durch subrosive Prozesse im Untergrund beeinflusst (Flözkessel und -löcher, EISSMANN 1984). Die moorfazielle und damit auch kohlenqualitative Flözausbildung war einerseits der Lage der Moorbereiche in der Küstenebene und damit dem wechselseitigen Einfluss terrestrischer und/oder mariner Schüttungen, andererseits klimatisch bedingten Destruktions- und Humifikationsprozessen geschuldet (vgl. Kap. 5).

Die Region wurde in allen Abschnitten des Eozäns von Flüssen durchströmt, die nach Norden und Nordwesten hin in gezeitendominierte, trichterförmige Flussmündungen (Ästuar) übergingen. Flüsse und Ästuar haben vor allem im Südraum Leipzigs die als „Flusssandzonen“ bezeichneten, sandig-kiesigen Ablagerungen hinterlassen. In Abhängigkeit vom stratigraphischen Niveau hält EISSMANN (1970) „Ältere und Mittlere“ sowie unteroligozäne „Jüngere Flusssande“ bzw. Flusssandzonen aus. Als „Ältere Flusssande“ werden bei EISSMANN das Mittel zwischen Unter- und Hauptflözkomplex sowie das Mittel innerhalb des Hauptflözkomplexes (23) bezeichnet. Die „Mittleren Flusssande“ (GWL 3) liegen zwischen Hauptflözkomplex bzw. Flöz 3 und Oberflözkomplex (Flöz 4) und die „Jüngeren Flusssande“ im Niveau des Böhlener Oberflözes bzw. dessen Hangendem. LAUER (1984) unterscheidet Flusssande und Flusssandzonen, die vom Mitteleozän bis zum Unteroligozän Südost-Nordwest gerichtete Verläufe zeigen. Inzwischen ist belegt, dass in den sog. Flusssandzonen neben fluviatilen Sedimenten in großem Maße auch flachmarine Ablagerungen enthalten sind (vgl. Kap. 4.3.5 und 4.3.7). Eine synoptische Darstellung der nachgewiesenen und vermuteten Flusssysteme im Untersuchungsgebiet gibt Abbildung 8.

Stratigraphie		Tertiär-Gliederung und Horizontkarten-Einheiten im FuE-Untersuchungsgebiet					Sporomorphenzonen (SPP/SPN) nach KRUTZSCH et al. 1992 KRUTZSCH 2000/2011a	
		Formation Ma	Schichten / Subformation	Lithologie	wichtige Schichten und Grundwasserleiter	FuE -Thema Horizontkarten		
OLIGOZÄN	OBER-	23,8	Cottbus	Glimmersand		Oberholz-Folge Thierbach-Schichten Glimmersande	HK 10	20 G - I/II
	UNTER-	28,5	"Septarienton"		Formsand Muschelsand	HK 9		
	BOHLEN	ESPENHAIN-ZWENKAU	33,7	Gröbers		"Muschelschluff"/Rupelton Grau(brauner)Sand Glaukonit/Bänderschluff Flöz y Brauner Sand	HK 8	20 A-C
EOZÄN	OBER-	36,6	Borna	Bruckdorf		Hauptflözkomplex (Flöz 23) Luckenauer Ton Flöz Schwerzau	HK 6 5 HK 4	18 o 18 u 17/18
	MITTEL-	PROFEN	36,6	Wallendorf		Unterflözkomplex (Flöz 1)	HK 2	17

	Braunkohle		Tone und Schluffe, z.T. mit Pflanzenresten
	vorwiegend marine Sande und Schluffe mit Spurenfossilien		Tone und Schluffe mit Meeresfauna ("Rupelton")
	Sande und Kiese (Fluss- und Ästuarbildungen)		Hauptgrundwasserleiter
	Phosphoritknollenhorizont		vorwiegend marin beeinflusste und ästuarine Ablagerungen/ vorwiegend terrestrische Ablagerungen

Abbildung 9: Tertiär-Gliederung und Horizontkarten-Einheiten im Untersuchungsgebiet (nach STANDKE et al. 2010, verändert und ergänzt)

4.2 Geologische Modellierung

Das geologische Modell für das FuE-Thema „Fazies/Geochemie“ beruht auf den Erkenntnissen aus der Neubearbeitung des Tertiärs Nordwestsachsens (Lithofazieskarten Tertiär 1:50.000 bzw. 1:250.000; ESCHER et al. 1998-2002; RASCHER et al. 2005) sowie aus dem Forschungs- und Entwicklungsthema „Lithofazielle Modellierung tertiärer Fazieseinheiten in Bergbaufolgelandschaften“ (RASCHER et al. 2006) zu den sog. Flusssandzonen und zum moorfaziellen Aufbau des Hauptflözkomplexes. Dieses geologische Raummodell wurde im Untersuchungsgebiet für das vorliegende Thema „Fazies/Geochemie“ durch verdichtende Bohrungen (vgl. Kap. 3.1.1) und weitere biostratigraphische (vgl. Kap. 3.1.2) und moorfazielle Daten (vgl. Kap. 3.2) validiert und in zehn Horizontkarten des Tertiärs zuzüglich einer Quartärbasisdarstellung visualisiert (Anlage 2). Die stratigraphische Zuordnung der Horizontkarten („Zeitscheiben“) zum geologischen Normalprofil im Untersuchungsgebiet ist aus Abbildung 9 ersichtlich.

Die Korrelation der 2.356 Bohrungen erfolgte anhand eines Netzes von SO-NW- bzw. SW-NO-Schnitten mit Schnittspurabständen von 500 bis 1.000 m (Schnittspuren vgl. Anlage 1.1) unter Einbeziehung der lithologischen Abfolge, der bohrlochgeophysikalischen Messkurven (besonders Gamma- und Gamma-Gamma-Log) sowie der vorhandenen biostratigraphischen (palynologischen) Untersuchungen. Der Bohrungsabstand auf

den Schnitten beträgt im Allgemeinen 500-800 m. In geologisch komplizierten Bereichen wie z. B. „Flusssandzonen“ oder Subrosionsstrukturen ist stellenweise auf 100-250 m verdichtet worden.

Die Horizontkarten (Anlagen 2.1-2.13) enthalten die Verbreitung der Einzelschichten und Mächtigkeitsangaben. Die Kartenbearbeitung erfolgte im Maßstab 1:25.000, die Enddarstellung im Maßstab 1:50.000. Zusätzliche geologische Informationen zu Verbreitung und Lagerungsverhältnissen der jeweiligen stratigraphischen Karteneinheiten werden im folgenden Kapitel mit Textabbildungen gegeben.

4.3 Horizontkarteneinheiten

Die tertiäre Schichtenfolge im Untersuchungsgebiet umfasst den Zeitraum von ca. 43 Ma (Mittelleozän, Bartonium) bis etwa 24 Ma (Obereozän, Chattium). Tiefmittelleozäne Ablagerungen (Lutetium) sind nur lokal in Kesselstrukturen im Kohlenfeld Domsen nachgewiesen (vgl. Kap. 4.3.1) und daher nicht als separate Horizontkarteneinheit erfasst worden.

Die lithostratigraphische Schichtgliederung (Abbildung 9) basiert auf STANDKE in RASCHER et al. (2005), STANDKE (2008) und STANDKE et al. (2010). Die sporenstratigraphischen Einstufungen (Sporomorphenzonen Paläogen und Neogen: SPP und SPN) beruhen auf der Methodik nach KRUTZSCH et al. (1992) und KRUTZSCH (2000, 2008, 2011a). Hinsichtlich der lithologischen Schichtausbildung und den Lagerungsverhältnissen sei auf die Ausführungen in STANDKE et al. (2010) verwiesen, in die Teilergebnisse des FuE-Themas integriert wurden. Aus diesem Grunde kann die nachfolgende Darstellung der kartierten Horizonte relativ kurz gefasst werden.

4.3.1 Horizontkarte 1: Profen-Formation, Merseburg-Schichten (Tertiäre Liegendsedimente des Unterflözkomplexes), Mittelleozän

Kartenblatt: Anlage 2.1

Stratigraphische Reichweite

- Merseburg-Schichten der Profen-Formation: OK Prätertiär bis UK Unterflözkomplex (Grundwasserleiter 6 einschließlich bindige und kohlige Schichten, SPP 16, Mittelleozän (Bartonium))
- beinhalten auch die nur lokal in Subrosionsstrukturen (Kessel des Unterflözkomplexes) im Kohlefeld Domsen nachgewiesenen Sedimente der Geiseltal-Folge (SPP 15, Mittelleozän, Lutetium; vgl. BLUMENSTENGEL in STANDKE et al. 2010: 23)
- Das sogenannte Einsturzgebirge (infolge Zusammenbruch von subrosiv bedingten Hohlräumen entstandenes „Gemenge“ aus tertiären Sedimenten unterschiedlichen Alters und prätertiären Gesteinen) wurde wie in ESCHER et al. (1998-2002) stratigraphisch dem Prätertiär zugeordnet.

Verbreitung und Mächtigkeit

- im südwestlichen Untersuchungsgebiet (Kohlenfelder Profen/Domsen/Schwerzau über Peres/Groitzscher Dreieck/Schleenhain bis Regis/Borna/Witznitz) verbreitet
- durchschnittliche Mächtigkeit 30 bis 40 m, im östlichen und nördlichen Randbereich 10 bis 30 m
- maximale, subrosiv bedingte Mächtigkeiten in einer SW-NO-streichenden Zone (Groitzscher Dreieck/Schleenhain) mit bis zu 70 m mächtigen Sedimenten und im Raum Profen mit lokalen Mächtigkeiten bis zu 120 m

Kartierte Einzelschichten

Grundwasserleiter 6

Der Grundwasserleiter 6 weist im Kornspektrum mehrere Grob-Fein-Sequenzen auf, die durch tonig-schluffige Horizonte getrennt sind (Aufspaltung des Grundwasserleiters in GWL 6.1 bis 6.3). Die Korrelation der bindigen Schichten und damit die stratigraphisch reale vertikale Untergliederung der rolligen Einheiten des GWL-Komplexes sind über größere Flächen kaum möglich.

Im oberen GWL 6.1 weist eine erhöhte natürliche Radioaktivität auf Schwermineralseifen hin. Das steht im Widerspruch zur bisherigen Annahme einer rein fluviatilen Genese des Grundwasserleiters. Es passt aber zu neueren Funden von Wattsedimenten (mdl. Mitteilung RASCHER 2006; FRIEDRICH & SCHELLENBERGER 2009; STANDKE et al. 2010), die unmittelbar unter dem Unterflözkomplex, vermutlich als Erosionsreste einer ursprünglich größeren Verbreitung, in den Tagebaufeldern Profen-Süd und Schwerzau gefunden wurden und einen ersten Meereseinbruch im höheren Mitteleozän belegen (vgl. STANDKE et al. 2010, Kap. 4.2.3).

Man kann davon ausgehen, dass die älteren Sedimentationszyklen des GWL 6 vordergründig in Subrosionsstrukturen erhalten geblieben sind, während die jüngeren flächendeckender im Untersuchungsgebiet auftreten.

AHRENS et al. (1974) nehmen nach Schwermineraluntersuchungen Schüttungen aus Süden (heutiges Erzgebirge/Nordböhmen) und aus Südwesten während der GWL 6-Ablagerung an. Der sog. Zwickauer Fluss (LAUER 1984; Ur-Pleiße STANDKE 2008b) erreichte bei Altenburg die Leipziger Bucht und floss im Bereich der sogenannten Werbener-Domsener-Pforte nach Nordwesten ab. Ein später existenter, auf Grund von Pflanzenfossilien aus dem Raum Zwickau (FISCHER 1950) in das Obereozän gestellter Flusslauf war sehr wahrscheinlich bereits im Mitteleozän vorhanden (Sandphase S1 bei DOLL 1982) und spiegelt sich in der Mächtigkeitsverteilung des Grundwasserleiters 6 wider (Anl. 2.1).

Flöz x

Innerhalb des Grundwasserleiters 6 sind in mehreren stratigraphischen Niveaus tonig-schluffige Ablagerungen ausgebildet, die teilweise geringmächtige Braunkohlenflöze enthalten. Obwohl sie in stratigraphisch unterschiedlichen Niveaus auftreten, wurden sie einheitlich als Flöz X (MEYER (1951) bezeichnet.

Diese stratigraphisch differenzierten Flözbildungen treten besonders in den Kohlenfeldern Profen, Werben, Groitzscher Dreieck, Peres und Borna auf. Ihre sporenstratigraphische Zuordnung in die Sporomorphenzone 16 (KRUTZSCH 2008, 2011a) konnte bei zahlreichen neueren Untersuchungen aus tieferen Subrosionsstrukturen durch H. Blumenstengel (Jena) in den Kohlenfeldern Lützen, Profen und Peres (ESCHER et al. 2009; Rascher et al. 2009a) nie eindeutig bestätigt werden: I. d. R. erfolgte eine biostratigraphische Einstufung in die Zone SPP 17, die für die jüngeren Wallendorf-Schichten i. S. v. STANDKE (2008a) typisch ist; nur in Einzelfällen erfolgte eine als unsicher bezeichnete Einstufung in die SPP 16.

BLUMENSTENGEL bestimmte 1998 bei der Nachbearbeitung der Bohrung 126/1982 aus einer Subrosionsstruktur im Kohlenfeld Domsen auch die SPP 15 (BLUMENSTENGEL in STANDKE et al. 2010: 23), wobei diese Kohlen dann dem Flöz Merseburg oder der Oberkohle des Geiseltales entsprechen würden. Diese Bohrung bleibt nach bisherigem Kenntnisstand für das Untersuchungsgebiet der einzige Hinweis auf tieferes Mitteleozän.

4.3.2 Horizontkarte 2: Profen-Formation, Wallendorf-Schichten (Unterflözkomplex), Mitteleozän

Kartenblatt: Anlage 2.2

Stratigraphische Reichweite

- Wallendorf-Schichten der Profen-Formation: Unterflözkomplex (Flöz 1, Flöz I, Sächsisch-Thüringisches Unterflöz, MEYER 1951) einschließlich der Zwischenmittel, Mitteleozän (Bartonium)
- SPP 17 nach KRUTZSCH et al. (1992) und KRUTZSCH (2011a); neuere Untersuchungen im Rahmen der Braunkohlenexploration (ESCHER et al. 2009; RASCHER et al. 2009a) erbrachten allerdings ein differentes Ergebnis: SPP 17 im Flöz 1u-Komplex, SPP 17 und SPP 17/18 im Flöz 1o-Komplex

Verbreitung (Abbildung 12) und Mächtigkeit

- im südwestlichen Untersuchungsgebiet (Kohlenfelder Profen/Domsen/Schwerzau über Peres/Groitzscher Dreieck/Schleenhain bis Regis/Borna/Witznitz) verbreitet
- Mächtigkeit um 5 m in sogenannter Normallagerung außerhalb von Subrosionsbereichen (dort vorwiegend nur Flöz 1u-Komplex verbreitet)
- in lokalen Subrosionsstrukturen treten meist die Flözkomplexe 1u und 1o mit Mächtigkeiten bis max. 55 m (Kohlenfeld Profen) bzw. 10-30 m (Kohlenfelder Schwerzau, Groitzscher Dreieck/Schleenhain/Peres) auf

Kartierte Einzelschichten

Unterflözkomplex

Der Unterflözkomplex wird durch meist tonig ausgebildete Zwischenmittel in mehrere Einzelflöze aufgespalten (Abbildung 10). Ein kompakter, zwischenmittelfreier Flözkörper ist weitgehend nur in den Subrosionsstrukturen bei Pegau und Profen sowie Schleenhain nachweisbar (Anlage 2.2).

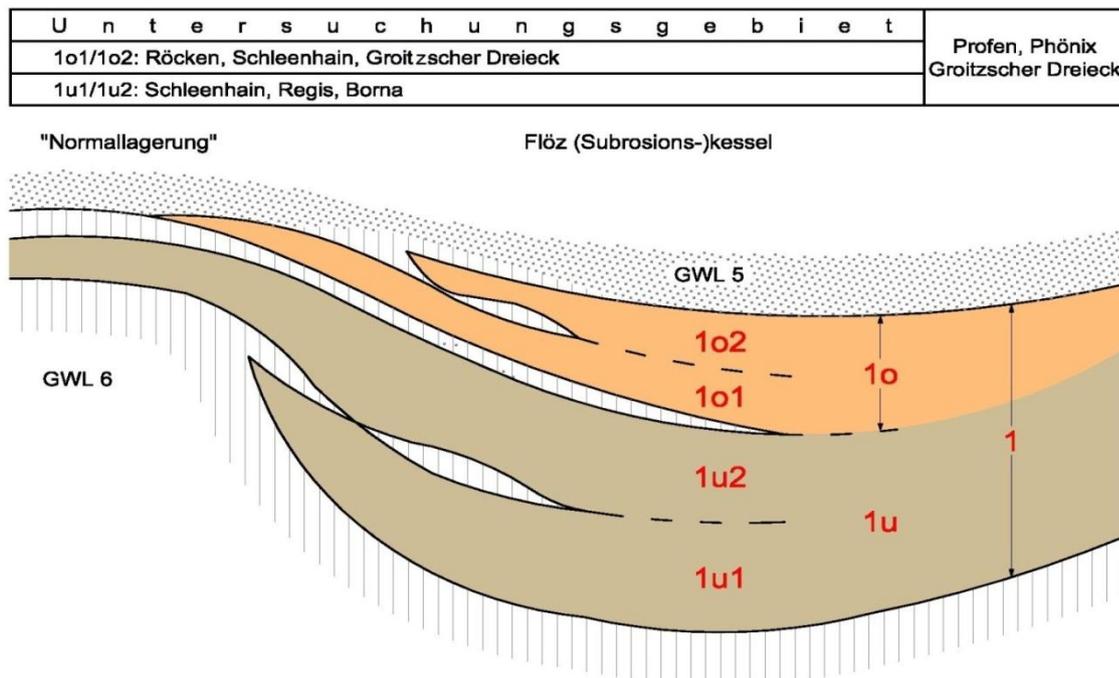


Abbildung 10: Entwickeltes Modell für die Kartierung des Unterflözkomplexes

Der Unterflözkomplex wird durch ein toniges Zwischenmittel in eine Unter-(Flöz 1u) und eine Oberbank (Flöz 1o) getrennt, die im Raum Schleenhain noch weiter untergliedert werden können (Abbildung 10).

Der sog. Hauptmittelton zwischen den Flözen 1u und 1o, verbreitet von Haselbach im Osten bis in den Raum Profen im Westen, wird bohrlochgeophysikalisch durch einen typischen Gamma-Peak charakterisiert. Damit lässt sich zeigen, dass dieser Zwischenmittelton bei Fehlen von Flöz 1o zum Hangendton des Flözkomplexes (1u) wird. Daraus ergibt sich, dass der Flöz 1o-Komplex nur in Subrosionsstrukturen vor der Erosion durch den überlagernden Grundwasserleiter 5 geschützt war und erhalten wurde. Das lässt sich auch lithostratigraphisch anhand von Tagebauprofilen im Kohlenfeld Profen nachweisen (FISCHER et al. 2005; STANDKE & RASCHER 2011; Abbildung 11).

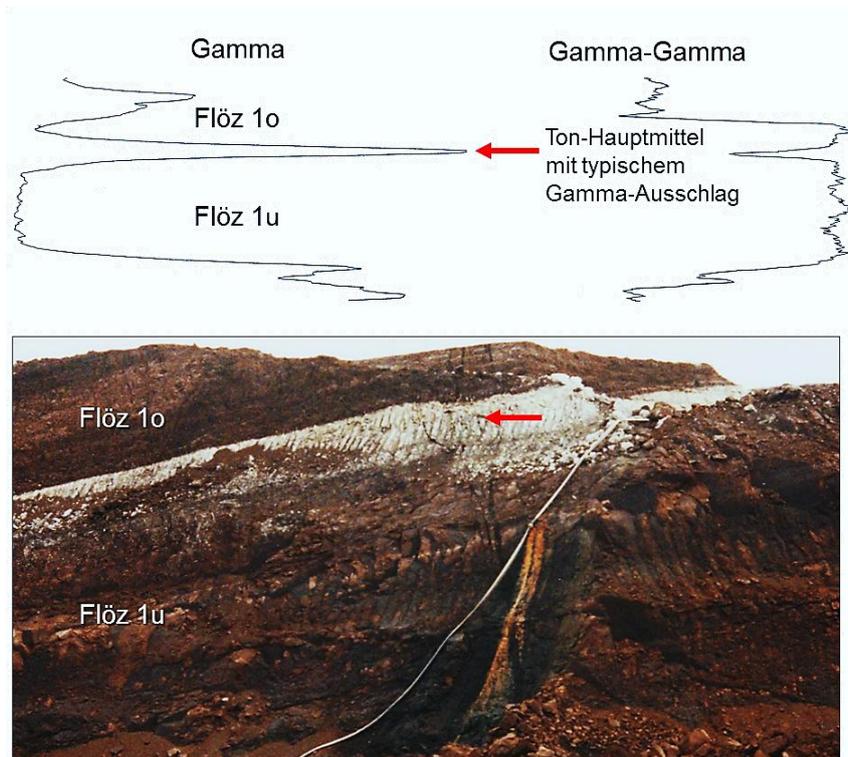
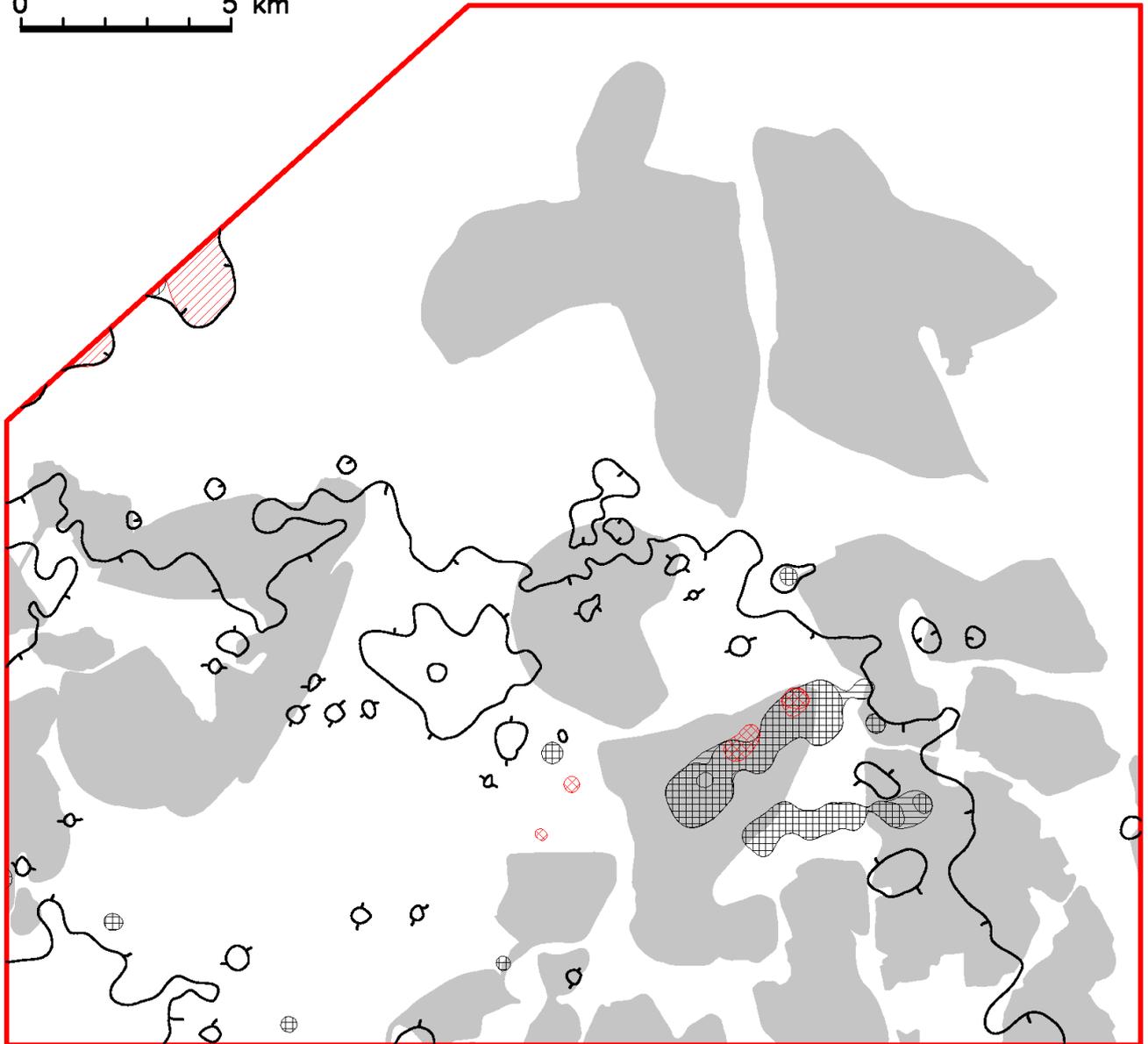


Abbildung 11: Bohrlochgeophysikalische und lithologische Ausbildung des sog. Ton-Hauptmittels im Unterflözkomplex (Beispiel nach FISCHER et al. 2005: Flöz 1-Kesselstruktur mit Hauptmittel im Tagebau Profen-Süd [unten] und Bohrlochmesskurve [Gamma- und Gamma-Gamma-Log] aus dem Kohlenfeld Schwerzau [oben])

Über das gesamte Flöz 1-Verbreitungsgebiet gesehen ist die Niveaubeständigkeit der Tonmittel allerdings nicht immer sicher belegbar. Die Flöze 1u und 1o in einzelnen Kohlenfeldern müssen deshalb nicht zeitgleich sein. Diese Vermutung ist mit den durchgeführten moorfaziellen Untersuchungen an zwei Unterflözprofilen aus den Kohlenfeldern Profen und Peres (Abbildung 41) belegbar: In beiden Profilen sind vier Moorfazies-Zyklen nachweisbar, aus denen ersichtlich wird, dass das kompakte Flöz 1u in der untersuchten Peres-Bohrung vermutlich Äquivalente der aufgespaltenen Flöze 1u und 1o in Profen beinhaltet.

Weil hinsichtlich des feinstratigraphisch-faziellen Aufbaues des Unterflözkomplexes flächen- und profilüberdeckend bisher zu wenige mikrofazielle Daten vorliegen und auch sporenstratigraphische Analysen keine sicheren Untergliederungsmöglichkeiten lieferten (BLUMENSTENGEL in ESCHER et al. 2009), musste für die Kartierung des Flözkomplexes auf das vereinfachte Modell nach Abbildung 10 zurückgegriffen werden.

0 5 km



-  Braunkohlentagebau
-  Horizontverbreitung (Verbreitung Flöz 1-Komplex)
-  Verbreitung Flöz 1u1
-  Verbreitung Flöz 1u2
-  Verbreitung Flöz 1o1
-  Verbreitung Flöz 1o2

Abbildung 12: Lage der Bereiche mit weiteren Aufspaltungen der Flöze 1u (1u1/1u2) und 1o (1o1/1o2)

4.3.3 Horizontkarte 3: Borna-Formation, Zeitz-Schichten (Sedimente zwischen Unterflöz- und Hauptflözkomplex), Mitteleozän

Kartenblatt: Anlage 2.3

Stratigraphische Reichweite

- Zeitz-Schichten der Borna-Formation: Sedimente zwischen Unterflöz- und Hauptflözkomplex, Grundwasserleiter 5 (Ältere Zeitzer Flusssande EISSMANN 1970) und Liegendton des Hauptflözkomplexes (Luckenauer Ton), SPP 17/18, Mitteleozän (Bartonium).
- Hinter den von KRUTZSCH (2011a) mit SPP 17/18 im Raum Zeitz erwähnten, angeblich bisher unbekanntem Sedimenten („Zwischenflöze“) verbergen sich die lithologisch bekannte Abfolge von Flöz Schwerzau im Luckenauer Ton, kohlige Straten im Grundwasserleiter 5 und teilweise der Flöz 1o-Komplex (RASCHER et al. 2009a).

Verbreitung und Mächtigkeit

- bis auf kleinere Areale im südwestlichen und nordwestlichen (Plagwitzer Grauwackenrücken) Untersuchungsgebiet flächendeckend mit Mächtigkeiten bis 10 m ausgebildet
- maximale Mächtigkeiten von über 40 m in den Kohlenfeldern Profen und Werben in Subrosionsstrukturen
- erhöhte Mächtigkeiten bis 20 m in einer SO-NW-streichenden Zone im Südwesten (Phönix, Profen/Schwerzau/Domsen) und in einem SSW-NNO verlaufenden Bereich in den Feldern Böhlen, Espenhain und Zwenkau und ein Areal in den Kohlenfeldern Witznitz/Borna

Kartierte Einzelschichten

Grundwasserleiter 5

Der Grundwasserleiterkomplex besteht aus sandig-kiesigen Abfolgen, in denen lokal Tonlinsen (Altwasserarme einer Überschwemmungsebene) eingeschoben sind, die auch zu einer hydrogeologischen Untergliederung (GWL 5.1/5.2) führen können. Der GWL 5 wird im unteren Teil aus fluviatil-ästuarinen, im oberen Teil aus marinen (Mischwatt, oberer und unterer Vorstand) Sedimenten gebildet, über denen wiederum regressiv bedingte sandig-kiesige Ablagerungen folgen (STANDKE 2008b, STANDKE et al. 2010).

Die Entwässerung des erzgebirgisch-nordböhmischen Raumes wird ab dem Obereozän durch das Vorhandensein mächtiger Sandfolgen (sog. Flusssandzonen nach EISSMANN 1970, 1994) besonders deutlich. Die Zonen waren jedoch nicht nur Bahnen der von Süden anströmenden Flüsse, sondern wurden auch - zeitlich versetzt - als Einfallsbereiche der Urordsee während transgressiver Entwicklungsphasen genutzt. Sie sind als ästuarin-marine Bereiche kartiert und beschrieben worden (vgl. STANDKE 2002, 2008a, b; FRIEDEL & BALASKE 2005; RASCHER et al. 2006; JUNGE et al. 2001, 2002, 2005; STANDKE et al. 2010).

Luckenauer Ton

Der meist mehrere Meter, z. T. bis 15 m mächtige Luckenauer Ton - Liegendton des Hauptflözkomplexes - wird als lagunäre Ablagerung im Bereich des Supradital bzw. als Rückstaubildung im Ästuar angesehen (STANDKE & SUHR 1998; STANDKE 2002).

Flöz Schwerzau

Innerhalb des Luckenauer Tones treten mehrere pflanzenführende Horizonte (Florenkomplex Zeitz, MAI & WALTER 1985, 2000) auf, die besonders im Kohlenfeld Schwerzau in ein max. 1-2 m mächtiges Braunkohlenflöz übergehen können. Sporenstratigraphisch wurden durch BLUMENSTENGEL bisher die Zonen SPP 17/18

und SPP 18 bestimmt Die Kohle ist teilweise durch stärkere Gewebeführung geschichtet und angereichert. Sie entstand wahrscheinlich im Bereich von Altwasserarmen bzw. aus Waldmooren der palustrischen Lagunen-umrahmung in der Überschwemmungsebene (RASCHER et al. 2009a).

4.3.4 Horizontkarte 4: Borna-Formation, Bruckdorf-Schichten (unterer Teil, Flözkomplex 23u), Obereozän

Kartenblätter: Anlage 2.4 (Mächtigkeit Flöz 23 und Flöze 23u, 23u1, 23u2)

Anlage 2.5 (Verbreitung Flöz 23 und Flöz 23u, 23u 1, 23u2)

Stratigraphische Reichweite

■ Bruckdorf-Schichten (Hauptflözkomplex) unterer Teil (Flözkomplex 23u) der Borna-Formation: SPP 18/18u, Mitteleozän (Bartonium)

Verbreitung und Mächtigkeit

- weitgehend im gesamten Untersuchungsgebiet verbreitet
- Im SO-NW verlaufenden Abspaltungsbereich erreicht der Flöz 23u-Komplex einschließlich aller Einzelflöze Mächtigkeiten von < 3 m bis max. 12 m.
- Der nordöstliche und südöstliche Bereich mit kompaktem Flöz weist durchschnittliche Mächtigkeiten von 10 bis 20 m auf; im Nordosten (Espenhain) geht die Mächtigkeit des kompakten Flözes bis auf unter 5 m zurück; der Flözkörper besteht nur noch aus den Äquivalenten der abgespaltenen Flöze 23u21 und 23u22 (vgl. Abbildung 43).

Kartierte Einzelschichten

Flözkomplex 23u mit Zwischenmittelsanden

Der Hauptflözkörper spaltet sich in einer von Südosten nach Nordwesten streichenden Zone in mehrere Einzelflöze auf. Die in diesem Bereich auskartierbaren abgespaltenen Flöze und die dazwischen liegenden Mittelsande sind in Abbildung 13 schematisch angegeben. Im nordöstlichen Bereich dieser Zone wird der Flözkomplex 1u durch eingeschaltete Tone und hauptsächlich Sande lokal in die Flöze 23u1 und 23u2 aufgespalten.

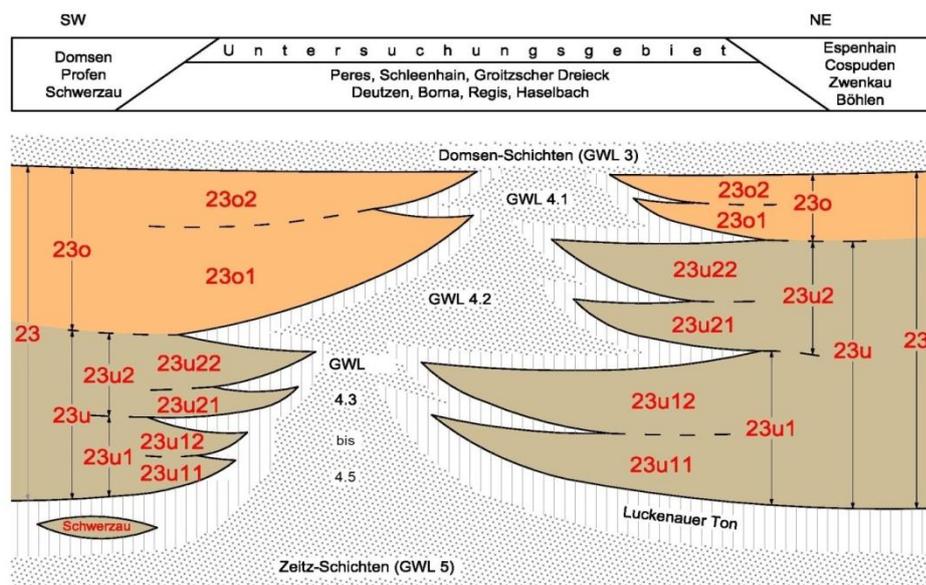


Abbildung 13: Entwickeltes Modell für die Kartierung des Hauptflözkomplexes

Die Aufspaltungszone (vgl. Abbildung 14) wird als ästuarin beeinflusster Bereich interpretiert (RASCHER et al. 2006, 2008; STANDKE et al. 2010). Auf die Problematik der syngenetisch zum Bestand eines Kohlenmoores existierenden Flusssysteme wird kurz in den Kap. 4.3.5 und 7 eingegangen.

Die Äquivalente der abgespaltenen Flöze im kompakten Flözkörper lassen sich anhand der Moorfazies rekonstruieren (Kap. 5.4). In Nähe der Abspaltungsbereiche sind die Zwischenmittelniveaus auch im scheinbar zwischenmittelfreien Flözkörper über aschereiche Kohlenstraten verfolgbar, die auch in den Bohrlochmesskurven nachweisbar sind. Weiter entfernt vom Aufspaltungsbereich wird ihre Identifikation zunehmend unschärfer. Die zwischen den abgespaltenen Flözen des 23u-Komplexes eingeschobenen Mittelsande (GWL 4.4 - 4.5) sind vorwiegend im ästuarinen Milieu entstanden und weisen gebietsweise wechselnd fluviatile und marine Anteile auf (Abbildung 74).

4.3.5 Horizontkarte 5: Borna-Formation, Bruckdorf-Schichten (mittlerer Teil, Sedimente zwischen den Flözen 23u und 23o), Obereozän

Kartenblatt: Anlage 2.6

Stratigraphische Reichweite

- Bruckdorf-Schichten (mittlerer Teil) der Borna-Formation, SPP 18, Obereozän (Priabonium)
- bindige und rollige Sedimente zwischen den Flözen 23u und 23o (Grundwasserleiter 4.2)

Verbreitung und Mächtigkeit

- in einer SO-NW-streichenden Zone (Kohlenfelder Neukirchen, Borna, Haselbach, Phönix, Grotzcher Dreieck, Schleenhain, Deutzen, Witznitz, Peres, Profen-N, Werben) mit Mächtigkeiten von 2 bis 14 m verbreitet
- maximale, vermutlich subrosionsbedingte Mächtigkeiten bis zu 30 m im Kohlenfeld Werben

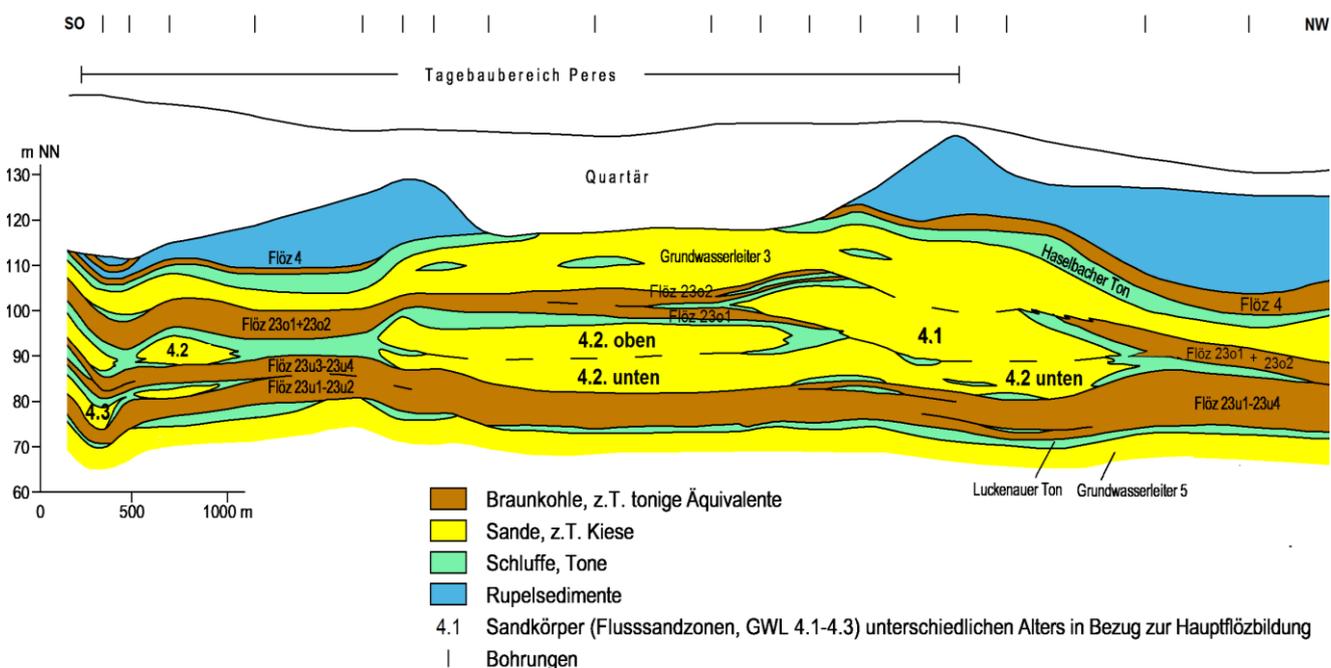


Abbildung 14: Aufspaltung des Hauptflözkomplexes im Braunkohlenfeld Peres und feinstratigraphische Position der Zwischenmittel (aus RASCHER et al. 2006, verändert)

Kartierte Einzelschichten

Grundwasserleiter 4.2 und bindige Äquivalente

Die Sande zwischen den Flözkomplexen 23u und 23o - von EISSMANN (1968, 1970) sowie EISSMANN & LITT (1994) - noch als Mittlere Flusssande bezeichnet, sind vorwiegend ästuarine Ablagerungen. Fluviale Sedimente treten meist nur im unteren Teil der Abfolge auf, während die mächtigere obere Schichtenfolge i. d. R. marin-brackischer Herkunft ist (STANDKE 1997, 2001, 2002, 2008b; JUNGE et al. 2001, 2002, 2005, JUNGE & BÖTTGER 2005; RASCHER et al. 2006; ERTEL 2006; STANDKE et al. 2010).

Während der Hauptflözbildung verlagerten sich die Sandzonen des syngenetisch zu den "Hauptflöz-Paläomoores" existierenden Ästuarbereichs sukzessiv nach Nordosten (Abbildung 14), wobei besonders dort Verzahnungen mit schluffig-tonigen Bildungen zu verzeichnen sind (Anlage 2.6).

Die Existenz eines derartigen ästuarinen Systems zeitparallel zur Flözbildung wird von KRUTZSCH (2011a, b) aus sequenzstratigraphischen Erwägungen heraus abgelehnt, weil sich angeblich Flözbildung („nur in transgressiver Phase möglich“) und Einschneiden von fluvialen Abflussbahnen (typisch für regressive Phase) ausschließen. Die Aussage basiert jedoch auf falschen paläogeographischen Vorstellungen:

1. Das Moor wird transgressiv mehrfach vom Meer überflutet. Es entstehen die marin geprägten Zwischenmittel, die nach NW und N immer mächtiger werden und nicht den zeitlich versetzten Flusssystemen im Süden der Leipziger Bucht entsprechen. Sie sind nicht während der Flözbildung, sondern zeitlich versetzt dazu entstanden.
2. In Unkenntnis der Vermoorungszyklen wird o. g. Postulat aufrechterhalten.
3. In allen Bereichen, in denen rezente und fossile Moorbildungen vorkommen, werden diese anhand der konkreten paläogeographischen Situation in einen regressiven Zyklus gestellt (z. B. STANDKE et al. 1993; STREIF 1998, STANDKE 2002, 2006; RASMUSSEN et al. 2010). Auch das miozäne Flöz Morken im Tagebau Frimmersdorf (Niederrheinisches Kohlenrevier) „wächst“ über Strandsanden (mdl. Mitteilung SCHÄFER, A.) und ist damit als Kohlenbildung im Low stand Cycle aufzufassen.

4.3.6 Horizontkarte 6: Borna-Formation, Bruckdorf-Schichten (oberer Teil, Flözkomplex 23o), Ober-eozän

Kartenblätter: Anlage 2.7 (Mächtigkeit Flöz 23 und Flöze 23o, 23o1, 23o2)

Anlage 2.8 (Verbreitung Flöz 23 und Flöz 23o, 23o 1, 23o2)

Stratigraphische Reichweite

- Bruckdorf-Schichten (Hauptflözkomplex) oberer Teil (Flözkomplex 23o) der Borna-Formation: SPP 18/18o, Mitteleozän (Bartonium)

Verbreitung und Mächtigkeit

- weitgehend im gesamten Untersuchungsgebiet verbreitet
- Im SO-NW verlaufenden Abspaltungsbereich besitzt der Flöz 23o-Komplex einschließlich aller Einzelflöze Mächtigkeiten von 3 bis etwa 12 m.
- Der nordöstliche und südöstliche Bereich mit kompaktem Flöz weist durchschnittliche Mächtigkeiten von 10 bis 20 m auf; im Nordosten geht die Mächtigkeit des kompakten Flözes weniger als 5 m zurück; der Flözkörper besteht nur noch aus den Äquivalenten der abgespaltenen Flöze 23u21 und 23u22 (vgl. Abbildung 43).

Kartierte Einzelschichten

Flözkomplex 23o und Zwischenmittelsand

Der Hauptflözkörper spaltet sich in einer von Südosten nach Nordwesten streichenden Zone in die Flöze 23o1 und 23o2 (Anlage 2.8) und in mehrere Einzelflöze auf. Die in diesem Bereich auskartierbaren abgespaltenen Flöze und die dazwischen liegenden Mittelsande sind in Abbildung 13 schematisch angegeben.

Die Aufspaltungszone (vgl. Abbildung 14) wird als ästuarine Zone interpretiert (RASCHE et al. 2006, 2008; STANDKE et al. 2010). Auf die Problematik der syngenetisch zum Bestand eines Kohlenmoores existierenden „Flusssysteme“ wird kurz in den Kap. 4.3.5 und 7 eingegangen. Der zwischen den abgespaltenen Flözen 23o1 und 23o2 eingeschobene Mittelsand (GWL 4.1) ist vorwiegend ästuarin geprägt mit wechselnden fluviatilen und marinen Anteilen (Abbildung 74).

4.3.7 Horizontkarte 7: Borna- und Böhlen-Formation, Domsen- und Gröbers-Schichten (Sedimente zwischen Hauptflöz- und Oberflözkomplex), Obereozän bis Unteroligozän

Kartenblatt: Anlage 2.9

Stratigraphische Reichweite

- Sedimente zwischen Hauptflöz- und Oberflözkomplex
- Domsen-Schichten (Grundwasserleiter 3 und bindige Einlagerungen, Borna-Formation) und Liegendton des Oberflözkomplexes (Haselbacher Ton, Gröbers-Schichten, Böhlen-Formation)
- SPP 19 (Obereozän) und SPP 20A/B (Unteroligozän)
- Die stratigraphische Grenze zwischen Obereozän und Unteroligozän liegt im obersten Teil der Domsen-Schichten und ist lithologisch ohne biostratigraphische Daten nicht feststellbar. STANDKE et al. (2010) legen die Grenze an das auffällige flächenhafte Auftreten von Tertiärquarziten in diesem Grenzbereich.

Verbreitung und Mächtigkeit

- flächendeckend im Untersuchungsgebiet mit Mächtigkeiten um 5-10 m verbreitet
- Der Horizont fehlt infolge quartärer Erosion in der südlichen Elsteraue, in den Kohlenfeldern Borna und Neukirchen sowie primär im nordwestlichen Untersuchungsgebiet (Plagwitzer Grauwackenrücken).
- Maximale Mächtigkeiten mit teilweise über 30 m in den Kohlenfeldern Schwerzau, Profen und Werben (marine Domsener Sande) und im Gebiet von Phönix, Haselbach, Regis, Schleenhain und Peres („Mittlere Flusssandzone“: EISSMANN 1970; EISSMANN & LITT 1994).

Kartierte Einzelschichten

Grundwasserleiter 3

Der Grundwasserleiter 3 umfasst im Untersuchungsgebiet im Wesentlichen drei genetische Einheiten, die als mehr oder weniger zeitgleichen Ablagerungen angesehen werden können:

- Im westlichen Bereich (Kohlenfelder Werben, Profen, Domsen, Schwerzau) treten die Domsener Sande auf. Noch von JUNGE & EISSMANN (2007) als ein Sandkomplex beschrieben, der sich faziell von marin-brackischen Verhältnissen (schluffiger Liegendanteil) zu fluviatilen Ablagerungsbedingungen (oberer Teil des Sandkomplexes) entwickelt, muss nach neueren sedimentologischen Aufnahmen in den Tagebauen Schwerzau, Profen-Süd und im Restloch Domsen (STANDKE in STANDKE et al. 2010) von einer durchweg marinen Genese des Sandkomplexes ausgegangen werden. Allerdings sind sehr stark differenzierte Ablagerungsbedingungen zu verzeichnen, die vom Subdital (Vorstrand) bis zum Interdital (Wattsedimente

und schwermineralführende Strandsande) reichen. Der oberste, nur selten erhaltene Teil des Domsen-Komplexes wird als Ablagerung einer separaten Transgression angesehen, die wesentlich weiter nach Süden übergriff als die älteren Schichtteile (STANDKE et al. 2010) und vermutlich bereits basalen Teilen des Oligozäns entspricht. Nach Westen verzahnen sich die Domsener Sande mit bindigen Ablagerungen (MÜHLMANN 1982; ELLENBERGER & DOLL 1983).

- Im Bereich der Kohlenfelder Peres, Schleenhain bis Regis ist der Sandkomplex nachweisbar, den SAUER (1984) als Schleenhainer Flusssandzone und DOLL (1982) als Zwickau-Altenburger Fluss bezeichneten (vgl. Abbildung 8). Bei EISSMANN (1968, 1970) bzw. EISSMANN & LITT (1994) sind das die Mittleren Flusssande. Im Gegensatz dazu konnten STANDKE (1998) und RASCHER & KÄSTNER in HAUSDORF et al. (2000) im oberen Teil dieser Abfolge intertidale Ablagerungen nachweisen. Damit handelt es sich um einen Sandkomplex, in dem sich fluviatil-ästuarine und marine Verhältnisse ablösen (vgl. STANDKE et al. 2010, Kap. 4.4.3).
- Im östlichen Untersuchungsgebiet (Kohlenfeld Witznitz) treten die Hainer Sande auf. Der vorwiegend als Fein- bis Mittelsand ausgebildete Komplex besteht aus zwei genetisch deutlich unterscheidbaren Einheiten: Der liegende Teil setzt sich aus fluviatil-ästuarinen Ablagerungen (Ur-Mulde) zusammen, der hangende Bereich aus marinen und strandnahen Ablagerungen (STANDKE 1997, 2001, 2008b; JUNGE et al. 2001). Nach Nordwesten ist eine Sandzone verfolgbar (vgl. Abbildung 8), die LAUER (1984) als Eythraer Flusssandzone benannte, die jedoch ebenfalls größtenteils marinen Charakter aufweist. Außerdem sind bestimmte Abschnitte sowohl der Schleenhainer als auch der Hainer Sande von Witznitz und Bockwitz mit Anteilen der Domsener Sande korrelierbar, sodass von einer flächenhaften Verbreitung dieser Abfolgen ausgegangen werden muss (STANDKE 1997).

Hinsichtlich der bergbaulichen hydrogeologischen Grundwasserleitergliederung muss angemerkt werden, dass unabhängig von diesen genetischen Aspekten beim Auftreten von bindigen Zwischenschichten die Sandfolge in die Grundwasserleiter GWL 3.1 und 3.2 untergliedert wird.

Flöz Zöschen

In Kohlenfeld Espenhain tritt lokal im unteren Bereich des Grundwasserleiters 3 ein geringmächtiges Flöz auf. Palynologische Untersuchungen an Proben aus dem Tagebau Espenhain durch BLUMENSTENGEL erbrachten eine Einstufung in die Sporomorphenzonen SPP 19 und damit als das paralische Flöz Zöschen (HÜBNER 1979; BLUMENSTENGEL et al. 1996, 1999).

Haselbacher Ton

Der durchschnittlich mehrere Meter mächtige Haselbacher Ton, d. h. der Liegendton des Oberflözkomplexes, wird als lagunäre bis limnische Bildung einer Überflutungsebene (STANDKE et al. 2010) angesehen.

Der Ton weist eine große fazielle Spannweite von limnisch-terrestrisch bis brackisch auf (Kap. 6.2). Das ist wohl am ehesten damit zu erklären, dass sich unter dem Begriff Haselbacher Ton - vereinfacht wurden alle Tone unter dem Flöz 4-Komplex bzw. zwischen Ober- und Unterflözkomplex als Haselbacher Ton bezeichnet - sowohl stratigraphisch als auch genetisch unterschichtliche Tonschichten verbergen: Hangendton des Oberflözkomplexes, Tone im GWL 3, Liegendton Oberflözkomplex = Haselbacher Ton s. str.).

Der Haselbacher Ton enthält Blätterfloren mit arktotertiären Elementen (Florenkomplex Haselbach; MAI & WALTER 1973; KUNZMANN 1998; KVAČEK & WALTHER 2001), die eine Abkühlungsphase im Unteroligozän gegenüber dem Eozän andeuten.

4.3.8 Horizontkarte 8: Böhlen-Formation, Gröbers-Schichten (Oberflözkomplex), Unteroligozän

Kartenblatt: Anlage 2.10

Stratigraphische Reichweite

- Gröbers-Schichten der Böhlen-Formation, SPP 20A-C, Unteroligozän (Rupelium)
- Oberflözkomplex kompakt bzw. aufgespalten mit Zwischenmitteln

Verbreitung und Mächtigkeit

- Der Horizont fehlt infolge quartärer Erosion im Bereich der südlichen Elsteraue und der Kohlenfelder Borna, Regis, Neukirchen und Haselbach sowie primär im Gebiet des Plagwitzer Grauwackenrückens im nordwestlichen Untersuchungsgebiet.
- Die Mächtigkeit des kompakten, zwischenmittelfreien Oberflözes beträgt in den Kohlenfeldern Cospuden, Zwenkau, Böhlen, Espenhain und Witznitz 8 bis 14 m.
- In den südwestlich gelegenen Arealen mit aufgespaltenem Oberflözkomplex erreicht die Schichtenfolge der Einzelflöze mit eingeschalteten Zwischenmitteln durchschnittlich 10 m Mächtigkeit, lokal bis 20 m.

Kartierte Einzelschichten

Oberflözkomplex

Der Oberflözkomplex tritt ohne Zwischenmittel in den Kohlenfeldern Cospuden, Zwenkau, Espenhain und Witznitz auf (Anlage 2.10).

In allen anderen Verbreitungsflächen ist der Flözkörper durch tonig-schluffige und sandige Zwischenmittel in zwei bis vier, im Raum Zwenkau lokal bis fünf Einzelflöze aufgespalten. Die regionale Korrelation dieser Flöze ist durch primäres Auskeilen des Flözes an Prätertiärauftragungen sowie dem Fehlen von Schichten infolge quartärer und intratertiärer Erosion innerhalb von Flusssanden nicht immer eindeutig möglich (ESCHER et al. 1998-2002; STANDKE et al. 2010).

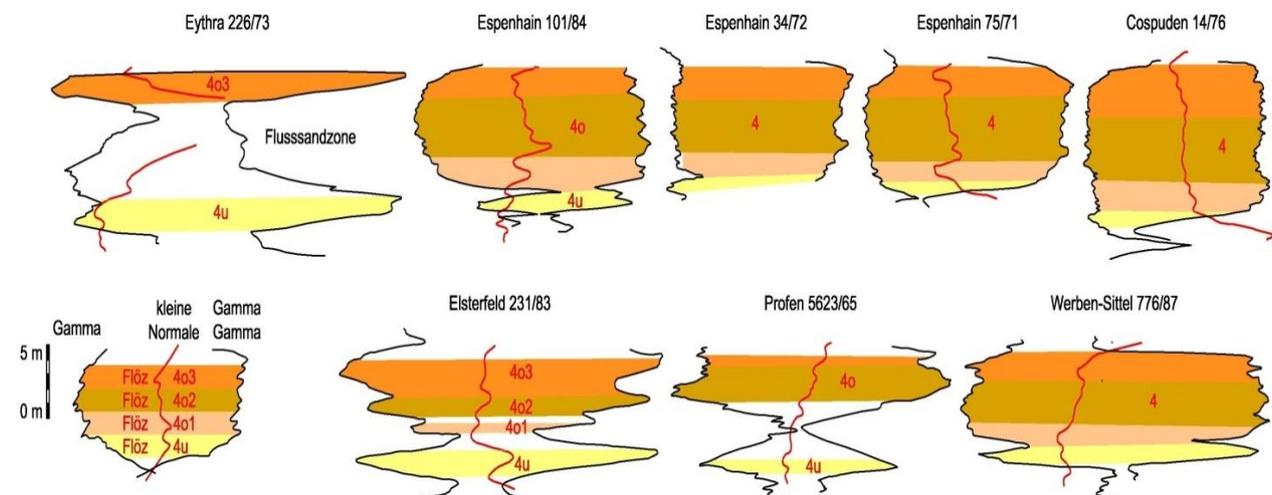


Abbildung 15: Bohrlochgeophysikalische Korrelation der Aufspaltung des Oberflözkomplexes

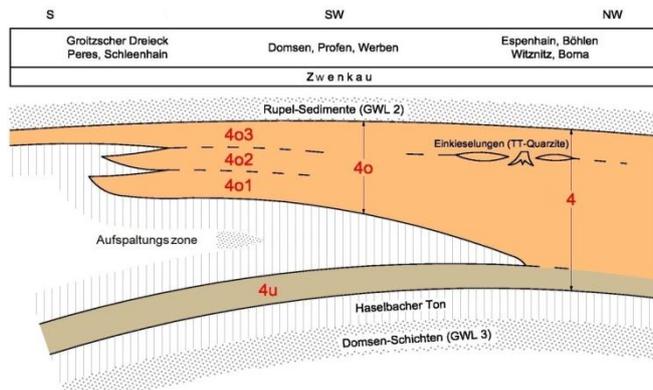


Abbildung 16: Entwickeltes Modell für die Kartierung des Oberflözkomplexes

Die im Rahmen des Forschungsthemas zusammengestellten Moorfaziesprofile (Kap. 5, Abbildung 44) lassen bis zu vier Moorfaziesabfolgen erkennen, die regional korrelierbar sind. Lokal, besonders im Raum Zitzschen (Kohlenfeld Zwenkau), können fünf und mehr geringmächtige Einzelflöze auftreten (STANDKE et al. 2010, Kap. 4.4.3). Diese korrelierbaren Moorfazies-Zyklen können den bohrlochgeophysikalischen Peaks zugeordnet werden (Abbildung 15). Das daraus resultierende Flözmodell ist in Abbildung 16 dargestellt. Über die moorfazielle Charakteristik in Verbindung mit den bohrlochgeophysikalischen Logs war eine flächendeckende Kartierung des Hauptflözkomplexes möglich. Dabei zeigen sich folgende genetische Bereiche (Anlage 2.10):

- Verbreitung des kompakten Flözkörpers im Nordosten (besonders ehemalige Schwelkohlenfelder Espenhain, Zwenkau, Cospuden und Witznitz)
- Aufspaltung in die Flöze 4u und 4o in den Kohlenfeldern Espenhain, Böhlen, Witznitz und Zwenkau
- weitere Aufspaltung des Flözes 4o in drei Einzelflöze (4o1-4o3), lokal noch weitere Aufspaltungen, im südwestlichen Verbreitungsgebiet von Zwenkau über Werben/Profen bis Peres/Grotzschers Dreieck

4.3.9 Horizontkarte 9: Böhlen-Formation, Espenhain-Zwenkau- und Septarienton-Schichten, Unteroligozän

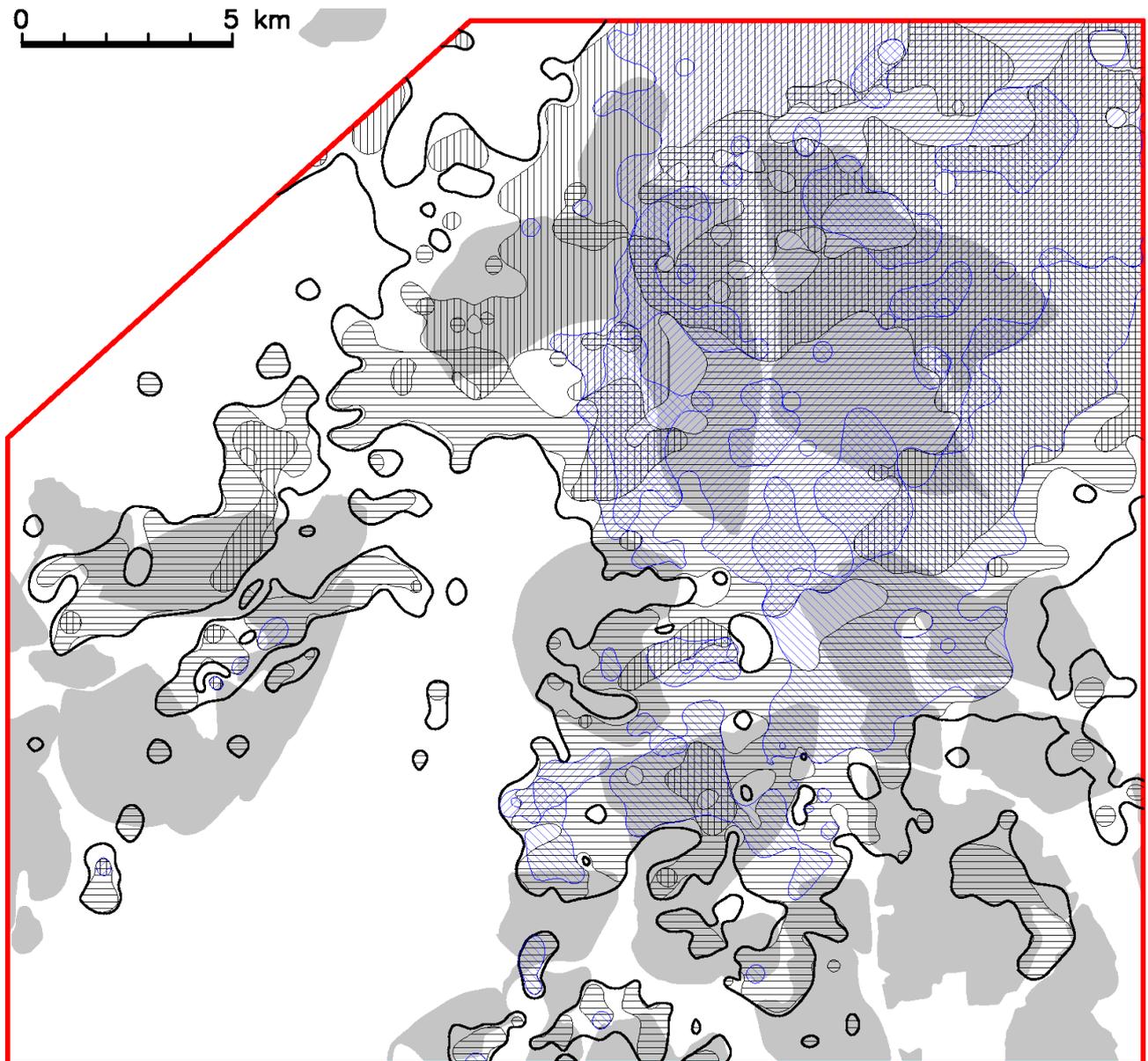
Kartenblatt: Anlage 2.11

Stratigraphische Reichweite

- Espenhain-Zwenkau- und Septarienton-Schichten der Böhlen-Formation, SPP 20C-D, Unteroligozän (Rupelium)
- beinhalten die Hangendsedimente über dem Oberflözkomplex (Weiße, Braune/Graubraune Sande und Schluffe, Flöz γ -Horizont, Glaukonitsand, Bänderschluft und Phosphoritknollenhorizont (Espenhain-Zwenkau-Schichten) sowie Rupelton/"Muschelschluff", Muschelsand und Formsande (Septarienton-Schichten)

Verbreitung und Mächtigkeit

- geschlossene Verbreitung mit Mächtigkeiten teilweise bis über 50 m im südöstlichen Untersuchungsgebiet (Kohlenfelder Cospuden, Zwenkau, Böhlen, Espenhain)
- nach Süden Verbreitung infolge quartärer Erosion in Einzelflächen aufgelöst (meist Erosionsrelikte innerhalb von Subrosionsstrukturen, Mächtigkeiten im Durchschnitt 5 bis 20 m)
- primär im Bereich des Plagwitzer Grauwackenrückens nicht ausgebildet



-  Braunkohlentagebau
-  Horizontverbreitung
-  Verbreitung GWL 2.4 (Formsande)
-  Verbreitung GWL 2.5 (Muschelsand)
-  Verbreitung GWL 2.6 (Graubrauner Sand)
-  Verbreitung GWL 2.7 (Brauner Sand)

Abbildung 17: Verbreitung der Grundwasserleiter GWL 2.4 (Formsand), GWL 2.5 (Muschelsand), GWL 2.6 (Graubrauner Sand) und GWL 2.7 (Brauner Sand)

Kartierte Einzelschichten

Rollige und bindige Rupel-Sedimente

Der Aufbau der Rupel-Sedimente im Untersuchungsgebiet ist vereinfacht in Tabelle 4 aufgezeigt.

Tabelle 4: Rupel-Sedimente der Horizontkarte 9

Stratigraphie	Grundwasserleiter	Schichtenfolge/Vorkommen	
		bindige „Beckenfazies“	sandige „Randfazies“
		Zwenkau, Profen	Espenhain, Witznitz, Schleenhain, Peres, Groitzscher Dreieck
Septarienton-Schichten	GWL 2.4		Formsande (einschließlich kaolinische Formsande/Pödelwitzer Sande)
	GWL 2.5	Muschelsand „Muschelschluff“/Rupelton	
Espenhain-Zwenkau-Schichten	GWL 2.6	Phosphoritknollenhorizont	
		Grau(brauner) Sand	Brauner Sand
		Glaukonitschluff	Flöz y-Komplex
	Bänderschluff		
GWL 2.7	Brauner Sand (Weißer Sand) (Deckschluff, -ton Flöz 4-Komplex)		

Bei den Rupel-Sedimenten handelt es sich ausnahmslos um flachmarine bis intertidale Abfolgen (u. a. BELL-MANN 1967; MÜLLER 1983, 2008; WALTER 1997; STANDKE 2008b; STANDKE et al. 2010). Die Verbreitung der auskartierten Einzelhorizonte ist in Abbildung 17 dargestellt.

Flöz y-Komplex

Besonders im Bereich des Kohlenfeldes Espenhain, teilweise auch im Raum Cospuden und Witznitz, folgt über den basalen Braunen Sanden der 2 bis 3 m mächtige Flöz y-Komplex (HÄRTEL & SPRINGER 1988), der in der Regel aus zwei Kohlenflözchen mit zwischengelagertem Schluffhorizont besteht. Genetisch wird der Komplex als Relikt einer dem Festland vorgelagerten Inselkette angesehen (STANDKE et al. 2010).

4.3.10 Horizontkarte 10: Cottbus-Formation, Glimmersand-Schichten zuzüglich Thierbach-Schichten und Oberholz-Folge, Oberoligozän

Kartenblatt: Anlage 2.12

Stratigraphische Reichweite

- Glimmersand-Schichten, Cottbus-Formation, SPP 20G und SPN I/II, Oberoligozän (Chattium),
- zuzüglich der Thierbach-Schichten und
- zuzüglich der Oberholz-Folge (KRAMER et al. 1987)

Verbreitung und Mächtigkeit

- Der Horizont ist mit Mächtigkeiten zwischen 10 und 20 m bei maximaler Schichtmächtigkeit bis über 50 m nur am nordöstlichen Untersuchungsgebietsrand verbreitet.
- Die stratigraphische Grenze zwischen Oberligozän und Untermiozän verläuft nach sporenstratigraphischen Analysen (KRUTZSCH 2000) im Niveau von Flöz Breitenfeld bzw. im Untersuchungsgebiet im Bereich der Oberholz-Folge; nach neueren Dinozystenuntersuchungen (KÖTHE in STANDKE et al. 2010) ist ein unteroli-

gozänes bis oberoligozänes Alter denkbar; KRUTZSCH (2011a) stuft neuerdings den Breitenfeld-Horizont in das Neochatt (Oberoligozän) ein.

Kartierte Einzelschichten

Glimmersande (Grundwasserleiter 2.2)

Die vorwiegend nördlich von Leipzig verbreiteten oberoligozänen Glimmersande reichen mit Ausläufen bis in das nordöstliche Untersuchungsgebiet im Bereich des Kohlenfeldes Espenhain hinein (Anlage 2.12). Ihre primäre Verbreitung wird durch die intratertiär erosiv einschneidenden Thierbach-Schichten und durch die pleistozäne Ausräumung begrenzt.

Lithologisches Charakteristikum dieses Teiles der Cottbus-Formation sind mehr oder weniger Glimmer führende, bioturbate Feinsande von flachmariner Genese (STANDKE et al. 2010).

Thierbach-Schichten

Das oberoligozäne (bis untermiozäne?) Thierbacher Flusssystem verlief im östlichen Teil der Leipziger Bucht (Abbildung 8) zuerst in nordnordwestliche Richtung auf den Otterwischer Grauwackenrücken bei Thierbach zu, um von dort nach Nordosten umzubiegen und sich nordöstlich des Tagebaues Espenhain in mehrere Fließrichtungen zu zerschlagen, die nicht mehr eindeutig zu verfolgen sind (ESCHER et al. 1998-2002; STANDKE 2001).

Die Schichtenfolge wird im Untersuchungsgebiet nur mit einer schmalen Zone im nordöstlichen Blattbereich angeschnitten. Sie besteht aus sandigen bis kiesigen Abfolgen mit zwischengeschalteten pflanzenführenden (MAI & WALTHER 1991; KUNZMANN 1995) Tonen und Schluffen. Es kann von einem mäandrierenden Flusssystem ausgegangen werden, das sich in regressiven Zeiten – EISSMANN (2005) macht dafür Hebungstendenzen des südlichen Erzgebirgshinterlandes verantwortlich - bis auf das Niveau der Formsande in die tertiären Ablagerungen eingeschnitten hat.

Oberholz-Folge

Die von KRAMER et al. (1987) im Rahmen der Erkundungsarbeiten im Feld Espenhain-Störmthal definierte Oberholz-Folge kann nach STANDKE (2008b) mit dem Horizont Breitenfeld im Raum Bitterfeld parallelisiert werden (STANDKE et al. 2010). Weil dieser nach KRUTZSCH (2011a) neuerdings ins Oberoligozän (Chattium) gestellt wird, ist eine Zuordnung der Oberholz-Folge zur Cottbus-Formation gerechtfertigt. Die Sedimente kommen im Untersuchungsgebiet nur in kleinflächigen Erosionsrelikten vor (Anlage 2.12).

Bei der Oberholz-Folge handelt es sich nach sedimentologischen Befunden entgegen anderer Auffassung (FUHRMANN 2008) um marine kaolinische Sande mit Schwermineralanreicherungen, Spurenfossil- und Foraminiferen-Führung (STANDKE et al. 2010). Lokal können kohlige Schluffe bzw. sehr geringmächtige, aschereiche Braunkohlen (Flöz z bei LOTSCH et al. 1969 = Flöz Oberholz bei KRAMER et al. 1987) auftreten.

4.3.11 Karte 11: Quartärbasis

Kartenblatt: Anlage 2.13

Die Karte enthält als Isolinien-Darstellung die Höhenlage der Quartärbasis oder anders ausgedrückt, die Oberfläche der tertiären Schichtenfolge. In einem kleinen Areal nordwestlich der Tagebaue Zwenkau und Cospu den im Bereich des sog. Plagwitzer Grauwackenrückens sind tertiäre Sedimente sehr wahrscheinlich primär nicht zur Ausbildung gekommen. Dort lagern quartäre Schichten direkt auf prätertiärer Leipziger Grauwacke (Neoproterozoikum) auf.

Quartäre Sedimente sind im gesamten FuE-Untersuchungsgebiet verbreitet. Ihre Basis befindet sich im südwestlichen und südlichen Areal bei etwa 150 bis max. 180 m über NHN. In diesen Gebieten liegt auch die Prätertiäroberfläche, d. h. die Basisfläche des Tertiärs, mit bis zu 150 m über NHN (vgl. RASCHER et al. 2005, Kartenblatt 15) relativ hoch.

So wie die Prätertiäroberfläche bzw. Tertiärbasis nach Norden bis auf etwa 50 m über NHN - in Subrosionsgebieten lokal bis etwa 50 m unter NHN - abfällt, sinkt die Quartärbasis flächenhaft bis auf etwa 110 m über NHN ab. Im Bereich der durch morphologische Tieflagen gekennzeichneten Flussbereiche der Weißen Elster und der Pleiße werden auch Höhen von 100 m über NHN erreicht.

Die Quartärbasistieflagen im Bereich des südwestlichen Elster-Verlaufes zwischen Groitzsch, Pegau und Zeitz greifen erosiv in die tertiäre Schichtenfolge bis in das stratigraphische Niveau des Oberflözkomplexes, teilweise bis in den Grundwasserleiter 3, ein.

5 Moorfazielle Ausbildung der Braunkohlenflöze

5.1 Kenntnisstand

Die **Moor- oder Torffazies** ist Ausdruck der im Paläomoor herrschenden ökologischen Bedingungen. In den tertiären „Braunkohlenmooren“ vollzog sich die Ausbildung der Pflanzengesellschaften vor allem in Abhängigkeit vom vorherrschenden Grundwasserstand und dem Nährstoffangebot. Gerichtete Veränderungen der Grundwasser- und Trophieverhältnisse - i. d. R. durch extra-palustrische Bedingungen verursacht wie z. B. Meeresspiegelschwankungen, relative Höhenverstellungen des Untergrundes - führten zu zyklisch-sukzessiven Moorfazies-Abfolgen.

Diese reichen im Idealfall von eutrophen Sumpfwald- und Buschmooren über Riedmoore und Kiefern-Zwischenmoore bis zu hochmoorähnlichen (ombrotrophen) Waldmoor-Stadien. Die dabei abgelagerten, faziell und petrographisch unterschiedlichen Torfe können heute anhand der Veränderungen der farblichen und der textuellen Merkmale (besonders Schichtung, organische Einlagerungen) in den Flözprofilen rekonstruiert werden. Für jungtertiäre Moore sind diese Kausalbeziehungen durch umfangreiche kohlenpetrologische und paläobotanische Untersuchungen (u. a. JURASKY 1936; TEICHMÜLLER 1958; SCHNEIDER 1978, 1990, 1995, 2001, 2013; DOLEZYCH & SCHNEIDER 2007) sehr gut bekannt (Abbildung 18).

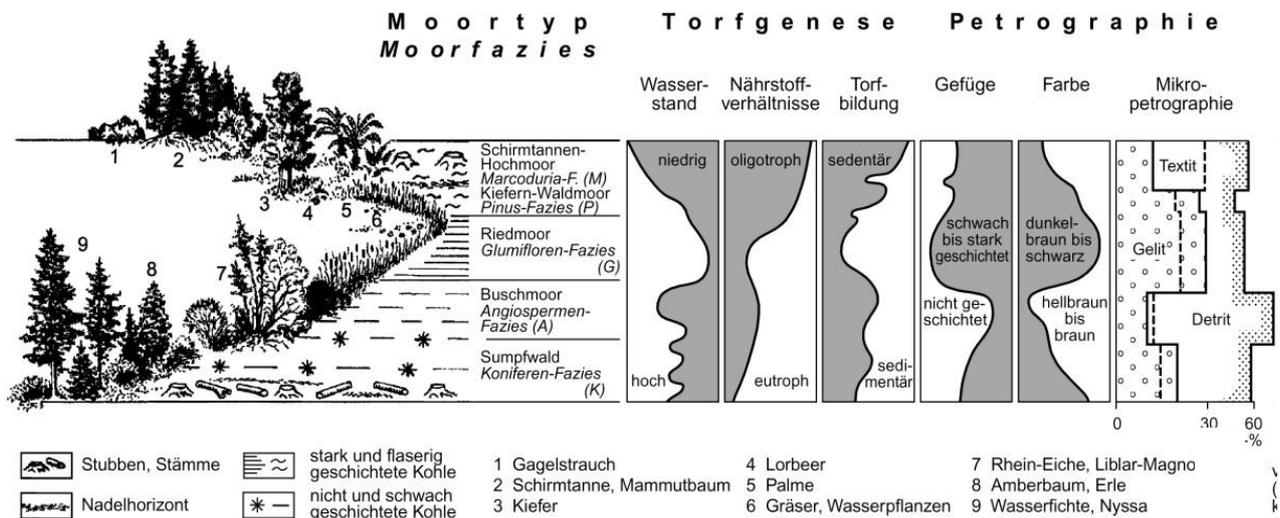


Abbildung 18: Torf-/Kohlengeneese und Kohlenqualität in neogenen Weichbraunkohlenflözen (zusammengestellt nach SCHNEIDER 1978, 1992, 2001; RASCHER 1981, 2001; aus RASCHER 2009)

In eozänen und oligozänen Flözen Mitteldeutschlands scheidert diese Art der Faziesanalyse infolge des starken Destruktions- und Humifizierungsgrades dieser Braunkohlen und der damit verbundenen geringen Anteile erhaltener und faziell auswertbarer Kutikulen.

Pollen und Sporen sind wegen ihrer weiten Verbreitung meist nicht ortskonkret genug und damit für moorfazielle Aussagen weniger gut geeignet. Außerdem sind für die alttertiären Kohlen trotz zahlreicher palynologischer Untersuchungen aus kohlenogenetisch/-qualitativer (HUNGER 1939, 1957; SONTAG 1957 u. a.) und biostratigraphischer Sicht (z. B. KRUTZSCH et al. 1992; KRUTZSCH 2011b) sowie kutikularanalytischer neuerer Arbeiten (wie SCHNEIDER 2010) die Kenntnisse zur Soziologie und Taphonomie der paläogenen Moorflora und zu deren Sukzession noch beschränkt (mdl. Mitteilung SCHNEIDER).

Unabhängig davon sieht SCHNEIDER (2001) in den alttertiären autochthonen Braunkohlenflözen ähnliche Lebensräume auftreten wie in den neogenen Flözen, allerdings teilweise durch abweichende Floren besetzt. Neuerdings liegen für standortbezogen gleiche Faziesbereiche in alt- und jungtertiären Mooren auch entsprechende Florenlisten vor (SCHNEIDER 2013). Für die Aufgabenstellung bietet sich damit zur Charakterisierung der Moor(Torf-)fazies als Ausdruck der im Paläomoor herrschenden Ablagerungsbedingungen, alternativ zur Moorfaziesanalyse mit Hilfe botanischer Merkmale, die **lumineszenzmikroskopische Faziesanalyse** (VOLK-MANN 1990, 1991) an. Deren Grundprinzip kann wie folgt beschrieben werden:

- Die Ausbildung der Pflanzengesellschaften in den tertiären Mooren vollzog sich vor allem in Abhängigkeit vom Grundwasserstand und dem Nährstoffangebot. Gerichtete Veränderungen der Grundwasser- und Trophieverhältnisse, i. d. R. durch extrapalustrische Bedingungen verursacht (Meeresspiegelschwankungen, relative Höhenverstellungen des Untergrundes u. a.) führen zu zyklischen Moorfazies-Abfolgen (Abbildung 18).
- Der Grundgedanke für die lumineszenzmikroskopische Faziesanalyse ist die Beobachtung, dass die Vielfalt der mittels Lumineszenzmikroskoie aushaltbaren Liptinit-Erscheinungsformen einerseits pflanzenphysiologisch geprägt, andererseits aber auch durch den biochemischen Umwandlungsprozess im Paläomoor beeinflusst wird und damit eine Faziescharakteristik darstellt (Abbildung 19).

- Dabei ist klar, dass sich über die Liptinit-Analyse von alttertiären Kohlen nur das moorfazielle Ablagerungsmilieu, nicht aber Details der phytogenen Moorgesellschaften charakterisieren lassen. Das dafür verwendete Begriffsinventar orientiert sich unabhängig davon an den aus der Bearbeitung neogener Flöze bekannten Fazieseinstufungen (vgl. Kap. 5.2.2).

5.2 Zur Methodik der lumineszenzmikroskopischen Faziesanalyse

Für kohlenpetrologische Arbeiten wird eine Breitband-Blaulicht-Anregung angewendet. Im Gegensatz zur Hellfeldmikroskopie im Auflicht wird nur der kurzwellige Bereich des Spektrums genutzt. Die im Schliff angeschnittenen lumineszenzfähigen Mikrokomponenten emittieren die längerwellige Fluoreszenzstrahlung.

5.2.1 Lumineszenzmikroskopisches Inventar

Die Mikrokomponenten (Macerale) der Weichbraunkohlen werden nach stofflicher Natur und den damit einhergehenden petrologischen Merkmalen (Grad der Destruktion und Vergelung) den drei Hauptgruppen Huminite, Liptinite und Inertinite (Tabelle 5) zugeordnet.

Die vielfältigen Erscheinungsformen der Liptinite – spezifische Teilchenformen, -skulpturierung oder -größe – werden durch Destruktion, partielle Veränderung des Polymerisationsgrades und durch Humifikation hervorgerufen (VOLKMANN 1984). Die Mikrokomponenten zeigen Lumineszenzemission in verschiedenster Modifikation. Diese können primär rein stofflich oder durch ablagerungsbedingte Einflüsse entstanden sein. Für letzteres sind insbesondere stoffverändernde Prozesse in oberflächennahen Bereichen des Paläomoores relevant. Hier sind Sonneneinstrahlung, Sauerstoffverfügbarkeit und damit einhergehende weitgehend aerobe Mikroorganismen-tätigkeit Auslöser für periphere oder vollständige Veränderungen durch Polymerisation/Depolymerisation oder Polykondensation. Im mikroskopischen Bild äußert sich dies durch Zonarbau oder diverse interne Texturelemente. Periphere Korrosionserscheinungen sind auf die Anwesenheit und Tätigkeit der Mikroorganismen zurückzuführen.

Tabelle 5: Macerale der Weichbraunkohlen

Maceral-gruppe	Macerale	Genetische Zuordnung
Huminit	Textinit (unvergelt) Ulminit (vergelt)	humose pflanzliche Gewebe mit erkennbaren Zellstrukturen
	Attrinit (unvergelt) Densinit (vergelt)	feiner humoser Detritus; Gewebefragmente
	Gelinit	nahezu texturfreie Humusgele
	Corpohuminit	oxidierte Gerbstoffkomponenten
	Liptinit	Sporinit
Cutinit		
Resinit		
Alginit		
Liptodetrinit		
Suberinit		
Chlorophyllinit		
Inertinit	Fusinit	frühe thermische bzw. mikrobielle Produkte humoser und bituminöser Ausgangs-substanzen; figuriert oder als Detritus; Pilzdauersporen; „inert“ im weiteren Inkoh-lungsprozess
	Semifusinit	
	Sclerotinit	
	Inertodetrinit	
	Macrinit	

Nach VOLKMANN (1984) lassen sich die faziell aussagefähigen Macerale wie folgt beschreiben:

Resinit

Resinit ist das Synonym zu dem makroskopisch erkennbaren Retinit (griech. retine = Harz). Es kann zu verstärktem Auftreten infolge intensiver Veränderungen der Umweltbedingungen und Nährstoffzufuhr kommen, das sich in einer gesteigerten pflanzlichen Exkretion äußert. Die Resinite bzw. Retinite liegen in diesem Fällen als Wundverschluss, Imprägnation von Zellen und Gewebeteilen oder Harzkanälen vor. Diese Formendiversitäten sind Unterscheidungsmerkmale, die als runde, ovale oder lang gestreckte Körper klassifiziert werden.

Die pflanzlich geprägte Vielfalt kann durch Polymerisation und Oxidation Veränderungen erfahren. Diese Umschläge äußern sich in unterschiedlichen Lumineszenzeffekten, die sich vom leuchtenden Goldgelb über Ocker der niedrigeren Polymerisationsstufen bis hin zum Braun oder Rotbraun der Hochpolymere erstrecken. Ist Resinit im sauren Milieu Licht oder aeroben Bedingungen ausgesetzt, neigt er zu Veränderungen seines primär pflanzenphysiologisch geprägten Polymerisations- bzw. Polykondensationsgrades. Durch diese Einflüsse bildet sich eine Zonarstruktur. Auch ist die Bildung von Oxidationsprodukten möglich, die sich als helle und mürbe Substanzen randlich und an Schrumpfungsrissen oder Unstetigkeitsflächen der Individuen anlagern. Betont aerobe Torfbedingungen, die an Korrosion, Oxidation und Veränderung des Resinit-Habitus zu erkennen sind, finden ihr Maximum in densog. Hellen Bändern (Lithotyp: Gelbe Kohle)..

Suberinit

Suberinit (lat. suber = Kork) umfasst Zellstrukturen bzw. -relikte, die den Liptiniten angehören. Meist handelt es sich um langprismatische Zellen (Stapelzellen). Suberinit ist ein petrographisches Element, das nahezu in jeder moorfaziellen Einheit vorkommt. Hierbei kann der Suberinit als primär vorhandene Biozönose oder als Relikt sekundärer Durchwurzelung der Torfmasse auftreten. Feindetritischer Suberinit ist Bestandteil des Liptodetrinit. Suberinit weist eine grüngelbe Fluoreszenz auf, hervorgegangen aus der Blauemission gerüstbil-

dender Zellulose und der Gelbfluoreszenz des Suberins. Wird durch Oxidation oder Verwitterungsprozesse die Zellulose abgebaut, verschiebt sich die Emission in den gelben Bereich. Ein ockerfarbenen lumineszierender Suberinit ist somit das Ergebnis hochintensiver aerober stofflicher Abbauprozesse.

Sporinit

Sporinite sind, wie der Name sagt, fossile Reste von Pollen und Sporen, auch Exine und Perine genannt. In der Regel sind sie in allen Moorfaziesbereichen vertreten. Sporinite zählen daher zu den häufigsten lumineszenzfähigen Weichbraunkohlen-Maceralen und finden ihr Maximum in den sog. Hellen Bändern (gelbe Kohlen). Die Formenvielfalt des Sporinit ist primär pflanzlich geprägt und kommt im Hauptanteil schichtparallel eingeregelt, isoliert oder zusammengepresst vor. Weil sie äolischen und fluviatilen Transportmechanismen ausgesetzt sind, ist eine Verwendung als Faziesindikatoren kaum möglich. Die Sporen und Pollen sind aus einer Vielzahl hochpolymerer Stoffgruppen zusammengesetzt, wobei wiederum Zellulose als Reliefbildner fungiert (vgl. Suberinit). Das Lumineszenzmikroskopische Erscheinungsbild ist gelb, selten im rötlich-ockerfarbenen Bereich.

Cutinit

Cutinit wird durch sämtliche mit Kutikulen identifizierbaren Mikrobestandteile vertreten, die von Blättern, Nadeln und Stängelresten gebildet werden können. Fruktifikationen sind ebenfalls cutinitbildend.

Cutinit ist mit wechselnden Anteilen in jeder Fazieseinheit vorhanden und in speziellen Blätter- und Nadelhorizonten angereichert. Bei Riedmoorbildungen sind nur extrem zarte Cutinite zu beobachten. Stark destruiert und in angereicherter Form liegt Cutinit wiederum in den Hellen Bändern vor. In Anschliffen hat Cutinit senkrecht zur Einregelungsebene die Form unterschiedlich breiter, durch Kutikularleisten sägenförmig strukturierter Bänder. In horizontal orientierten Schliffen ist das Relief der darunter liegenden Epidermis erkennbar, wobei in seltenen Fällen auch die Schließzellenstrukturen der Spaltöffnungen zu erkennen sind. Das Erscheinungsbild in der Lumineszenzmikroskopie ist gelb bis hellocker. Zum Teil kann rötliche Lumineszenz durch noch vorhandenes Chlorophyll auftreten.

Liptodetrinit

Liptodetrinit umfasst jene Gruppe von Objekten liptodetrinitischen Charakters, die aufgrund ihrer geringen Teilchengröße anderen Maceralen nicht mehr zugeordnet werden können. Sie zeichnen sich durch einen körnigen bis schlierigen Habitus aus und können Fragmente von Sporinit, Cutinit, Resinit und Suberinit darstellen. Im Bereich der hellen Bänder ist viel Liptodetrinit vorhanden. Die Lumineszenz kann in verschiedensten Gelbtönen auftreten und ein auffälliges Alterationsverhalten aufweisen. Eine Imprägnation mit Humusgelen ist möglich und bewirkt eine Minderung der Lumineszenzintensität.

Chlorophyllinit

Chlorophyll, von dem sich der Begriff Chlorophyllinit ableitet, umfasst die Gruppe der in Organiten geringen Inkohlungsgrades erhaltungsfähigen pflanzlichen Farbstoffe.

Es handelt sich hierbei um einzeln auftretende Individuen, die rund bis prismatisch, hantelförmig verknüpft und der natürlichen Form der Plastiden entsprechend, geformt sein können. Die 1-5 µm großen Körnchen treten meist in enger Verbindung mit Cutinit in Blätter- und Nadelkohlen auf. Chlorophyllinit ist nur unter anaeroben Bedingungen erhaltungsfähig. Sobald Luft oder Sonneneinstrahlung hinzutritt, werden die Komponenten in kurzer Zeit vollständig abgebaut. Daher ist Chlorophyllinit in den protobitumenreichen Kohlen Heller Bänder nicht vorhanden. Das Auftreten ist somit Indikator für hochgradig anaerobe Einbettungsverhältnisse. Ist Chlo-

rophyllinit in den Proben vorhanden, ist er an seiner blutroten Emission zu erkennen, die unter UV-/Blaulichtanregung in kürzester Zeit nach Gelb umschlägt.

Porigelinit und Levigelinit

Einen hohen Grad der Humuskondensation kennzeichnen sowohl Porigelinit als auch Levigelinit. Der Habitus des Porigelinites ist massig. Die Grundsubstanz besteht aus Humusgel verschiedenster Kondensationsstufen mit feinsten Liptiniten, die nur als winzigste Bestandteile zu erkennen sind. Es existieren undulöse Rissstrukturen, die am Maceral-Detritus abgelenkt werden.

Levigelinit ist bedingt durch die hohe Humuskondensation vollkommen fluoreszenzfrei. Er ist somit im Bild kaum zu erkennen, nur die charakteristischen Risse machen auf ihn aufmerksam.

Weitere sporadisch auftretende Komponenten

Des Weiteren treten die für die M-Fazies typische Marcoduria-Gewebe auf, die auch in anderen Faziesbereichen zu finden sind. In nahezu jedem Faziesbereich ist Sclerotinit zu finden. Diese Pilzsporen verbreiten sich u. a. über den Wind und sind daher nicht fazieskritisch. Textinit tritt immer in einem Verband aus drei oder mehr Zellkörpern auf. Seine Zellen können mit Resiniten sporadisch gefüllt oder vollständig verkient sein. Tritt Textinit in vergellter Form auf, spricht man von Ulminit.

5.2.2 Zur Charakteristik der Moorfaziesbereiche

Bemühungen, Braunkohlenflöze auf Basis ihres lithofaziellen Aufbaues zu beschreiben und zu korrelieren, können bis weit in das frühe 20. Jahrhundert zurückverfolgt werden (u. a. JURASKY 1935; KOLBE 1939; TEICHMÜLLER 1958; SONTAG 1963; SCHNEIDER 1969, 1978, 1980; RASCHER 1982; BÖNISCH 1983).

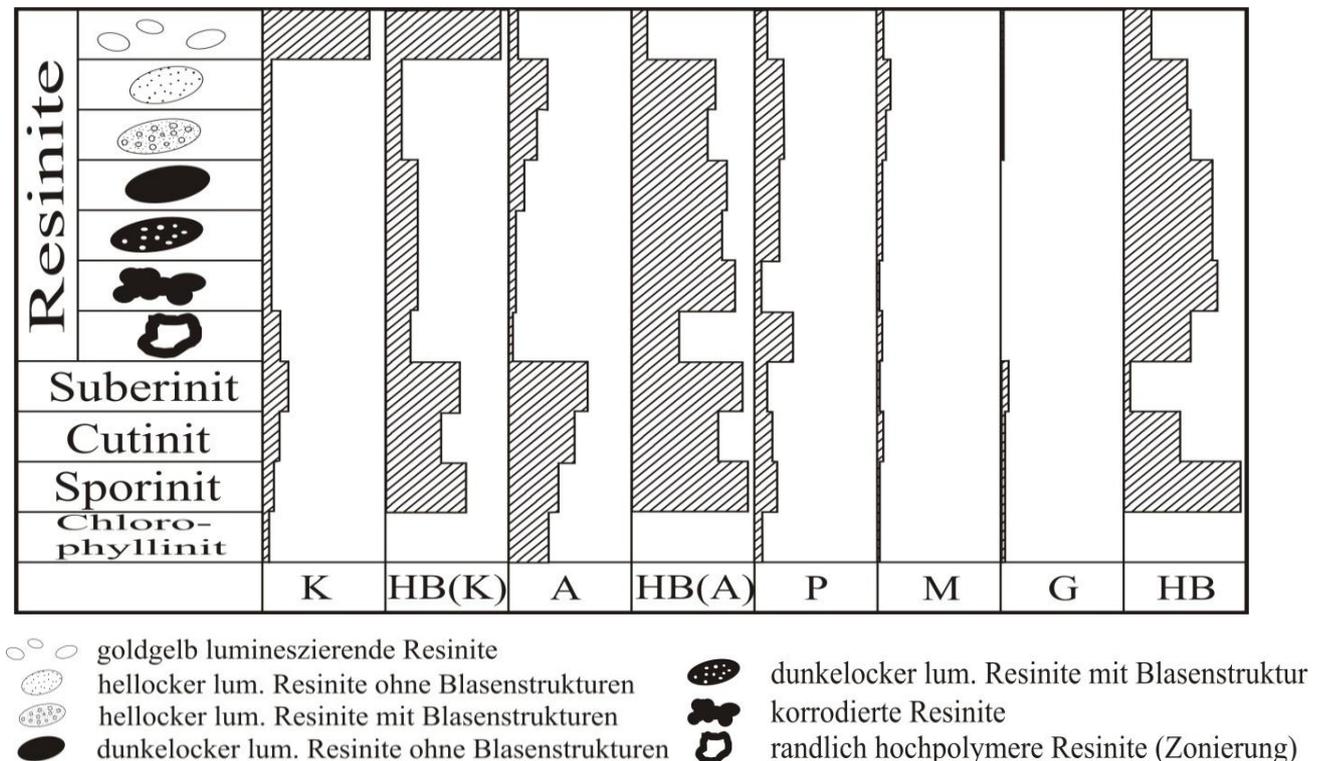


Abbildung 19: Faziesrelevante Verteilungstendenzen liptinitischer Macerale und Maceral-Erscheinungsformen in tertiären Weichbraunkohlen (aus VOLKMANN 1990) (schraffierte Bereiche zeigen nach rechts ansteigende Gehalte an)

In den untersuchten Bohrungen und Tagebauprofilen wurden liptinitanalytisch nachfolgende Faziestypen ausgehalten (Kap. 5.1). Die Darstellung zeigt einen idealisierten Sukzessionszyklus auf der Grundlage der genetisch-ökologische Parameter (vgl. Abbildung 18):



In Abbildung 19 ist der Trend der Zusammensetzung der Liptinit-Macerale und -erscheinungsformen in den Faziesbereichen dargestellt.

Die Flöze bestehen aus einer oder mehreren Fazies-sukzessionen mit zwischengelagerten Hellen Bändern. Diese Gelben ungeschichteten Kohlen, fast immer relativ aschereich, können lateral in marine und fluviatile Sande/Schluffe/Tone übergehen. Derartige Lagerungsverhältnisse werden bergmännisch als Flözaufspaltungen oder -gabeln bezeichnet. Dabei ist zu beachten, dass es auch Gelbe Kohlen innerhalb der K- und A-Fazies gibt, die aber keine Zwischenmitteläquivalente, sondern Produkte des temporären Trockenfallens des Paläotorfes im „Kohlenmoor“ z. B. in niederschlagsarmen Zeiten sind.

Durch Auskartieren der Moorfazies-Abfolgen ist es möglich, den Flözkörper feinstratigraphisch zu gliedern und Flözbereiche zu korrelieren (u. a. SCHNEIDER 1978; BÖNISCH 1983; RASCHER 1981; ALISCH 1990). Auch wenn neuerdings diese Verfahrensweise von KRUTZSCH (2011a, b) angezweifelt wird, haben bisherige praktische Anwendungen auch für alttertiäre Flöze, meist in Kombination mit der Bohrlochmessung, die Möglichkeit zur feinstratigraphischen Gliederung von kompakten, zwischenmittelfreien und aufgespaltenen Flözkörpern bestätigt (VOLKMANN 1984; SEIFERT 1979; Rascher 1982; RASCHER et al. 2006, 2008; vgl. Kap. 5.4).

Die mikropetrographische Zusammensetzung der Faziesbereiche lassen sich nach VOLKMANN (1985, 1990) wie folgt beschreiben (vgl. Abbildung 18 und Abbildung 19). An dieser Stelle sei angemerkt, dass ausgesprochene Riedmoorkohlen (Glumifloren-Fazies nach SCHNEIDER 1978) in alttertiären Braunkohlen phylogenetisch bedingt nicht nachgewiesen werden konnten. Makropetrographisch verbergen sich darunter stark vergelte, schwarze Kohlen mit ausgeprägter Schichtung und nicht, wie immer noch häufig angenommen (KRUTZSCH 2011a), helle (gelbe, gelbbraune) Kohlschichten.

Koniferen-Bruchwald-Fazies (K)

Die typischen Resinite im koniferenbetonten Waldmoor erscheinen vorwiegend in hellen zitronengelben bis goldgelben Lumineszenzfarben. Sie liegen einzeln, gehäuft, isoliert oder in verkümmertem Gewebe vor. Höherpolymere Formen, wie dunkellumineszierende Resinite oder korrodierte Formen, fehlen fast völlig. Dies lässt auf Luftabschluss und anaerobes Milieu schließen.

Cutinite, Suberinite, Sporinite und Chlorophyllinite sind vorhanden und bringen den stofflichen Aufbau der substanzliefernden Waldmoor-Pflanzengesellschaft zum Ausdruck. Mit großer Wahrscheinlichkeit kann ein hoher Grundwasserstand bei der Ablagerung der Torfe dafür verantwortlich gemacht werden.

Im Hellen Band der K-Fazies existiert eine vergleichbare Liptinitverteilung. Allerdings sind die Absolutgehalte an Liptinit deutlich höher. Darüber hinaus treten verstärkt höherpolymere (Zonargefüge) oder peripher korrodierte Resinite auf. Durch aerobe Beeinflussung und die damit gesteigerte Mikro-Organistentätigkeit wandelt sich die Gestalt der Liptinite in feindetratischen Habitus um; Chlorophyllinit wird komplett abgebaut.

Angiospermen-Bruchwald-Fazies (A)

Die für das angiospermenbetonte Waldmoor typischen Resinite lumineszieren unter Breitband-Blau-Anregung hellocker. Sie sind überwiegend ohne interne Blasenstrukturen ausgebildet. Weniger treten hingegen goldgelbe Resinite, hochpolymere Varietäten, korrodierte und zonierte Harze auf. Auffallend sind Laubholzreste und große Cutinite, ferner große Suberinitfragmente und an Textinit gebundenes Chlorophyllinit. Bei günstiger Schnittlage sind zahlreiche angiospermoide Pollen zu erkennen.

Die Hellen Bänder innerhalb der A-Fazies zeigen, analog zu jenen der K-Fazies, deutliche Anreicherungen der Liptinite. Auch hier lässt sich eine Steigerung des Polymerisationsgrades der Resinite feststellen. Dies äußert sich in der zunehmenden Anzahl an dunkelocker lumineszierenden und peripher zonierten Resiniten. In diesem Bereich ist auch Suberinit in seinen Eigenschaften beeinflusst. Anstelle der typisch gelbgrünen Emission tritt, bedingt durch den vorangestellten Abbau der Gerüstzellulose, verstärkt Gelblumineszenz auf (VOLKMANN 1983).

Pinus-Myricaceen-Fazies (P)

Das „Kiefern“-Waldmoor beinhaltet meist viele, oft gut erhaltene Gewebereste wie Cutinit und Sporinit und ähnelt, mit Ausnahme des hier deutlich verringerten Suberinitgehaltes, an die aus der A-Fazies bekannten Verhältnisse. Die Resinite liegen in ockerfarbener und oft inhomogener Form vor, wobei die randlich hochpolymer geprägten Vertreter sehr häufig sind. Die Verteilung der Resinite unterscheidet sich oft weniger eindeutig von jener der A-Fazies. Einziges Indiz ist ein in der P-Fazies tendenziell schwächer ausgeprägter Trend zu höheren Polymerisationsstufen. Dies ist ein Anzeichen für mögliche periodische Wasserstandsschwankungen und Phasen stärkerer aerober Bedingungen, die die Höher- bzw. Zonarpolymerisation begünstigen. Im Mikrobild wirkt die Grundmasse der P-Fazies im Lumineszenzlicht auf Grund der hohen Gehalte an hochkondensierten humosen Komponenten eher dunkel.

Marcoduria-Hochmoor-Fazies (M)

Das wohl deutlichste Merkmal in diesem ombrothopen, hochmoorähnlichen Faziesbereich ist die namensgebende Marcoduria. Sie erscheint im Lumineszenzbild als schwach braungetöntes Gewebefragment verschiedener Größen. Charakteristisch sind die quaderförmigen Zellen, die in bestimmten Anschnitten eine sägezahnähnliche Leiste darstellen. Außer diesem nicht nur für die M-Fazies charakteristischen Merkmal zeigt sie im Hinblick auf die Liptinite keine Besonderheiten. Vielmehr eine Mischung der Elemente aus der A-Fazies, untergeordnet der der P-Fazies. Typisch ist das Vorherrschen hellocker lumineszierender Resinite (A-Fazies) sowie zonar hochpolymere und inhomogen lumineszierende lang gestreckte Resinite (P-Fazies). Der Cutinanteil ist gegenüber dem A-Faziesbereich vergleichsweise gering. Hier werden die angiospermoiden Formen von den M-typischen Nadelkutikulen abgelöst. Chlorophyllinit kommt selten, stets an Cutinit oder Phyllo-Textit gebunden, vor. Sporinit und Suberinit sind sehr selten zu beobachten.

Helle Bänder im Zwischenmittelniveau

Dieser Typ der Faziesausbildung stellt den Abschluss eines genetischen Zyklus dar. Erhöhte Anteile von anorganischem Material wie Ton, Schluff, ± gut gerundete Quarze und Aufarbeitungsstrukturen (Liptodetrinit) weisen auf ein bewegtes Milieu hin. Auf Grund der hohen aeroben Beeinflussung ist eine Vielzahl an hochpolymeren Resiniten vorhanden. K-faziestypische, hellgelblumineszierende Resinite treten i. d. R. nicht auf. Sie

können allerdings als seifenartige Anreicherung die fluviatilen Verhältnisse widerspiegeln. Die Hellen Bänder im Zwischenmittelniveau sind von den Hellen Bändern der K- und A- Fazies durch sekundäre Besiedlungen in Form von Wurzeln zu unterscheiden, die sich als Suberinit-Querschnitte im lumineszenzmikroskopischen Bild zeigen. Variabel sind ebenfalls die Anteile des Cutinits. Seine feindetritische Ausbildung ist eher gering. In nahezu kompletter Form und großer Flächenerstreckung liegen sie hingegen als Folge von Einschwemmungsvorgängen, besonders an der Basis und in den oberen Bereichen der HB-Horizonte, vor. Chlorophyllinit ist auf Grund der aeroben Beeinflussung nicht existenzfähig.

5.3 Moorfazielle Ausbildung der Flöze

Nachfolgend werden die mikropetrographisch-faziell untersuchten und in die Auswertung einbezogenen Flözprofile kurz beschreiben. Für die dazu gezeigten Grafiken zum faziellen Aufbau der Flöze in den einzelnen Untersuchungsbereichen gilt die in Abbildung 20 angegebene Legende.

Die mikropetrographisch-faziell analysierten Profile sind mit makropetrographischer Ausbildung (Lithotyp) und kohlenchemischen Paramern in Anlage 4 aufgeführt.

Die feinstratigraphische Korrelation der Einzelprofile ist den Abbildungen 41 bis 44 bzw. den Erläuterungen im Kap. 5.4 zu entnehmen. Die paläogeographische Interpretation der Faziesaufnahmen ist in das Kap. 7 eingeflossen.

	M - Fazies (Marcoduria-Fazies: ombrotrophes Waldmoor)
	Helles Band in M - Fazies
	M - Fazies mit hellen Bändern in M - Fazies
	P - Fazies (Pinus-Fazies: Kiefern-Waldmoor)
	Helles Band in P - Fazies
	P - Fazies mit hellen Bändern in P - Fazies
	A - Fazies (Angiospermen-Fazies: angiospermendominiertes Buschmoor)
	Helles Band in A - Fazies
	A - Fazies mit hellen Bändern in A - Fazies
	K - Fazies (Koniferen-Fazies: koniferendominiertes Waldmoor)
	Helles Band in K - Fazies
	K - Fazies mit hellen Bändern in K - Fazies
	Helles Band (Gyttja) in Zwischenmittelniveau

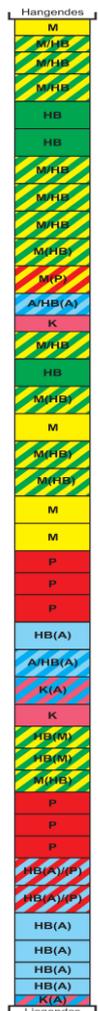
Abbildung 20: Legende zu den Fazies-Profildarstellungen (Abbildungen 21 bis 39)

5.3.1 Unterflözkomplex

Brg. Peres 34427/10

Im Profil vorherrschend sind vor allem braune ungeschichtete Kohlentypen. Gelbe Kohlen bleiben auf den basalen Teil und eine geringmächtige M-Strate am unmittelbaren Kontakt mit den Hangendsedimenten beschränkt. Insgesamt sind vier moorfazielle Zyklen ausgebildet, die stratigraphisch den Flözen 23u11 bis 23u22 und 23o1 entsprechen. Bemerkenswert ist, dass die basale Abfolge vor allem durch Waldmoor-Bildung geprägt ist, während der terminale Bereich vorzugsweise durch die Vorherrschaft der Marcoduria-Fazies mit eingeschalteten Hellen Bändern im Niveau von Zwischenmitteln bestimmt wird.

Mehr als 20 % der Profilmächtigkeit sind durch Waldmoore geprägt (K-, A- und P-Fazies); nahezu 40 % durch Hochmoorbildungen mit zwischengeschalteten HB, insbesondere konzentriert auf die obere Profilhälfte.



Für das Gesamtprofil gilt eine nicht zu vernachlässigende Einlagerung von Ton und Schluff in Form mikroskopisch nachweisbarer Schmitzen und Nester. Diese Tendenz verstärkt sich zum Hangenden hin deutlich. Auch treten hier aus Liptodetrinit bestehende Klasten auf. In Summe stehen diese Erscheinungen für eine erosive Überprägung des abgelagerten Torfes, naheliegend in Folge fluviatiler Einflüsse.

Nach mikroskopischer Analyse beginnt die Flözentwicklung in klassischer Weise mit einer allerdings äußerst geringmächtigen basalen K-Fazies. Diese geht in einen ungleich mächtigeren Angiospermen-Bruchwald mit ausgeprägter Tendenz zu bitumenreichen HB in A-Bildungen über (gelbe Kohlen an der Flözbasis). Mit dem Einsetzen der Pinus-Fazies endet die Existenz bitumenreicher Straten.

Die nachfolgenden Dezimeter entsprechen einem aerob aufgearbeiteten Hochmoortorf (M-Fazies, eingeschaltet HB im Zwischenmittel-Niveau) und schließen die Entwicklung des basalen ersten Fazieszykluses ab. Die anschließende Flözentwicklung ist davon nicht grundsätzlich verschieden. Auch hier stehen Waldmoorablagerungen zunächst im Vordergrund. Etwa 50 % der Mächtigkeit sind hingegen durch M-Fazies und eingeschaltete Helle Bänder mit Zwischenmittelcharakter geprägt.

Die Dominanz von Marcoduria-Hochmoorbildungen und eingelagerten HB-Zwischenmitteläquivalenten kulminiert im hangenden dritten Zyklus: Ca. 80 % der Abfolge entspricht diesem Muster. Auffällig ist der insbesondere aus dem Flöz 23 bekannte oftmalige Wechsel von Hochmoorstadium und aufoxidierter aschereicher HB im Zwischenmittelniveau, verursacht durch temporär wechselnde Ernährungs- und Sedimentationsverhältnisse im Paläomoor.

Abbildung 21: Fazieszusammensetzung des Unterflözprofils in der Brg. Peres 34427/10

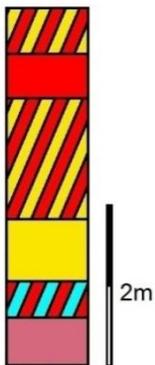


Profil Tagebau Profen, Kessel D

Das Flözprofil aus dem Subrosionskessel D im Tagebau Profen repräsentiert die durch ein toniges Mittel voneinander getrennten Flöze 1u und 1o des Unterflözkomplexes. Makropetrographisch dominieren braune und hellbraune, feindetritische Grundmassekohlen ohne identifizierbare Schichtung. Gelbe Kohlen finden sich relativ untergeordnet. Die basalen Teile beider Bänke sind durch bis zu 0,6 m mächtige schwarzbraune und damit höher gelifizierte Bankkohlen gekennzeichnet. Gebunden an die M-Fazies trifft dies auch für den Topbereich des Flözes 1u zu.

Aus Sicht der Mikropetrographie sind in den braunen und gelben Lithotypen insbesondere Liptinite und hier der liptinitische Detritus dominierend. Gut erhaltene, figurierte Liptinit-Komponenten sind, bedingt durch die im frühen Torfstadium stattgefundene hochgradige biochemische Aufarbeitung des Substrates, selten. Zu den häufigsten figuriert auftretenden Liptinit-Komponenten zählt Resinit, der in mehreren verfolgbaren Niveaus besonders hohe Konzentrationen erreicht. Makrinit als Produkt einer thermischen Überprägung vorwiegend liptinitischer Komponenten ist akzessorisch und dispers verteilt in allen Faziesbereichen zu finden.

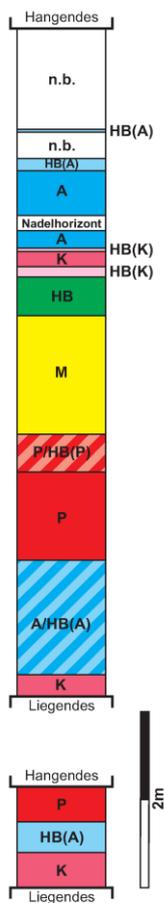
Flöz 1u beginnt mit einer K-Fazies, an die sich eine Mischfazies aus A- und M-Fazies anschließt. Der terminale Bereich wird durch eine P-/M-Mischfazies vertreten. Anzeichen für ein HB als Zwischenmittelanzeiger oder -äquivalent fehlen möglicherweise durch einen erosiven Einfluss des Zwischenmittels.



Das Flöz 1o beinhaltet eine komplette Faziesabfolge von der basalen K- bis zur M- bzw. Hb-Fazies in Zwischenmittelposition. Übergänge der Fazieskomponenten sind häufig, besonders zwischen A, K und P bzw. P und M.

Abbildung 22: Fazieszusammensetzung des Unterflözprofils im Tgb. Profen, Kessel D

5.3.2 Hauptflözkomplex



Profil Tagebau Groitzscher Dreieck

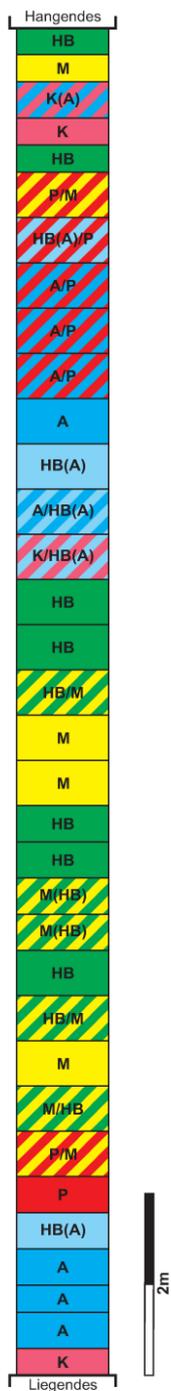
Das untere Flöz 23u12 ist vom restlichen Flözkörper durch ein sandiges Mittel getrennt. Etwa 1,5 m des oberen Profilbereiches sind aufschlussbedingt nicht repräsentativ beprobt. Makroskopisch dominieren braune, selten gelbbraune Lithotypen. Letztere finden sich als geringmächtige Bänder ausschließlich im oberen Drittel des Profiles (Flöz 23o1) und im Zentralteil des geringmächtigen Flözes 23u12. In der Regel handelt es sich um hochdestruierte Grundmassekohlen. Lediglich das mittlere Flözdrittel und im Top sind Schichtungselemente vertreten. Es sind drei Faziesabfolgen zu erkennen, die ihrerseits Grundlage für die Flözgliederung darstellen (Kap. 5.4). Informationen zum hangenden Zyklus (Flöz 23o1) sind jedoch auf Grund der lückenhaften Beprobung als unvollständig einzuschätzen.

Das geringmächtige untere Flöz 23u2 zeigt zunächst die erwartete fazielle Entwicklung vom koniferenbetonten Waldmoor (K) über den Angiospermen-Bruchwald (A) zur Pinus-Fazies (P). Hier endet die Abfolge erosiv; eine Hochmoorentwicklung (M) ist nicht ausgebildet.

Im Hangenden des Zwischenmittels beginnt die fazielle Entwicklung im Flöz 23u22 wiederum in bekannter Weise mit einer basalen K-Fazies, entwickelt sich über A-Fazies mit eingeschalteten HB-Bildungen, P- und M-Fazies zum Hellen Band am Zyklusende. Geschichtete Kohlen sind stets an P- und M-Bereiche gebunden.

Bis auf wenige Ausnahmen sind die Gehalte an Liptinit als gering einzuschätzen. Grundmassebildner ist vor allem humoser Detritus. Auch die zum Hangenden hin folgende Faziesausbildung entspricht den bereits beschriebenen Grundsätzen. Darüber hinaus ist ein Makrit-Horizont als Ergebnis thermischer Ereignisse im Moorstadium sowie ein etwa 15 cm mächtiger Nadelhorizont zu erwähnen. Insbesondere die Waldmoorbereiche, weniger die M-Fazies, zeigen Erscheinungen partieller Umlagerung (feindetritische Klasten) und möglicher fluviatiler Beeinflussung (Ton-/Schlufflinsen; gut gerundete Quarze).

Abbildung 23: Fazieszusammensetzung des Hauptflözprofils, Tgb. Groitzscher Dreieck



Brg. Peres 34427/2010

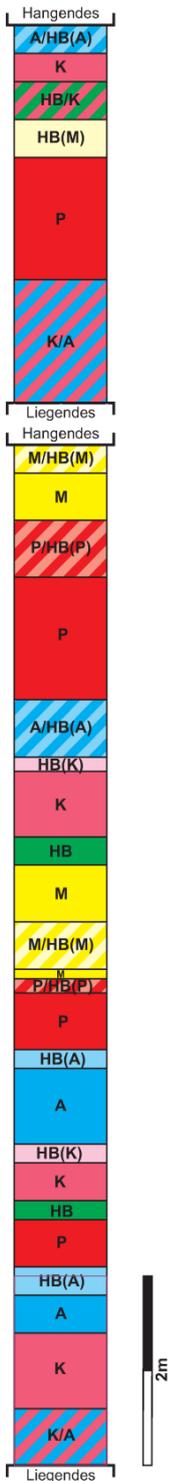
Im Makrobereich dominieren im Bohrprofil gelbbraune ungeschichtete Grundmassekohlen. Eine bis zu 1 m mächtige gelbe Bandfolge konzentriert sich auf den zentralen Profilbereich. Braune Kohlen sind vor allem im oberen Drittel zu finden.

Hinsichtlich der stratigraphischen Gliederung repräsentiert das zwischenmittelfreie Profil die Flöze 23u12 bis 23u22 und das Flöz 2301. Auffällig ist, dass diese eine nahezu vergleichbare Mächtigkeit aufweisen.

Analog zum Makrobefund dominieren in der faziellen Entwicklung auf ca. 40 % des Profils aerob aufgearbeitete Waldmoorbereiche (HB/A) und HB im Zwischenmittelniveau, gefolgt von K-, A- und P-Fazies (ca. 30 %). Auffälligkeiten in der Faziesabfolge sind im Mittelteil des Profils zu bemerken (23u21): Hier kommt es zum oftmaligen Wechsel von HB und Hochmoorentwicklungen (M-Fazies). Waldmoore fehlen hingegen oder waren möglicherweise auch in ihrer Mächtigkeit sehr unterentwickelt, so dass sie in der Profilaufnahme am Kern nicht registrierbar waren.

Auch im Mikrokomponentenbestand existieren im mittleren Profilbereich Besonderheiten, die von der Entwicklung des liegenden bzw. hangenden Flözmittels tendenziell abweichen: Klassen von Liptodetrinit, Ton sowie feinste Schlufflagen sprechen für unruhige Ablagerungsverhältnisse.

Abbildung 24: Fazieszusammensetzung des Hauptflözprofils, Brg. Peres 34427/2010



Tagebau Peres

Das Profil repräsentiert in kompakter Form die Flöze 23u12, 23u21 und 23u22, das sandige Mittel (GWL 4.2) und die Flöze 23o1, und 23o2. Makropetrographisch dominieren braune Kohlen gegenüber etwa 10 % Anteil gelber Kohlen. Etwa 50 % der aufgeschlossenen Flözmächtigkeit geht auf geschichtete Kohlen zurück. Hinsichtlich der genetischen Ausprägung sind Waldmoor-Faziesbereiche eindeutig dominant. Mehr als 70 % des Flöz 1u- und 95 % des Flöz 1o-Komplexes sind durch K-, A- oder P-Fazies geprägt. Helle Bänder in Bruchwald-Faziesbereichen treten untergeordnet auf.

Im 23u-Komplex können drei typisch entwickelte Fazieszyklen ausgehalten werden. Im Topbereich der Abfolgen sind stets Helle Bänder im Zwischenmittelniveau zu finden. Das Liegende der M-Fazies im 23u22-Flöz ist durch thermischen Einfluss charakterisiert. Fusinit ist nicht vertreten, jedoch zeigen die Resinite in der Fluoreszenz schlierenförmige Inhomogenität und Entgasungsporen. Darüber hinaus findet sich zahlreich Makrinit.

Der 23o-Komplex enthält zwei Faziesabfolgen. Während der basale Anteil Waldmoor dominiert ist und in M-Fazies und HB-Bildung übergeht, kommt es in der anschließenden Vermoorung lediglich zur Ausbildung des koniferen- und angiospermenbetonten Bruchwaldes. Nach der A-Fazies ist die weitere moorfazielle Entwicklung erosiv gekappt.

Abbildung 25: Fazieszusammensetzung des Hauptflözprofils, Tgb. Peres

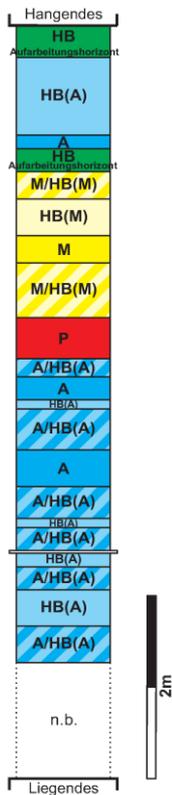


Profil Tagebau Schleenhain 1/2

Im Flözprofil sind vier faziell vollständige Abfolgen des Flöz 1u-Komplexes (23u11 bis 23u22) und zwei Zyklen des Flöz 1o-Komplexes (Flöze 23o1 bis 23o2) aufgeschlossen. Bemerkenswert für den aufgeschlossenen Teil des 1o-Komplexes ist die Beschränkung der faziellen Entwicklung auf koniferen- und angiospermenbetonte Waldmoorbereiche (K- und A-Fazies) bzw. deren aerobe Aufarbeitungshorizonte (HB/A). Dies spricht dafür, dass der beprobte Abschnitt lediglich die initiale Flözentwicklung repräsentiert. Auch ist die das Flöz 23o2 lediglich durch die basale K-Fazies reliktiert vertreten. Gründe hierfür sind in der fluviatilen Beeinflussung der Moorbildung zu suchen. Diese Aussage wird insbesondere auch dadurch gestützt, dass in sämtlichen Lithotypen des Profils mikroskopisch große Tonklasten bzw. Agglomerate, bestehend aus hochdestruiertem liptinitischen Detritus, existieren. Tendenziell nimmt ihre Häufigkeit vom Liegenden zum Hangenden zu.

Makroskopisch ist der Flöz 1u-Komplex durch einen markanten Wechsel gelber und brauner Kohlen charakterisiert, wobei bitumenreiche gelbe Lithotypen fast 40 % des Flözes aufbauen. Diese Lithotypen konzentrieren sich insbesondere im unteren und oberen Drittel des Profils. Die braunen Typen sind selten reine Grundmassekohlen; meist weisen sie eine schwache bis mittlere Schichtungsgradation auf. Aus fazieller Sicht trifft die für den Flöz 1o-Komplex gegebene Charakteristik der Dominanz von Waldmoorbereichen auch für weite Teile des 1u-Komplexes zu. Bis zu 88 % der Gesamtmächtigkeit bilden Kohlen der K- bzw. A-Fazies und deren HB-Bildungen. Als Anzeiger thermischer Ereignisse finden sich insbesondere in HB/A-Straten Makritanreicherungen. Zur Ausbildung von Pinus-Fazies und Hochmoorstadien (M-Fazies) kommt es ausschließlich im Topbereich des Flözes 23u22.

Abbildung 26: Fazieszusammensetzung des Hauptflözprofils, Tgb. Schleenhain



Profil Tagebau Zwenkau

Wie sämtliche Profile aus dem Hauptflözkomplex ist auch die Aufnahme aus dem Tagebau Zwenkau durch einen intensiven Wechsel gelber und brauner Lithotypen gekennzeichnet. Vorliegende Abfolge entspricht stratigraphisch den Flözen 23u21 bis 23u22. Etwa ein Viertel der aufgeschlossenen Mächtigkeit bilden gelbe Kohlen. Zusätzlich treten im unteren Drittel und im mittleren Teil der Abfolge schwarze bzw. schwarzbraune Lithotypen auf. Ist die dunkle Lage im zentralen Bereich auf eine Pinus-Fazies zurückzuführen, so sind die übrigen eindeutig der A-Fazies bzw. der HB in A-Fazies zuzuordnen. Diese untypische Bindung stärker vergelter Kohlen an angiospermenbetonte Waldmoorbildungen bzw. ihren aeroben HB-Bildungen ist mit einer Imprägnation durch A-Fazies-fremde, im Paläomoor migrierende Huminstoffe verbunden.

Im Mikrobild wird insbesondere die Resinit-Verarmung des Liptinits auffällig. Dies betrifft auch jene Waldmoorbereiche, die primär eine hohe Resinitproduktion aufweisen. Darüber hinaus existieren seifenartige Resinit-Anreicherungen. Erklärbar ist dies mit einer Dichtentrennung im wässrigen Medium und der Resedimentation primär weggeführter Partikel.

Flözgenetisch bedeutsam ist ferner die eindeutige Dominanz des Angiospermen-Bruchwaldes (A-Fazies) bzw. seiner aeroben Aufarbeitungshorizonte. Etwa 70 % der aufgeschlossenen Mächtigkeit ist diesen Waldmoorbildungen zuzuordnen. Inwieweit K-Fazies im nicht beprobten basalen Teil auftritt, muss offen bleiben. Lediglich im oberen Drittel des Profils (Flöz 23u22) kommt es zur Ausbildung der Pinus- (P) und Marcoduria-(M) Fazies mit eingeschalteten Hellen Bändern (HB). Letztere zeigen Merkmale intensiver Durchbewegung (Aufarbeitungshorizont). Mikroskopisch kleine Tonklasten und -schlieren sind in sämtlichen Lithotypen zu beobachten, ihr Mengen-Maximum findet sich naturgemäß in den HB-Horizonten.

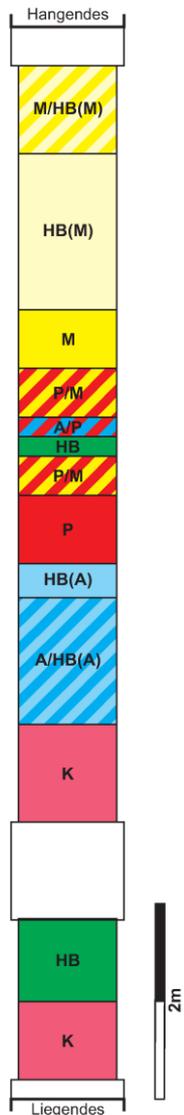
Abbildung 27: Fazieszusammensetzung des Hauptflözprofils, Tgb. Zwenkau

Profil Tagebau Witznitz

Das Profil umfasst die Flöze 23u12 bis 23u22. Im terminalen Bereich (Flöz 23u22) bzw. im unteren Teil des abgespaltenen Flözes 23u12 sind sandige und tonig-schluffige Einlagerungen vorhanden. Makroskopisch wird das Gesamtprofil von braunen Kohlen beherrscht. Lediglich an der Grenze zwischen den Flözen 23u21 zu 23u22 ist eine geringmächtige gelbe Kohle eingeschaltet. Während sich in der unteren Profilhälfte ausschließlich ungeschichtete Grundmassekohlen finden, ist der hangende Abschnitt durch schwach geschichtete Lithotypen charakterisiert.

Hingewiesen sei ferner auf stärkervergelte dunkle Lagen, die an die M-Fazies der 23u22, aber auch an A-Fazies und HB-in-A-Bereiche von 23u21 gebunden sind. Für Letztere ist eine autochthone stärkere Vergelung völlig untypisch. Die schwarzbraunen bis schwarzen Lithotypen des Angiospermen-Bruchwaldes und seiner HB-Straten dürften auf sekundäre Imprägnation mit im Paläomoor migrierenden Humusgelen zurückzuführen sein; erklärbar im Zusammenhang mit fluviatilen Einflüssen.

Das Flöz 23u12 beginnt mit einer K-Fazies. Auffällig ist die große Heterogenität im mikroskopischen Aufbau. Neben Resinit-Zusammenschwemmungen existieren nahezu liptinitfreie Bereiche (Dichtentrennung?). Daneben finden sich Ton-/Schluff-Schmitzen, gutgerundete Quarzkörner, Fusitsplitter und Makrit. Diese Palette indiziert Bedingungen im bewegten Medium.

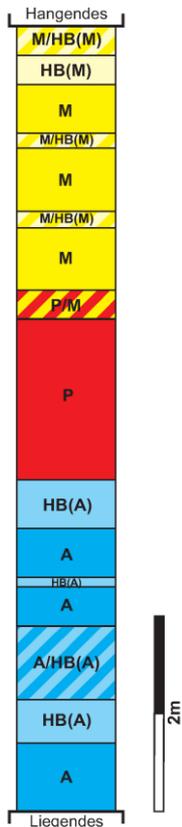


Zum Hangenden hin nimmt der Umlagerungscharakter weiter deutlich zu. Insbesondere sind zahlreiche Liptodetrinit-Klasten zu beobachten. Mikroskopisch entspricht die Kohle der Grundmasse eines HB im Zwischenmittelniveau. Allerdings fehlt jeder Hinweis auf ein im Liegenden eines HB in der Regel ausgebildetes Hochmoorstadium (M-Fazies). Auch Pinus- und Angiospermen-Fazies fehlen – der fazielle Zyklus ist in seinen basalen Teilen bereits gestört und in seiner Normalentwicklung unterbrochen. Naheliegender ist, dass dies auf fluviatile Einflüsse zurückzuführen ist und die erwähnte hohe Destruktion der hangenden HB-Lagen auf eine intensive, ebenfalls fluviatile Torfaufarbeitung zurückzuführen ist.

Die sich im Hangenden des Feinsand-Mittels fortsetzende Entwicklung (Flöze 23u21 und 23u22) beginnt mit einer durch Umlagerungserscheinungen geprägten K-Fazies. Mit der anschließenden Wiederbesiedlung beginnt die bekannte Ausbildung eines moorfaziellen Zyklus, interpretiert als Flözbank 23u21. Waldmoorbereiche, insbesondere die A-Fazies und ihre HB-Straten sind vorherrschend, führen jedoch nicht zur Herausbildung gelber bitumenreicher Bänder. Die Entwicklung schließt im mittleren Profilteil mit der Anlage eines HB im Niveau regionaler Zwischenmittel (Flöz 23u21/23u22) ab. Die anschließende Flözbank 23u22 erscheint in ihrer faziellen Ausbildung gestört. Mächtige Waldmoorbereiche fehlen. Dominant ist die Markoduria-Fazies, kombiniert mit zwischenmitteläquivalenten HB-Bildungen. Bemerkenswert ist die hohe Anzahl von entgasungsblasenführender Resinite in Kombination mit Makrinit und Fusinit.

Diese Komponenten sind eindeutig auf thermische Ereignisse zurückzuführen, ihr Vorkommen in diesen Flözschichten ist allerdings von eindeutig eingeschwemmter Natur.

Abbildung 28: Fazieszusammensetzung des Hauptflözprofils, Tgb. Witznitz



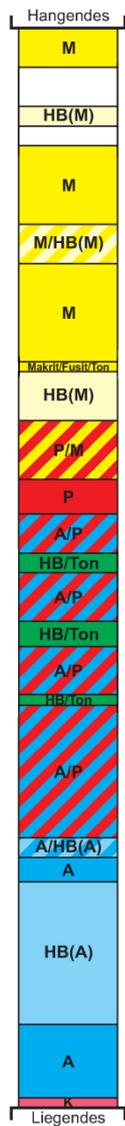
Profil Tagebau Espenhain

Das Profil repräsentiert die Flöze 23u21 und 23u22. Makropetrographisch ist es durch einen intensiven Wechsel bitumenreicher gelber Kohlen mit braunen Lithotypen gekennzeichnet. Gelbe Lithotypen bestimmen bis zu 30 % der Abfolge (ehemals als Schwelkohlen genutzt). Darüber hinaus treten im oberen Flöz Drittel, gebunden an die Marcoduria-Hochmoor-Fazies, zwei 0,4 bis etwa 0,6 m mächtige Bereiche mit schwarzbraunen Kohlen auf. In jedem Falle handelt es sich um reine Grundmassekohlen, eine Schichtung ist nicht zu beobachten.

In der genetischen Entwicklung ist die an der Flözbasis zu erwartende K-Fazies nicht nachzuweisen.

Das gesamte Profil wird zu mehr als 60 % durch Waldmoorbereiche, insbesondere den angiospermenbetonten Bruchwald (A-Fazies) und seine aerob gebildeten HB-Äquivalente aufgebaut. Im hangenden Drittel Marcoduria-Hochmoorbildungen mit eingeschalteten HB im Zwischenmittelniveau dominant. Der oftmalige Wechsel zwischen M-Fazies und HB ist als Indiz für temporär wechselnde Bedingungen des Environments, möglicherweise hervorgerufen durch fluviale Einflüsse, zu werten. Auch im mikroskopischen Bild zeigen sich in genannten Straten vermehrt Indizien für Umlagerungsvorgänge: Seifenartige Anreicherung von Resinit, Fusinit, seltener Makrinit, Ton-/Schluff-Klasten und dispers verteilte gut gerundete Quarzkörner.

Abbildung 29: Fazieszusammensetzung des Hauptflözprofils, Tgb. Espenhain



Profil Tagebau Profen

Das aufgenommene Profil ist zweigliedrig und teilt sich das abgespaltene liegende Flöz 23u11 und 23u12 und den zwischenmittelfreien Flözkörper 23u12 bis 23u22.

Gelbe Bandlagen sind sowohl im basalen Abschnitt, hier beträgt ihr Anteil mehr als 1/3 der Mächtigkeit, als auch in den Bänken 23u3 und 4 vertreten (~15 %). Insbesondere die braunen Kohlen im oberen Teil des kompakten Flözes weisen eine schwache Schichtung auf. Erwähnenswert ist eine stark vergelte, schwarzbraune Strate an der Basis von Flöz 23u11. Eine zweite dunkle Strate befindet sich im mittleren Teil von Flöz 23u22. Hierbei handelt es sich jedoch nicht um höher vergelte Kohlen, sondern eine Fusit und Makrit führende, tonige Lage („Schlackehorizon“).

Flöz 23u11 beginnt untypisch mit einer P-Fazies. Offensichtlich ist dies dem Paläorelief geschuldet. Die destruierte Grundmasse der schwarzbraunen, braunen bis gelben Kohlen aus diesem Faziesbereich erscheint zum Hangenden hin zunehmend durchbewegt. Seifenartige Resinitanreicherungen, Ton und Liptinit-Klasten sprechen dafür. Im Zentralteil des geringmächtigen Profils folgen M-Fazies und zwischengeschaltete HB-Bildungen als temporäre Zwischenmitteläquivalente (Flöze 23u11/23u12). Auch die M-Fazies ist in hohem Maße von Umlagerungsvorgängen betroffen. Der Zyklus endet mit einem relativ mächtigen HB.

Die sukzessive Neubesiedlung über dem Zwischenmittel (GWL 4) beginnt in zu erwartender Weise mit der K-Fazies, die in den Angiospermen-Bruchwald übergeht. Auch hier lassen sich die bekannten Umlagerungs-Phänomene nachweisen. Der hohe Anteil gelber Kohlen in den Flözen 23u21 und 23u22 prägt auch das mikroskopische Erscheinungsbild. Dominant ist humoser und liptinitischer Detritus, stets einhergehend mit Anzeichen für Umlagerungsprozesse.

Als Zeichen stärkerer Vernässung geht die A-Fazies zum Hangenden hin sukzessive in einen A-P-Wechselagerung über. Die A-Fazies wird von mehreren, aschereichen Straten (HB in Zwischenmittelposition) überlagert, die lateral in tonige Zwischenmittel übergehen können (Mittel Flöz 23u21/23u22).

Sind für den unteren Teil dieses Profilabschnitts Waldmoorbildungen, insbesondere die A- und P-Fazies charakteristisch, so dominiert im oberen Teil die Entwicklung ombrothropher Torfe mit einigen zwischengelagerten HB bzw. Zwischenmitteleinschaltungen.

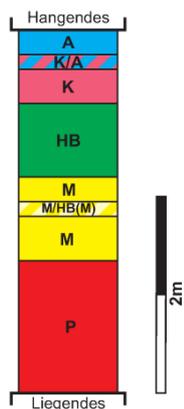
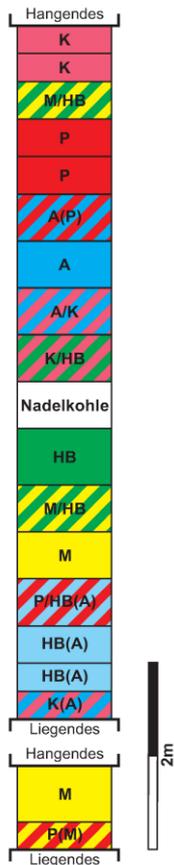


Abbildung 30: Fazieszusammensetzung des Hauptflözprofils, Tgb. Profen



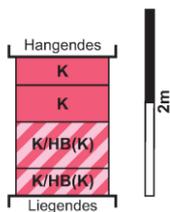
Brg. Domsen 26144/10

Makropetrographisch besteht das Bohrprofil vorwiegend aus braunen ungeschichteten Kohlen. Gelegentlich sind gelbbraune und gelbe Lithotypen eingeschaltet. Die Abfolge wird vom Liegenden her gesehen bereits nach 0,9 m durch ein Zwischenmittel (GWL 4 Mittel flöz 23u11/23u12) getrennt. Untypisch für eine Moorentwicklung beginnt die Folge mit einer Pinus-Fazies (P), die in eine 0,6 m mächtige Hochmoorfazies (M) übergeht. Die Ausbildung der Flözbasis, analog der Basisentwicklung im benachbarten Raum Profen, ist möglicherweise offensichtlich auf eine Höhenlage des Paläoreliefs zurückzuführen. Der im Hangenden anschließende Profilteil lässt sich nahezu zu gleichen Teilen in das Flöz 23u21 und 23u22 gliedern. Die Trennung ist signifikant durch einen Nadelhorizont (K-Fazies an der Basis Flöz 23u22), der einem Hellen Band im Zwischenmittelniveau aufliegt, erkennbar. Beide Abfolgen sind dominant durch Waldmoor-Fazies (K, A und P) bestimmt. Mehr als 50 % der Flözmächtigkeit ist in dieser Weise aufgebaut. Daneben ist der hohe Anteil oft mächtiger aerob gebildeter Bandfolgen bemerkenswert. Etwa ein Viertel Mächtigkeit besteht aus feindetritischen Kohlen aufgearbeiteter Waldmoorbereiche (HB/A) bzw. bitumenreicher Zwischenmitteläquivalente (HB).

Angemerkt sei, dass im oberen Bereich sich bereits 0,6 m vor Profilende ein HB als Abschluss des faziellen Zyklus befindet. Die nachfolgende Entwicklung beginnt mit einer Neubesiedlung durch die K-Fazies. In ihre Grundmasse sind dispers verteilt gut gerundete Quarze eingelagert, deutbar als Indiz für einen erosiv bedingten Stop der weiteren Paläomoorentwicklung.

Abbildung 31: Fazieszusammensetzung des Hauptflözprofils, Domsen Brg. 26144/10

5.3.3 Oberflözkomplex

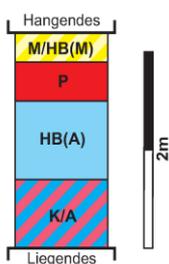


Brg. Peres 34444/10

Das lediglich 1,5 m mächtige Profil besteht ausschließlich aus Kohlen der K-Fazies einschließlich ihrer aeroben, verstärkt humosen und liptinitischen Detritus führenden Aufarbeitungshorizonte (HB in K). Es handelt sich somit ausschließlich um die basalen Teile des Flöz 4-Komplexes. Aus mikropetrographischer Sicht auffällig sind der sehr hohe Gehalt an kristallinem Pyrit, insbesondere konzentriert im basalen Teil, und gut gerundeten Quarzen an der Basis und im Top-Bereich. Letzteres wäre als Indiz für eine erosive Beeinflussung der Flözausbildung zu werten.

Obwohl makroskopisch keine Xylitreste ausgewiesen sind, zeichnet sich die gesamte Folge im Mikrobereich, typisch für die K-Fazies, durch einen hohen Anteil oft großflächig ausgebildeter Holzgewebe unterschiedlicher Humifikation (Textinit/Ulminit) aus.

Abbildung 32: Fazieszusammensetzung des Oberflözkomplexes, Brg. Peres 34444/10



Profil Tagebau Witznitz

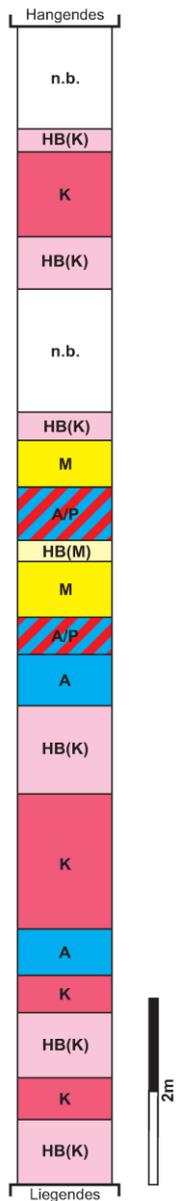
Die Basis des Profils bilden schwach geschichtete braune Kohlen, die von ungeschichteten braunen Lithotypen überlagert wird. Im Top sind graubraune, stark von Ton beeinflusste Lithotypen zu erkennen.

Die an der Basis typische K-Fazies ist mit der A-Fazies vermischt. Es finden sich bis zu 0,25 mm große Quarzkörner unterschiedlichen Rundungsgrades sowie goldgelbe und braunlumineszierende Resinite.

Das im Hangenden dieser Lagen folgende Helle Band in A-Fazies zeigt die typische feindetritische Grundmasse mit korrodierten und zonierten Resiniten. Fusinit, Nadelquerschnitte und seifenartige Resinitanreicherungen sind in der darüber lagernden P-Fazies enthalten. Der makroskopisch erkennbare hohe Tonanteil setzt sich in der mikroskopischen Bewertung fort.

In der M-Fazies, die durch ein Helles Band geprägt ist, sind Toneinlagerungen in der Grundmasse zu erkennen. Daneben sind große Suberinit- und Marcoduria-Gewebe sowie goldgelbe, seifenartige Resinitanreicherungen und Wurzelquerschnitte vorhanden. Das gesamte Profil enthält Hinweise auf eine intensive fluviatile Beeinflussung.

Abbildung 33: Fazieszusammensetzung des Oberflözkomplexes, Tgb. Witznitz



Profil Tagebau Espenhain

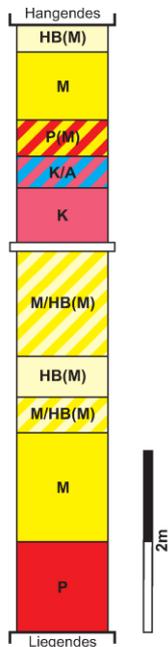
An der Basis dieses Profils des zwischenmittelfreien Oberflözkörpers sind gelbe Kohlen mit einem stark geschichteten schwarzen Band aufgeschlossen. Im restlichen Profilteil weisen die hellen Straten in den braunen Kohlen eine relativ gleichmäßige Bänderung auf.

Der Schichtungsgrad der braunen Partien reicht von ungeschichtet bis stark geschichtet. Eine stärker vergelte schwarze Kohle mit schwach ausgebildeter Schichtung tritt im unteren Drittel auf.

Das Profil wird stark von der K-Fazies dominiert. Untypischerweise wird diese Fazies von Hellen Bändern mit K-Fazies-Elementen durchzogen. Im unteren Drittel der Abfolge existieren mehrere unvollständig entwickelte Faziesabfolgen, während der mittlere Bereich des Profils (Flöz 4o2) eine vollständige Abfolge enthält.

Der darauf folgende Fazieszyklus beginnt typischerweise mit einer K-Fazies. Aus nicht rekonstruierbaren Gründen liegen die Daten für den Top des Flözes nur sporadisch vor. Somit können nur K-Fazies und Helle Bänder in K für dieses Profil als Abschluss angenommen werden.

Abbildung 34: Fazieszusammensetzung des Oberflözkomplexes, Tgb. Espenhain



Profil Tagebau Cospuden

Die Abfolge besteht ausschließlich aus braunen Kohlen, die als ungeschichtete und schwach geschichtete Lithotypen vorliegen. Farbnuancierungen sind kaum vorhanden. Im oberen Drittel ist eine etwa 10 cm mächtige Quarzitlage nachweisbar.

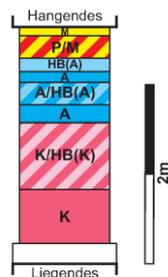
In der mikroskopischen Analyse zeigt sich, dass das Profil durch die M-Fazies dominiert wird. Das Flöz kann in diesem Bereich in zwei moorfazielle Zyklen differenziert werden, wobei die Quarzitlage die Grenze zwischen beiden darstellt.

Der basale Zyklus beginnt mit einer P-Fazies und mündet direkt in die über drei Meter mächtige, durch M-Fazies betonte Einheit. Dieser Bereich ist durch zahlreiche Marcoduria-Gewebe geprägt und ist auch durch seinen Liptinitbestand der M-Fazies eindeutig zuzuordnen. Zum Hangenden des Zyklus nehmen die Anteile feindetritischer Grundmasse, Gerölle aus Ton und Resedimentations-Strukturen (Klasten) zu. Im Bereich der Proben 7 bis 9 ist eine sekundäre Oxidation zu beobachten, die zusammen mit zahlreich auftretenden tongefüllten Zellen in den Marcoduria-Geweben auf fluviatile Beeinflussung hinweist.

Das Flöz 4o3 oberhalb der Quarzitlage beginnt mit einer charakteristischen K-Fazies, die goldgelbe Resinite und verkientes Holzgewebe enthält. Im darauffolgenden Bereich kommt es erneut zum intensiven Wechsel verschiedener Faziesseinheiten (K- und A-Fazies; P- und M-Fazies).

Im Top des Flözes bilden eine M-Fazies und ein helles Band im Zwischenmittelniveau den Abschluss. Beide führen ebenfalls Tonklasten, wobei das HB naturgemäß höhere Gehalte aufweist.

Abbildung 35: Fazieszusammensetzung des Oberflözkomplexes, Tgb. Cospuden

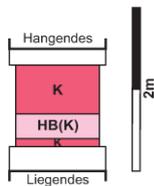


Profil Tagebau Zwenkau 1

Die Kohle ist durchgehend ungeschichtet und weist im Hangenden eine intensive Bänderung auf, hervorgerufen durch die Wechsellagerung von braunen und gelben Straten. Im Top sind schwarze Kohlen zu finden. Die Kohlen sind mehr oder weniger stark mit Sand und Ton versetzt. Das Profil umfasst einen nahezu ideal ausgebildeten moorfaziellen Zyklus. Hervorhebenswert ist die Dominanz von A-Fazies und der häufige Wechsel mit HB in A. An der Basis steht K-Fazies an. Dieser Teil ist aufgrund der umliegenden Sand- und Tonpartien stark mit Tonklasten durchsetzt. Mit der Zunahme des feindetritischen Liptinits kommt es in der K-Fazies zur aeroben Hellen-Band-Bildung. Auch der Suberinit-Anteil nimmt zu, was auf temporäres Trockenfallen und nachfolgende Wiederbesiedlung mit intensiver Durchwurzelung schließen lässt.

Zum Hangenden hin geht die K-HB/K-Abfolge in eine Wechsellagerung, bestehend aus typischer A-Fazies und HB in A-Fazies, über. Dieser Bereich ist ebenfalls stark mit Tonklasten durchsetzt und besitzt textuelle Merkmale von unruhiger Sedimentation bzw. syngenetischer Durchbewegung. Nachfolgend ist eine P-Fazies zu finden. Im Top schließt eine eindeutige M-Fazies das Profil ab. Ein helles Band im Zwischenmittelniveau ist nicht vorhanden.

Abbildung 36: Fazieszusammensetzung des Oberflözkomplexes, Tgb. Zwenkau 1

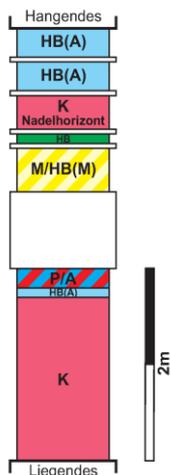


Profil Tagebau Zwenkau 2

Dieser Abschnitt des Flözes 4 wird von Sanden im Liegenden und Hangenden umschlossen. Das Flöz besteht aus einer Wechsellagerung von ungeschichteten schwarzen und braunen Kohlen, die eine mittel- bis kleinstückige Konsistenz zeigen.

In diesem Abschnitt ist lediglich ein Erosionsrest der K-Fazies ausgebildet. Diese Fazieseinheit zeigt typische goldgelbe Resinite, Pyrite in großen Aggregaten und eine stark tonbeeinflusste Grundmasse. Der Bereich, der durch das Helle Band geprägt ist, weist einige Schluff-Ton-Klasten auf, die teilweise auch Grundmassebildner sind. Der Abschnitt im Top zeigt vereinzelt verkiesetes, für die K-Fazies typisches Holzgewebe. Auch hier ist der fluviatile Einfluss durch die Anwesenheit von Quarz und Ton, auch eingelagert in die Lumina der Gewebe, zu erkennen. Suberinit, der in koniferenbetonten Waldmoorbereichen zu erwarten wäre, ist im gesamten Profil nicht nachweisbar. Dies steht als Indiz für eine syngenetische Dichteseparation und fluviatil bedingte Wegführung der Korkreste.

Abbildung 37: Fazieszusammensetzung des Oberflözkomplexes, Tgb. Zwenkau 2

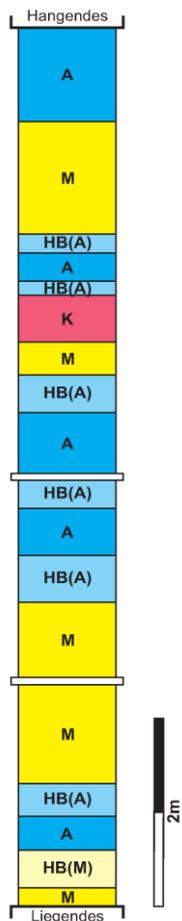


Profil Tagebau Zwenkau 3

Die braunen Kohlen dieses Profils sind im Topbereich durch eine Vielzahl von Tonstraten durchzogen. Charakteristisch für den mittleren Bereich ist ein auffallender, etwa 80 cm mächtiger Tonhorizont.

Der im vorliegenden Profil dokumentierte Teil des Flöz 4-Komplexes ist in drei Zyklen gliederbar (Flöze 4u, 4o2 und 4o3). Die basalen Proben 1 und 2 weisen in ihrer Lumineszenz eine Grundmasse mit wenigen Liptiniten und typischen goldgelben Resiniten auf. Sie sind der K-Fazies zuzuordnen. Schon dieser Bereich ist durch fluviatile Einflüsse geprägt und besitzt einen hohen Ton- und Schluffanteil. Die A-Fazies ist im Profil nur sehr sporadisch vertreten und zeigt oft Übergänge zum Hellen Band (HB in A). Auch der anschließende Zyklus besteht hauptsächlich aus wechselnden Waldmoorgesellschaften (K-, A- und P-Fazies).

Abbildung 38: Fazieszusammensetzung des Oberflözkomplexes, Tgb. Zwenkau 3



Profil Tagebau Zwenkau 4

An der Basis des kompakten Flözprofils, das stratigraphisch den Flözen 4o1 bis 4o3 entspricht, kommt es zu einer intensiven Kontrastbänderung aus braunen und gelben Kohlen. Zum Hangenden hin nimmt dieses Phänomen ab. Im unteren Drittel der Abfolge ist eine ungeschichtete schwarze Kohle zu erkennen. Die Kohlen des unteren Teils sind als ungeschichtet charakterisierbar. Erst in den oberen zwei Dritteln erreicht die Schichtung schwache bis starke Gradation. Des Weiteren wird das Flöz von zwei sandigen Zwischenmitteln im unteren Drittel durchzogen.

Im Gesamtbild dominiert die M-Fazies. In völlig untypischer Weise bildet diese auch die erkennbare Flözbasis. Gefolgt wird diese von einer A-Fazies, die ohne scharfe Grenze in ein helles Band in A übergeht. Diese Entwicklung wiederholt sich mehrfach und wird lediglich im oberen Drittel von einer K-Fazies unterbrochen.

Auch der Abschluss des Profils mit einer A-Fazies ist als untypisch zu bezeichnen und steht als Indiz für eine erosive Beeinflussung des Hangendbereiches.

Abbildung 39: Fazieszusammensetzung des Oberflözkomplexes, Tgb. Zwenkau 4

5.4 Zusammenfassende Aussagen zur Moorfazies und Flözgliederung des Unter-, Haupt- und Oberflözkomplexes

Die Braunkohlenflöze bestehen aus einem oder mehreren, mehr oder weniger vollständig entwickelten Moorfazies-Zyklen (vgl. Kap. 5.1, Abbildung 18). Dadurch lässt sich auch der zwischenmittelfreie Flözkörper feinstratigraphisch gliedern. Die Position von Zwischenmittelsedimenten befindet sich jeweils zwischen zwei Zyklen. Oft ist als zeitliches Mitteläquivalent ein sogenanntes helles Band (vgl. Kap. 5.2.2) vorhanden. So ist es möglich, die stratigraphische Lage von abgespaltenen Flözen im kompakten Flözkörper zu lokalisieren und damit abgespaltene Flöze mit dem kompakten Flözkörper zu korrelieren.

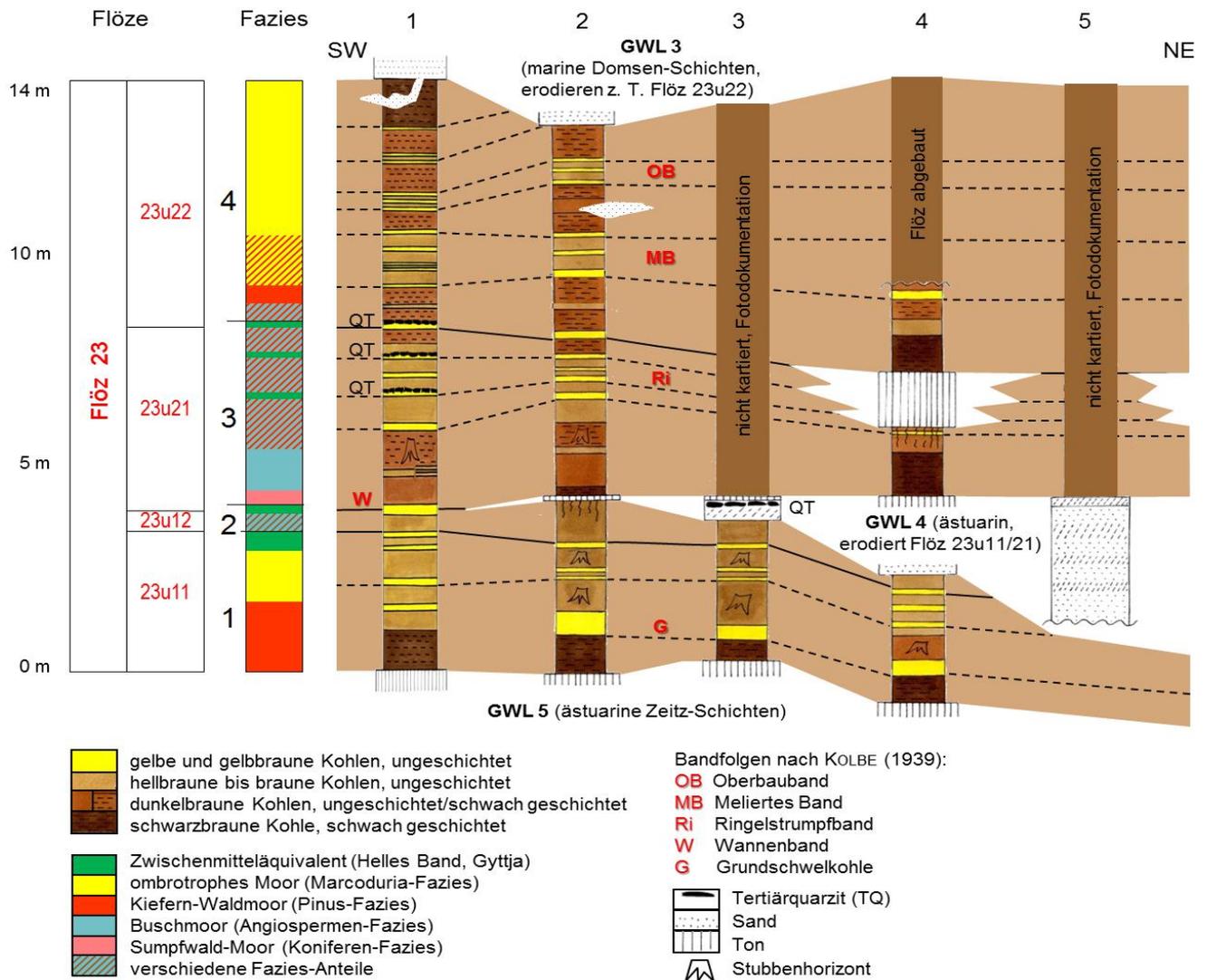


Abbildung 40: Fazies- und Flözgliederung des kompakten und aufgespaltenen Hauptflözkomplexes in den Tagebauen Profen und Schwerzau (nach RASCHER 2008)

Das lässt sich gut anhand einer in den Tagebauen Profen und Schwerzau aufgeschlossenen Aufspaltung des Hauptflözkomplexes (sog. Rusendorfer Gabel, Abbildung 40) demonstrieren. Dort konnten an der Tagebauböschung Flözprofile detailliert makropetrographisch (Lithotypen nach Farbe und Textur) aufgenommen, beprobt und faziell untersucht werden. Damit ließ sich die stratigraphische Position des Zwischenmittels (GWL 4) und seines Äquivalentes (Helles Band in M-Fazies) im kompakten Flözkörper nachweisen. Im Kontaktbereich des tonig ausgebildeten Mittels zu den flachmarinen Mittelsanden des GWL 4 treten syngenetische Quarzitlagen auf, die durch die Mobilisierung von Kieselsäure im basischen Milieu und deren Wiederausfällung an (sauren) geochemischen Barrieren entstehen (vgl. dazu Kap. 6.1.4.3).

Bei dem Tonmittel zwischen den Flözen 23u21 und 23u22 handelt es sich um eine relativ lokal ausgebildete Flözaufspaltung. Die Sandeinlagerungen im oberen Flözbereich sind epigenetisch, über Klüfte in den Flözkörper eingedrungene (marine) Domsener Sande aus dem Flözhangenden. Auf der Basis der moorfaziellen Untersuchungen und unter Berücksichtigung des lithofaziellen Flözaufbaus sowie bohrlochgeophysikalischer Indikationen (besonders Elektrik/kleine und große Normale: spiegelt über den Rohkohlenwassergehalt die Lithotypenabfolge/Farbbänderung wider [vgl. u. a. HELBIG et al. 1986]), wurde für die wichtigsten Flözkomplexe je ein Modell der Moorfazies- und Flözgliederung entworfen.

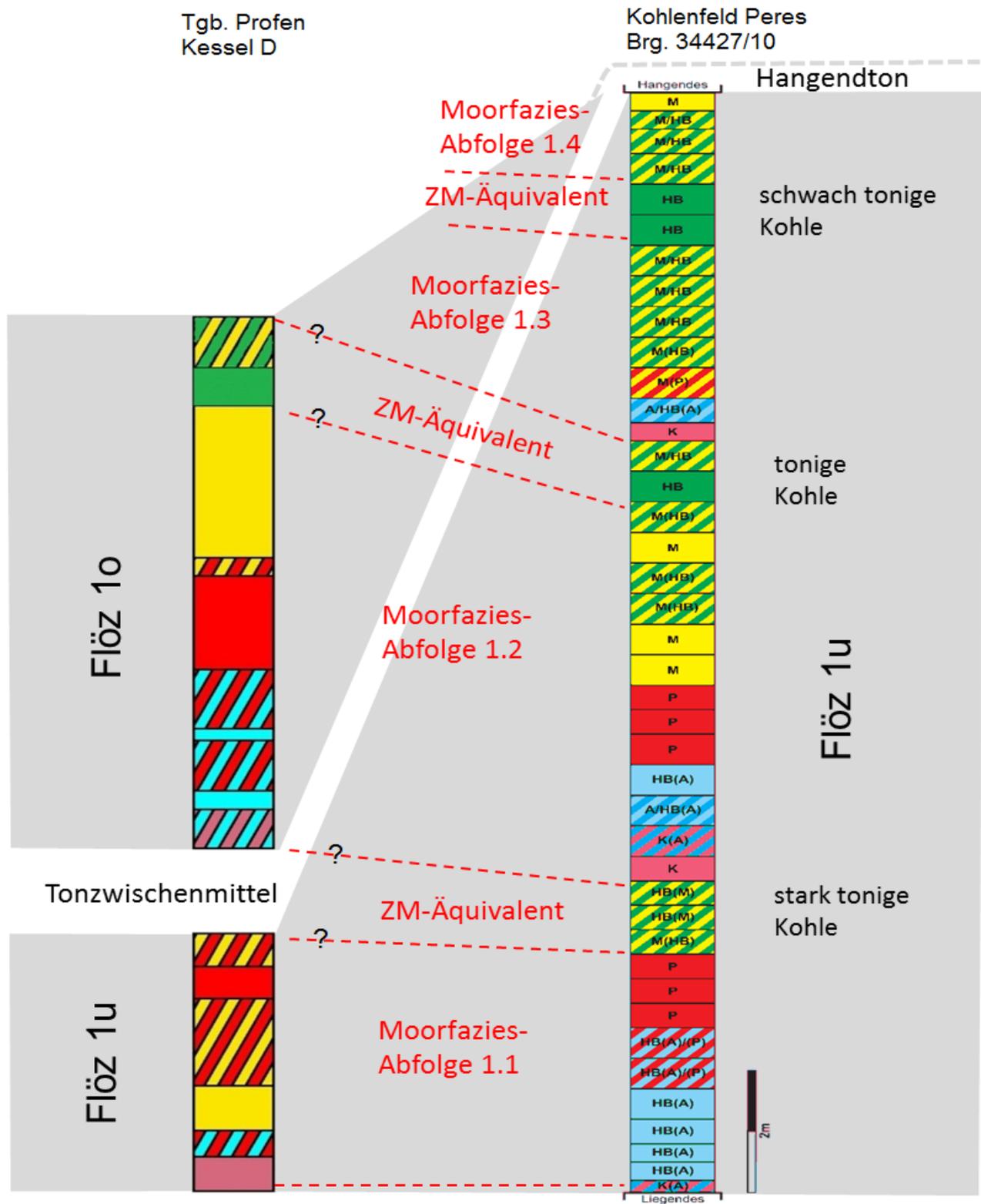


Abbildung 41: Fazies- und Flözgliederung des Unterflözkomplexes im Profil aus dem Kessel D im Tgb. Profen und in der Brg. Peres 34427/10

Unterflözkomplex

Die Kenntnis zum moorfaziellen Aufbau des Flöz 1-Komplexes ist vergleichsweise gering. Im Rahmen dieses Themas wurden je ein Profil im Kohlenfeld Profen und in Peres untersucht. Dabei können in der Peres-Bohrung (Abbildung 41) vier Moorfazies-Zyklen im geologisch als Flöz 1u eingestuften Profil ausgehalten werden. Möglicherweise entsprechen davon die beiden unteren Abfolgen den zwei in Profen ausgliederbaren Fazies-Zyklen im Niveau der Flöze 1u und 1o.

Bemerkenswert am Peres-Profil ist die Tatsache, dass die Moorfazies-Zyklengrenzen mit aschereichen Kohlen zusammenfallen, die als Zwischenmitteläquivalente lateral in Tonmittel übergehen müssten. In lokalen Bereichen im Raum Schleenhain sind sowohl Flöz 1u als auch Flöz 1o durch einen eingeschobenen Ton jeweils in zwei Flöze getrennt (vgl. Abbildung 12). Regional ist es aber schwierig und weitgehend nur mit Bohrlochgeophysik möglich, die feinstratigraphischen Niveaus dieser Tone in den einzelnen Subrosionsstrukturen zu korrelieren.

Die wenigen moorfaziellen Untersuchungen bestätigen das verwendete Flözmodell (Flözkörper in die Flöze 1u und 1o aufgespalten, von denen erstgenanntes Flöz die am weitesten verbreitete Kohle ist und Flöz 1o nur als Erosionsrest auftritt, vgl. Abbildung 10) nicht (vgl. Kap. 4.3.2). Weitere mikropetrographisch-fazielle Untersuchungen an Profilen des Unterflözkomplexes wären angebracht.

An dieser Stelle sei darauf verwiesen, dass auch durch neuere palynologische Analysen im Rahmen von Braunkohlenerkundungsarbeiten (BLUMENSTENGEL in FISCHER et al. 2009) eine sichere stratigraphische Zuordnung der Flöze 1u und 1o (Aufspaltung der Sporomorphenzone SPP 17) bisher nicht gelungen ist.

Hauptflözkomplex

Anhand der vorliegenden Fazies-Profile ist der Hauptflözkomplex recht gut gliederbar (Abbildung 42 und Abbildung 43), was bereits von RASCHER et al. (2006, 2008) geschildert werden konnte. Das dort verwendete Modell hat sich mit den FuE-Untersuchungen bestätigt. Damit ist es möglich, die im Aufspaltungsbereich über die bohrlochgeophysisch und lithostratigraphisch aushaltbaren Flöze (vgl. Kap. 4.3.6; Horizontkarten Anlagen 2.5 und 2.8) mit dem kompakten Flözkörper zu korrelieren.

Dabei zeigt sich, dass die ältesten Abfolgen nur im südlichen Untersuchungsgebiet ausgebildet sind (Kohlenfelder Domsen, Profen, Peres, Schleenhain), während im Bereich Witznitz, Espenhain und Zwenkau Teile der älteren und jüngeren Zyklen fehlen.

Der Flöz 23u-Komplex besteht aus max. vier Fazies-Zyklen, die den Flözen 23u11 bis 23o22 entsprechen. Bis auf die liegende Abfolge sind die Zyklen relativ vollständig entwickelt und reichen von basalen Waldmooren bis terminal anzutreffenden ombrotrophen Mooren (vgl. Kap. 5.3.2). Der Flöz 23o-Komplex besteht aus zwei nur rudimentär entwickelten Abfolgen, in denen Waldmoore dominieren.

Oberflözkomplex

Anhand der Ausbildung der vier Fazies-Zyklen im komplexen Flöz 4-Komplex lässt sich recht gut, besonders unter zu Hilfenahme der Bohrlochgeophysik (vgl. Abbildung 15), die stratigraphische Korrelation des kompakten Flözkörpers in den Kohlenfeldern Espenhain, Zwenkau und Witznitz mit den abgespaltenen Flözen in den Räumen Profen, Peres und Schleenhain vornehmen (Abbildung 44).

Die Fazies-Zyklen im Oberflözkomplex (Abbildung 44) bestehen in der Regel aus einer basalen Waldmoor (K-, A-Fazies) und einer terminalen M-Fazies (ombrotrophes Moor). P-Fazies (oligotrophes, relativ trockenes

Waldmoor) sind nur untergeordnet in den beiden unteren Abfolgen nachgewiesen worden (vgl. Kap. 5.3.3). Diese Ausbildung ist typisch für den zwischenmittelfreien Oberflözkomplex.

In den abgespaltenen Flözen herrschen eutrophe und feuchte Waldmoore vor, dominiert durch die K-Fazies.

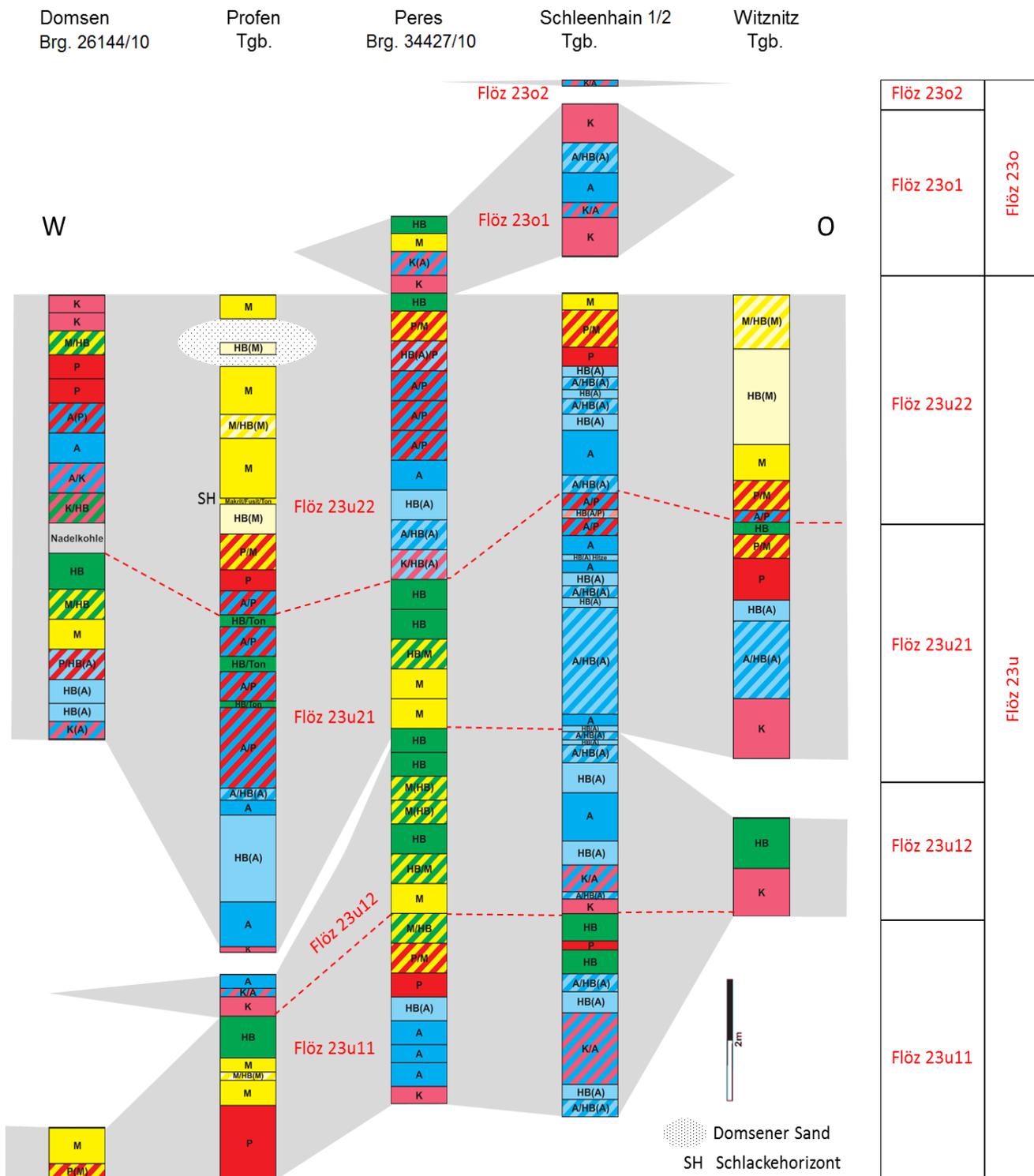


Abbildung 42: Fazies- und Flözgliederung des Hauptflözkomplexes anhand eines W-O-Schnittes (Bezugsniveau Oberkante Flöz 23u22)

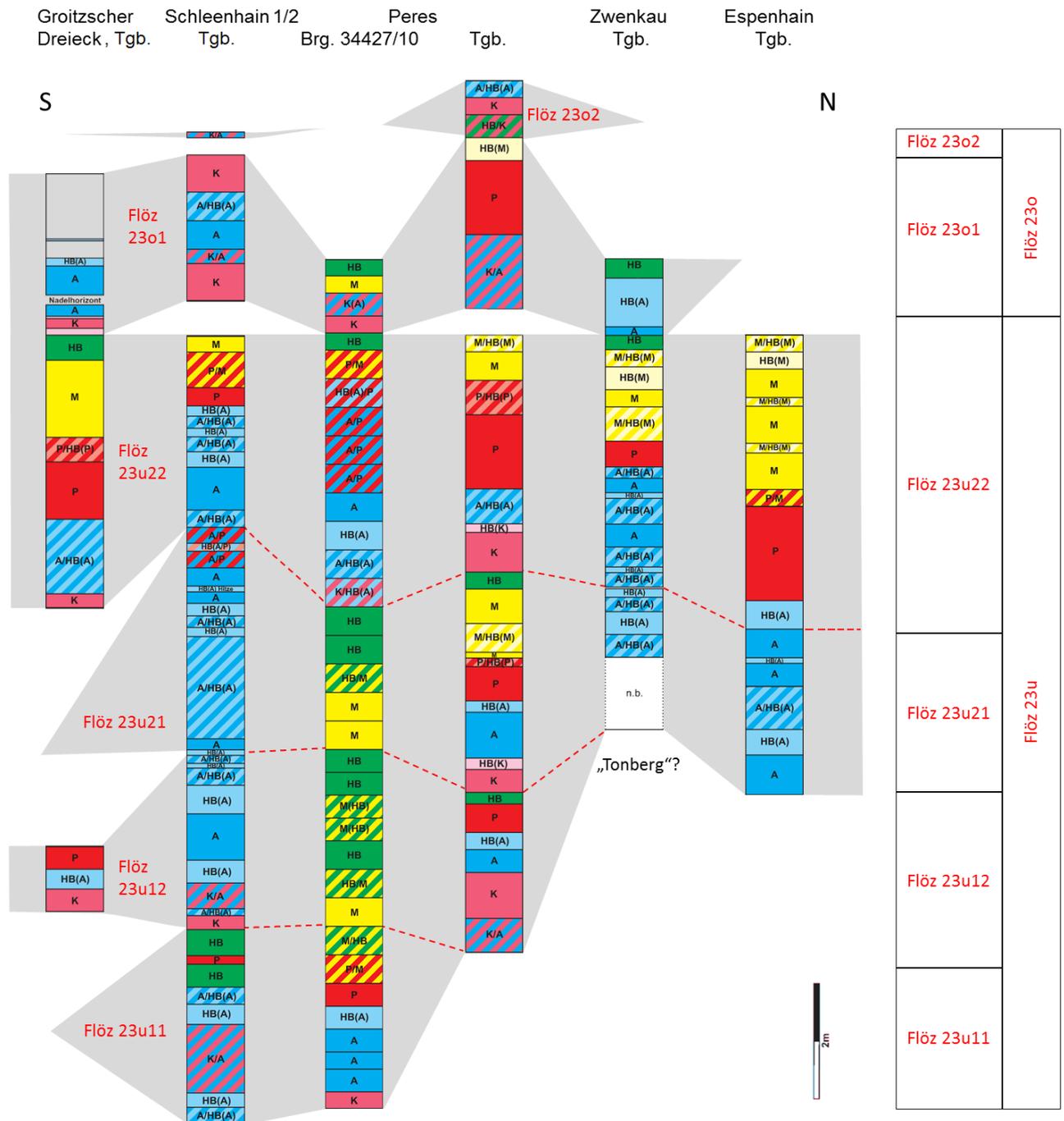


Abbildung 43: Fazies- und Flözgliederung des Hauptflözkomplexes anhand eines S-N-Schnittes (Bezugsniveau Oberkante Flöz 23u22)

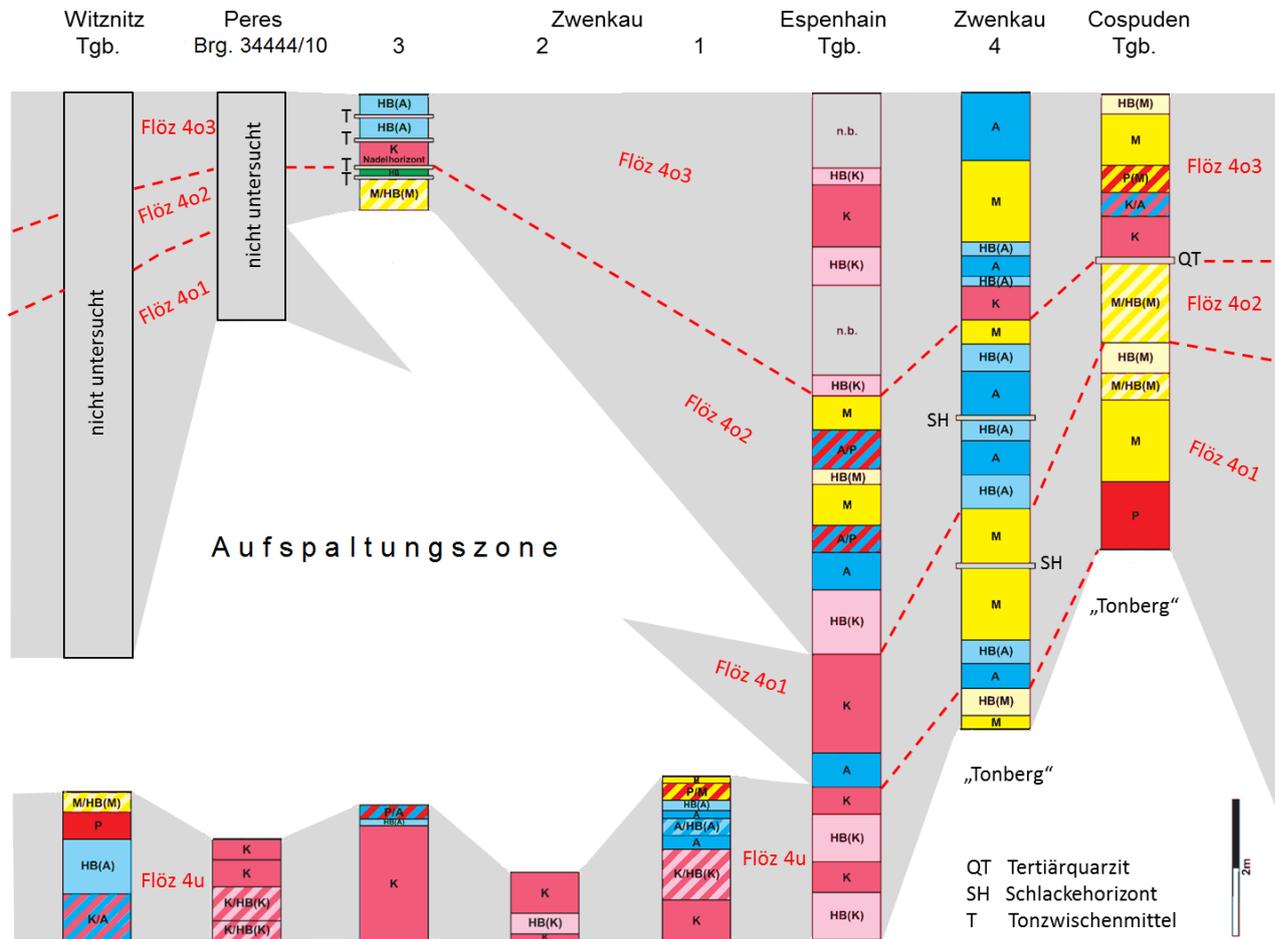


Abbildung 44: Fazies- und Flözgliederung des Oberflözkomplexes (Bezugsniveau Flözober- und -unterkante, d. h. Zwischenmittelmächtigkeit in der Aufspaltungszone ist nicht maßstabgerecht)

6 Geochemische Ausbildung der Schichtenfolge

6.1 Geochemie der Braunkohlenflöze

6.1.1 Kenntnisstand

Untersuchungen zu den kohlenchemischen Parametern waren und sind ein wesentlicher Bestandteil der Braunkohlenerkundungen. Hierbei wurden/werden folgende wesentliche Parameterkomplexe erfasst:

- Die qualitätsbestimmenden Parameter wie Aschegehalt, Heizwert, Bitumengehalt, Schwelteergehalt, Rohdichte, Rohwassergehalt und auch der Schwefelgehalt wurden zumeist in großer Anzahl bestimmt. Für die nachfolgenden Betrachtungen werden davon der Asche- und der Schwefelgehalt genutzt.
- Für die Aschehauptparameter wie SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MgO , CaO , Na_2O , TiO_2 liegen ebenfalls auch für ältere Erkundungsobjekte Untersuchungsparameter in großer Anzahl vor und stellen die wesentliche Grundlage für die vorliegenden Auswertungen dar.

- Spurenelementuntersuchungen wurden erst in den 1980er-Jahren in die Braunkohlenerkundungen aufgenommen. Hierbei wurde an einzelnen wenigen Aufschlüssen und Proben eine Vielzahl an Spurenelementen bestimmt. Die vorliegenden Daten wurden einer Plausibilitätsprüfung unterzogen. Nicht plausible Daten wurden von den weiteren Betrachtungen ausgeschlossen (systematische Analysenfehler). Auf der Grundlage der wenigen vorliegenden Untersuchungsergebnisse können lediglich einzelne Aussagen zu vertikalen Veränderlichkeiten in der Spurenelementführung angedeutet werden.
- Als weitere Grundlage zur Erkennung und Beschreibung der lagerstättengenetischen Abläufe wurden mineralogisch-geochemische Besonderheiten der Begleitschichten wie Vorkommen von Quarziten und Schwermineralen in die Betrachtungen einbezogen.

Für die Hauptelemente war die Erstellung flözbezogener Parameterkarten (Anlage 3) möglich. Weiterhin wurden für die einzelnen Flözbereiche innerhalb der Flözkomplexe Mittelwerte (als Medianwerte) ermittelt. Die Flözkomplexe werden durch Häufigkeitsstatistiken verglichen (Tabellen 6 bis 11).

Die Diagramme mit den dafür notwendigen korrelativen Zusammenhängen zwischen kohlengeochemischen Parametern und in Beziehung zur Flözmächtigkeit sind in Anlage 6 ausgewiesen. Bei den zugrundeliegenden Wertepaaren handelt es sich um auf bohrungsbezogene, nach der Probenmächtigkeit gewichtete Flözmittelwerte.

Die wenigen Daten zu den Spurenelementen konnten vergleichend zum Clarke-Wert (Schiefer, Tone) und dem globalen Mittelwert für Braunkohlen nach JUDOVIC et al. (1985) bewertet werden. Des Weiteren wurde die vertikale Parameterentwicklung in einzelnen charakteristischen Flözprofilen dargestellt.

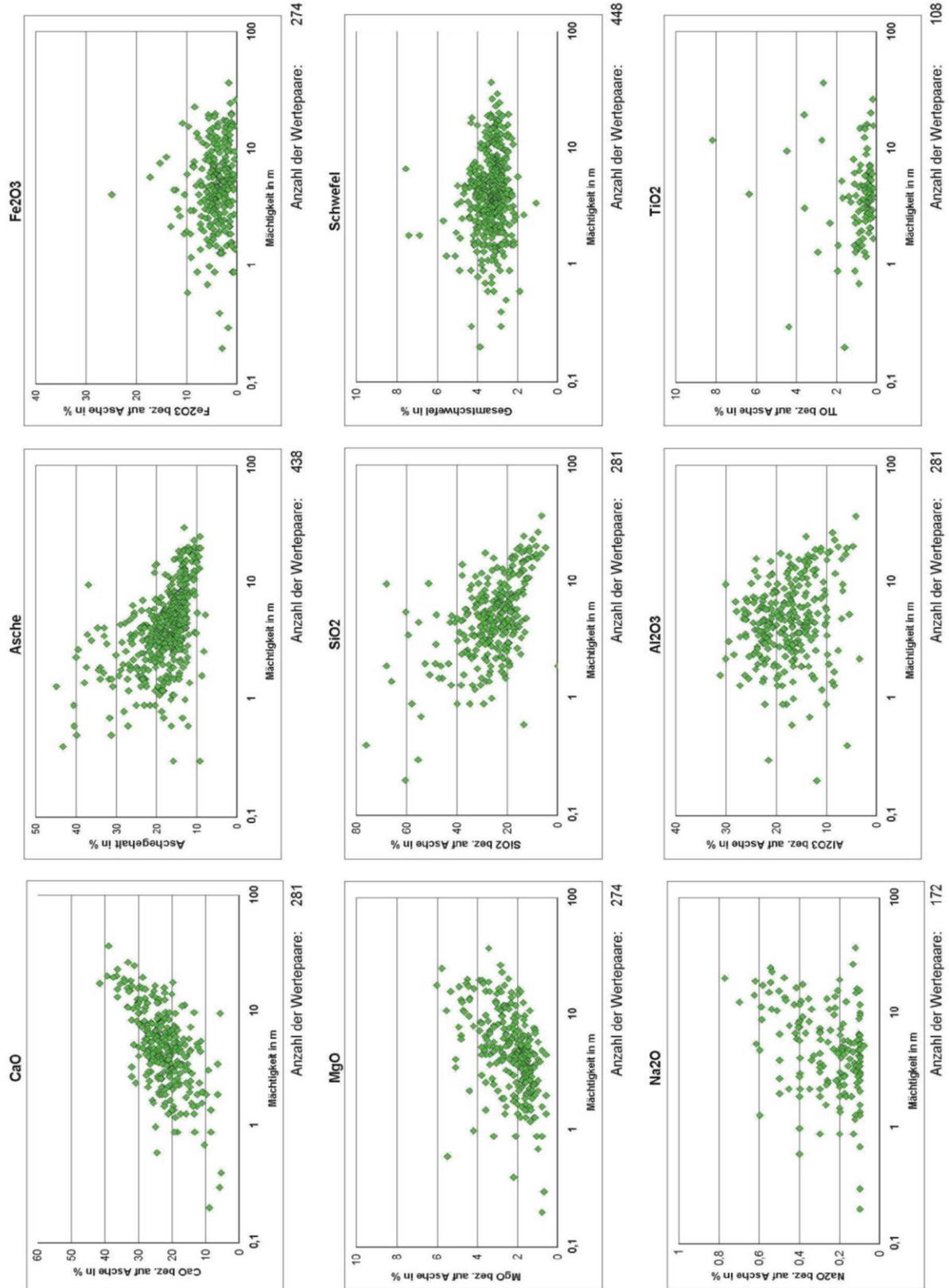


Abbildung 45: Korrelationen Parametergehalte zu Flözmächtigkeiten, Flöz 1u-Komplex

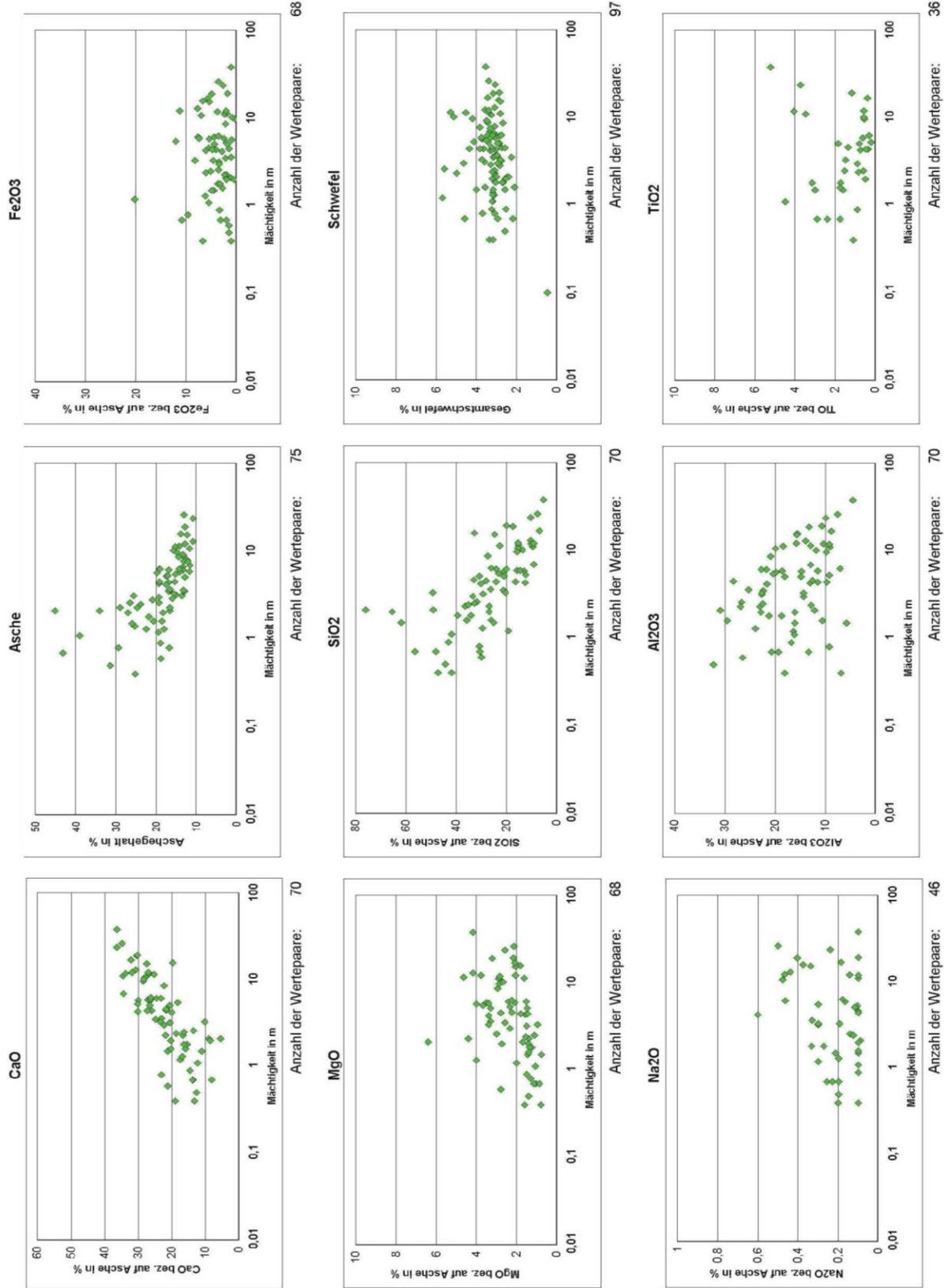


Abbildung 46: Korrelationen Parametergehalte zu Flözmächtigkeiten, Flöz 10-Komplex

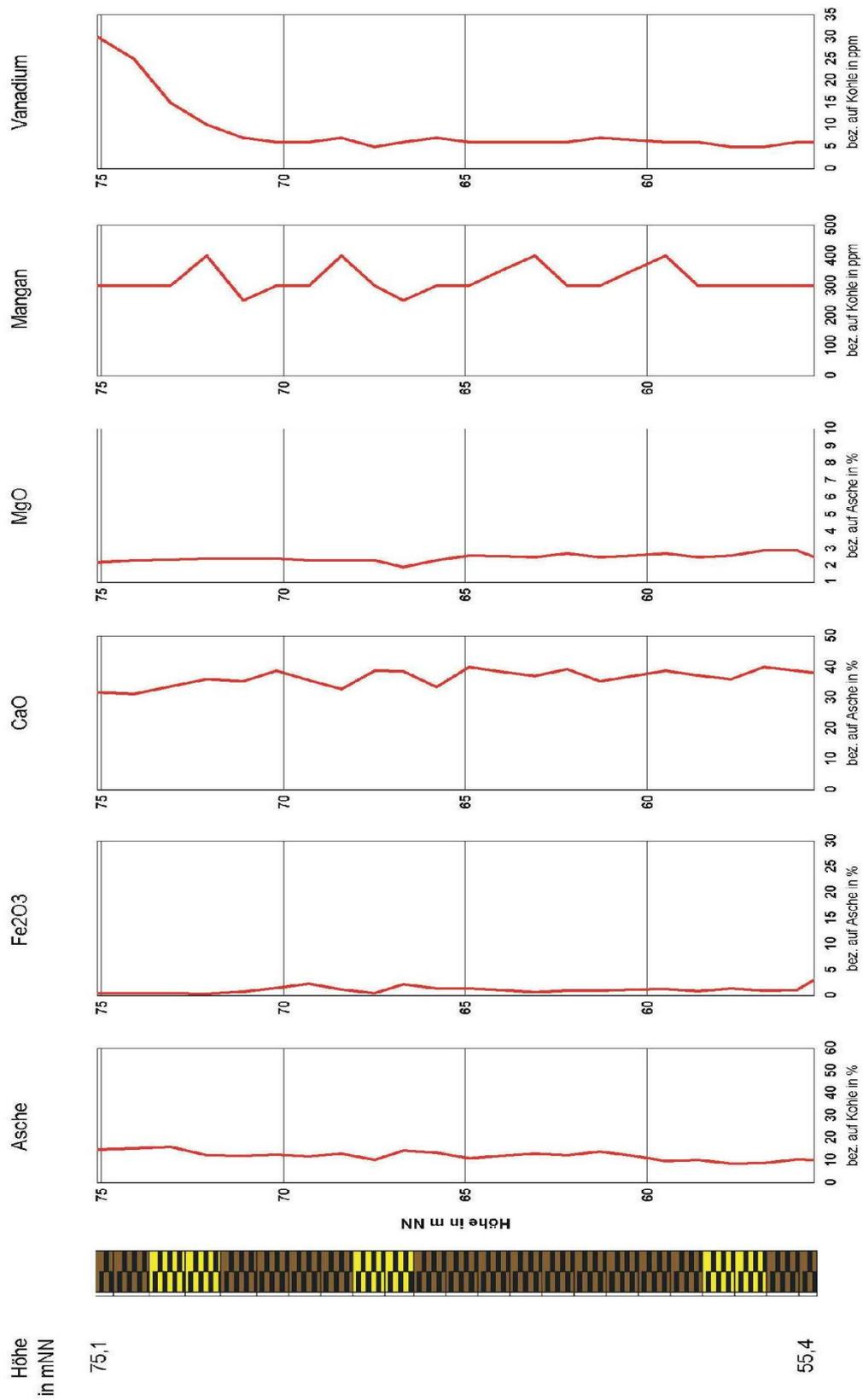


Abbildung 47: Parameterentwicklung im Profil Flöz 1-Komplex (Kohlenfeld Elsteraue, Brg. 232/83)

Tabelle 6: Gehalte an Hauptelementen, Flöz 1-Komplex

Flöz 1u westliche Subrosionskessel	Flöz 1o Flöz 1u „Normallagerung“	Flöz 1u östliche Subrosionskessel
Mächtigkeit in m		
	3,6 (0,1-38)	
18 (15-30)	3,8 (0,2-15)	18 (15-25)
Asche^d in %		
	16,9 (11-45)	
12 (10-16)	14,7 (8-45)	11,9 (9-15)
SiO₂^a in %		
	26 (5,4-76)	
8,5 (5-10)	26,3 (0,2-76)	14,3 (7-29)
Al₂O₃^a in %		
	16 (4,5-32)	
7,9 (5-12)	18 (3,5-31)	13,2 (6-24)
CaO^a in %		
	22,3 (5,5-36)	
33,2 (30-38)	22,1 (5,5-36)	32,5 (20-42)
MgO^a in %		
	2,1 (0,8-6,4)	
2,7 (2-4)	2 (0,6-5,5)	4 (2,3-13)
Fe₂O₃^a in %		
	3,6 (0,2-20)	
1 (0,5-1,2)	4 (0,2-25)	4,2 (1,1-11)
Na₂O^a in %		
	0,2 (0,1-0,6)	
0,16 (0,1-0,5)	0,2 (0,1-1,5)	0,55 (0,1-0,8)
TiO₂^a in %		
	1,2 (0,2-5,2)	
0,4 (0,2-3,6)	0,6 (0,2-15)	0,85
St^d in %		
	3,2 (0,5-5,7)	
3,3 (3-4)	3,2 (1,1-7,6)	3 (2,5-4,3)
CaO/MgO		
	10,6	
12,3	11,5	8,1
SiO₂/Al₂O₃		
	0,65	
1,4	0,56	0,83
SiO₂^a+Al₂O₃^a in %		
	42	
16	44	28

- **xy** - Medianwerte der flözbezogenen Mittelwerte (P50)
- (xy-xy) - Minimal- und Maximalgehalte der flözbezogenen Mittelwerte
- Einstufung der Gehalte in Bezug der Kohlen des ost- und mitteldeutschen Kohlenreviers

xy	hohe Gehalte
xy	erhöhte Gehalte
xy	mittlere Gehalte
xy	geringe Gehalte
xy	sehr geringe Gehalte

Tabelle 7: Gehalte an Spurenelementen, Flöz 1-Komplex

Parameter	Einheit	Clarke Schiefer und Tone	terrestrische Pflanzen	globale Mittelwerte Braunkohle	Braunkohlenfeld
					Elsteraue (1 Aufschluss)
Asche	%				12 (8,6-16,1)
B^d	mg/kg	100	5	30	12 (8-15)
Ba^d	mg/kg	800	30	120	6,2 (5-7)
Be^d	mg/kg	3	0,1	2,4	1 (--2)
Co^d	mg/kg	20	0,25	3,4	6,2 (5-7)
Cu^d	mg/kg	57	4	7,5	4,2 (2-10)
Ga^d	mg/kg	30	0,05	7	2,3 (--6)
Ge^d	mg/kg	2	0,42	1,5	<1 (--1)
Mn^c	mg/kg	670	30	100	320 (250-400)
Mo^d	mg/kg	2	0,1	2,4	<1 (--1)
Nb^d	mg/kg	20	0,3	1	<15 (--15)
Ni^d	mg/kg	95	0,5	8	2,4 (--4)
Pb^d	mg/kg	20	1,8	2,5	2,7 (--5)
Sc^d	mg/kg	10	0	2	<1 (--7)
V^d	mg/kg	130	2,5	23	8,4 (5-30)
Y^d	mg/kg	30	2,2	7	<25 (--40)

- Clarke Schiefer und Ton nach VINOGRADOV (1962) in RÖSLER & LANGE (1975)
- terrestrische Pflanzen (Durchschnittsgehalte, trockene Substanz) nach ZYKA (1971) aus BOUSKA (1981)
- globale Mittelwerte für Braunkohle nach JUDOVIC et al. (1985)
- xy – flözbezogene Mittelwerte (nach Ergebnisberichte Braunkohlenerkundung und Lagerstättenkataster Braunkohle des LfULG)
- (xy-xy) – Minimal- und Maximalgehalte im Flöz

6.1.2 Geochemie des Unterflözkomplexes

6.1.2.1 Aschezusammensetzung

Anlagen: 3.1-3.20, 6
 Tabellen: 6 und 7
 Abbildungen: 45 bis 47

Generelle Tendenz

Der Flözkomplex 1 zeichnet sich unter den Kohlen im mittel- und ostdeutschen Kohlenrevier durch deutlich erhöhte Gehalte an CaO aus.

Tendenz innerhalb des Südraumes Leipzig

Innerhalb des Südraumes Leipzig weisen die Kohlen des Flözkomplexes 1 im Vergleich mit den Kohlen der Flözkomplexe 23 und 4 im Durchschnitt (Tabelle 6)

- erhöhte Gehalte an Al₂O₃^a sowie auch an CaO^a und
- die geringsten Aschegehalte und nur geringe Gehalte an Fe₂O₃^a und Schwefel auf.

Tendenz innerhalb des Flöz 1u-Komplexes

Innerhalb der Verbreitung des Flöz 1u-Komplexes unterscheiden sich die Bereiche mit sog. Normallagerung von Bereichen in Subrosionssenken hinsichtlich der Inhalte an anorganischen Parameter voneinander. Auf den Parameterkarten zeichnen sich die Subrosionsstrukturen deutlich von den Bereichen mit Normallagerung durch erhöhte Gehalte an CaO^a und MgO^a ab (Anlagen 3.5 und 3.6).

Mit steigenden Flözmächtigkeiten sind folgende Abhängigkeiten zu beobachten (Anlage 6.1):

- eine deutliche Zunahme der Gehalte an CaO^a und MgO^a ; auch die höchsten Gehalte an Na_2O^a kommen in Flözbereichen mit höheren Mächtigkeiten vor
- eine deutliche Abnahme der Aschegehalte und der Gehalte an SiO_2^a und tendenziell an Al_2O_3^a
- eine von den Flözmächtigkeiten unabhängige Entwicklung der Gehalte an St^d , Fe_2O_3^a und auch an TiO_2^a

Zur Charakterisierung der Bereiche wurde eine Trennung bei einer Flözmächtigkeit von 15 m vorgenommen (Tabelle 6).

Bereiche mit Normallagerung

In den flächenhaft verbreiteten, nur ca. 4 m mächtigen Bereichen mit sog. Normallagerung des Flöz 1u-Komplexes sind im Wesentlichen geringe bis mittlere Aschegehalte und Gehalte an SiO_2^a , CaO^a , MgO^a , Na_2O^a sowie Fe_2O_3^a und St^d (jeweils mit einzelnen Anreicherungen in hangenden Flözbereichen) und TiO_2^a (mit einzelnen Anreicherungen im westlichen Untersuchungsgebiet) anzutreffen. Auffallend sind erhöhte Gehalte an Al_2O_3^a (mit den höchsten Gehalten im östlichen Bereich des Untersuchungsgebietes - Raum Schleenhain).

Flözbereiche in Kesselstrukturen

Dem entgegen unterscheiden sich Flözbereiche in Kesselstrukturen mit höheren Mächtigkeiten durch teilweise von der o. g. Situation deutlich abweichende Parametergehalte. Hierbei lässt sich zwischen zwei Situationen unterscheiden:

- In den Kohlen der im östlichen Teil des Untersuchungsgebietes gelegenen Kesselstrukturen im Raum Peres/Borna/Regis/Schleenhain kommen deutlich erhöhte Gehalte an CaO^a und MgO^a vor. Auch Na_2O^a wird in Gehalten über dem Durchschnitt angetroffen; Hinweise auf Salzeinflüsse werden jedoch nicht deutlich. Der Aschegehalt und der Gehalt an SiO_2^a sind nur gering. Fe_2O_3^a kommt tendenziell in nur geringen Gehalten vor (mit einzelnen Anreicherungen in den hangenden Flözbereichen).
- In den Kohlen in der westlich gelegenen Senke im Raum Profen kommen ähnlich erhöhte Gehalte an CaO^a vor wie in den Kohlen der östlichen Senken. Auch die Aschegehalte sind ähnlich gering. Die Kohlen der westlichen Senke unterscheiden sich jedoch von denen der östlichen durch sehr geringe Gehalte an SiO_2^a , Al_2O_3^a sowie auch an MgO^a und an Na_2O^a . Auffallend sind sehr geringe Gehalte an Fe_2O_3^a sowie auch an TiO_2^a . Bezeichnend sind mit nur 15 % sehr geringe Anteile an klastogenen Komponenten in den Aschen (Summe an SiO_2^a und Al_2O_3^a als Vertreter von Tonmineralen und Quarz).

Tendenz innerhalb des Flöz 1o-Komplexes

Das Flöz 1o kommt nur noch in Relikten der ursprünglichen Verbreitung, vor allem in Kesselstrukturen erhalten, vor. Entsprechend der geringen Verbreitung sind zu dem Flözbereich nur relativ wenige Daten vorhanden.

In dem durchschnittlich nur 3,6 m mächtigen Flöz 1o kommen die betrachteten Parametergehalte in durchschnittlichen Konzentrationen vor. Im Raum Profen werden CaO^a und MgO^a sowie auch TiO_2 relativ erhöht angetroffen.

6.1.2.2 Spurenelementführung

Zum Unterflözkomplex liegen lediglich die Untersuchungsergebnisse aus einem Aufschluss vor (Tabelle 7). Die betrachteten Parameter wurden nicht bzw. in nur geringen Konzentrationen angetroffen. Es besteht eine Korrespondenz mit dem allgemein geringen Eintrag an klastogenem Material in das Paläomoor. Hinweise auf spezifische Anreicherungen werden sowohl im Vergleich mit den anderen Flözkomplexen als auch innerhalb des zur Verfügung stehenden Flözprofils nicht deutlich (vgl. Abbildung 46).

6.1.2.3 Zusammenfassung

Bezeichnend für den Flöz-1-Komplex sind

- eine deutlich in Abhängigkeit von der Flözmächtigkeit variierende Höhe der Aschegehalte und deren Zusammensetzung,
- erhöhte Gehalte an Kalzium und
- auffallend geringe Gehalte an Eisen und Schwefel sowie auch an Spurenelementen.

Die Höhe der anorganischen Komponenten in den Kohlen und somit auch die Höhe der Aschegehalte und deren Zusammensetzung stehen in engem Zusammenhang mit der Flözmächtigkeit (Abbildung 46):

- In den gering mächtigen Bereichen des Flöz 1u-Komplexes mit sog. Normallagerung und auch im Flöz 1o werden die Aschegehalte mit über 40 % durch die klastogenen Komponenten (SiO_2^a und Al_2O_3^a als Vertreter von Tonmineralen und Quarz) bestimmt. Bezeichnend sind hohe Gehalte an Al_2O_3^a . Die gleichermaßen nur geringen $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ -Verhältnisse (ca. 0,6) sind Hinweis auf sehr geringe Anteile an Quarz, d. h. an sandigen Fraktionen. Es ist entsprechend von einer vorherrschenden Schüttung an Tonmineralen bei einer geringen Sedimentationsschüttung auszugehen.
- In den Subrosionssenken mit großen Flözmächtigkeiten wird die Aschezusammensetzung wesentlich durch den Gehalt an CaO^a (über 30 %) bestimmt. Die klastogenen Komponenten kommen in den Aschen in nur geringen bis mittleren Anteilen vor; im westlichen Subrosionskessel im Raum Profen sogar weniger als 20 %. Es bestehen mittlere $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ -Verhältnisse (0,8 bis 1,4). Die geringen Anteile an klastogenen Komponenten und die geringen Aschegehalte in den Subrosionssenken lassen auf relativ langsame Senkungen mit einer geringen Sedimentationsschüttung schließen. Die allgemeine Armut an klastogenen Komponenten ist insbesondere im Zusammenhang mit der im kompakten Flözbereich wesentlich vorkommenden sedentären Moorentwicklung (gekennzeichnet durch große Anteile an M-Fazies, vgl. Kap. 5.2.1) zu sehen.

Es bestehen deutliche Korrespondenzen zwischen der Höhe der Aschegehalte und deren Zusammensetzung. Mit Zunahme der Aschegehalte ist

- eine Zunahme der Gehalte an SiO_2^a und tendenziell auch an Al_2O_3^a ,
- eine Abnahme der Gehalte an CaO^a und MgO^a sowie tendenziell an Na_2O^a (höchste Gehalte in ascheärmeren Kohlen) und
- eine unabhängige Entwicklung der Gehalte an St^d und Fe_2O_3^a

zu beobachten.

Die für den Unterflözkomplex charakteristisch hohen Gehalte an Kalzium lassen auf entsprechende erhöhte Einträge schließen. Im Flözkomplex wurden mittlere bis hohe Gehalte an Magnesium angetroffen. Gleichzeitig ist das CaO/MgO Verhältnis hoch. Dementsprechend sind marine Einflüsse nach Erfahrungen aus der Bearbeitung des 2. Miozänen Flözkomplexes (DARBINJAN 1989) auszuschließen.

Natrium kommt in Gehalten über dem Durchschnitt vor; Hinweise auf spezifische Salzeinflüsse werden jedoch nicht deutlich. Es ist davon auszugehen, dass die erhöhten Gehalte an Kalzium, Magnesium und auch an Natrium mit entsprechend angereicherten Verwitterungslösungen in das Paläomoor eingetragen wurden.

Bezeichnend für den Unterflözkomplex sind auffallend geringe Gehalte an Eisen (Anlage 6.9). Es ist von nur geringen Einträgen in das Paläomoor auszugehen. Auf Grund der großen Beweglichkeit des Eisens unter reduzierenden Bedingungen resultiert eine gleichförmige, vom Aschegehalt und der Flözmächtigkeit unabhängige Verteilung des Elementes im Flözkörper. Auch Schwefel kommt in relativ geringen Gehalten ähnlich dem Eisen unabhängig vom Aschegehalt und der Flözmächtigkeit vor. Die in den hangenden Flözbereichen anzutreffenden einzelnen Anreicherungen an Eisen und Schwefel sind durch Umverteilungen in sulfidische Phasen bedingt.

Die Kohlen des Flöz 1-Komplexes sind nach den wenigen vorliegenden Kenntnissen auch auffallend arm an Spurenelementen.

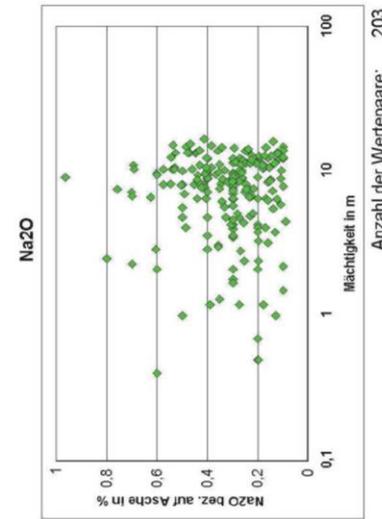
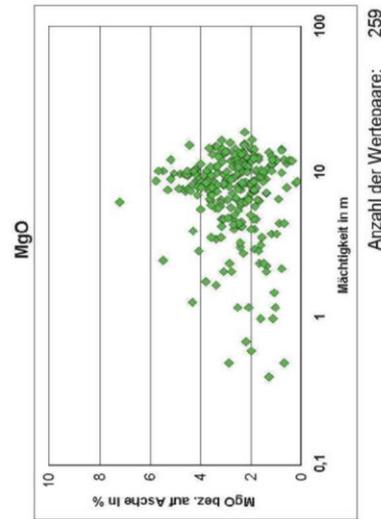
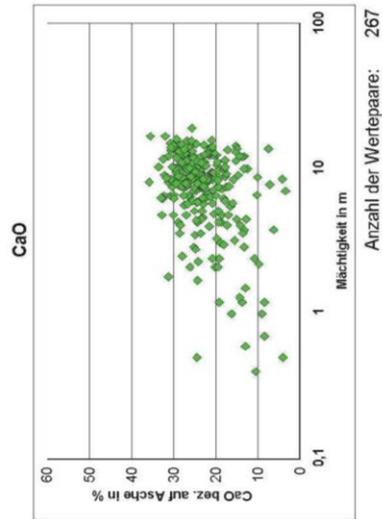
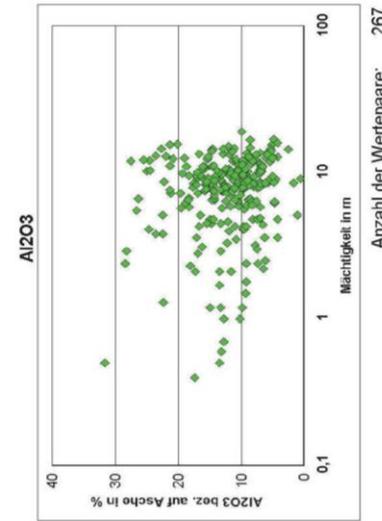
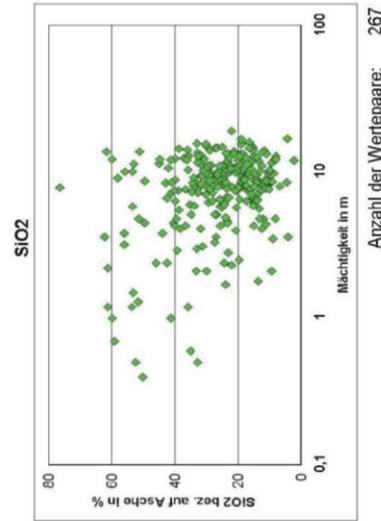
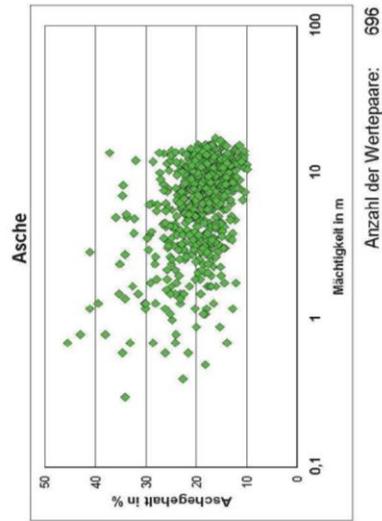
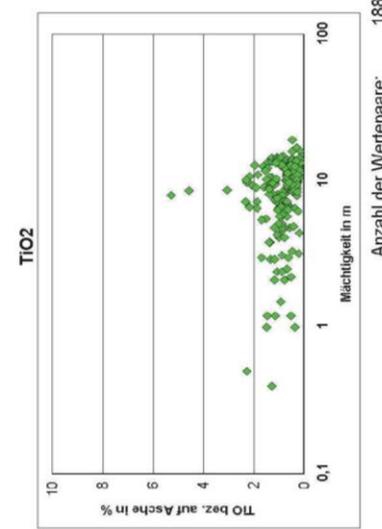
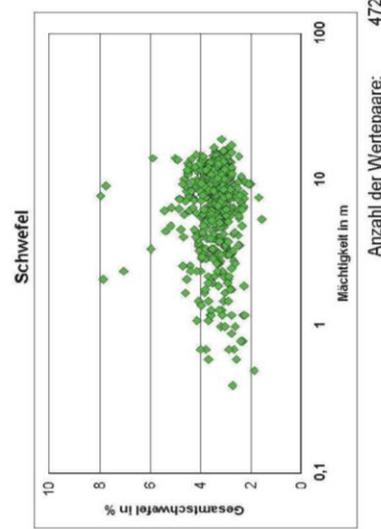
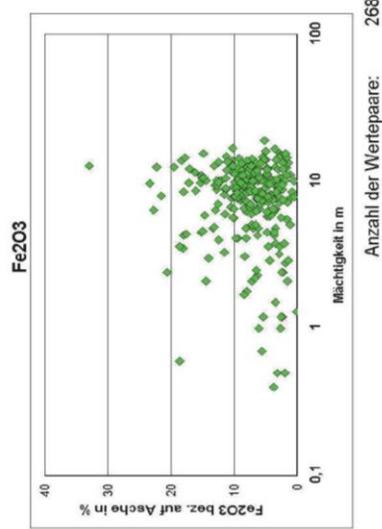


Abbildung 48: Korrelationen Parametergehalte zu Flözmächtigkeiten, Flöz 23-Komplex kompakt

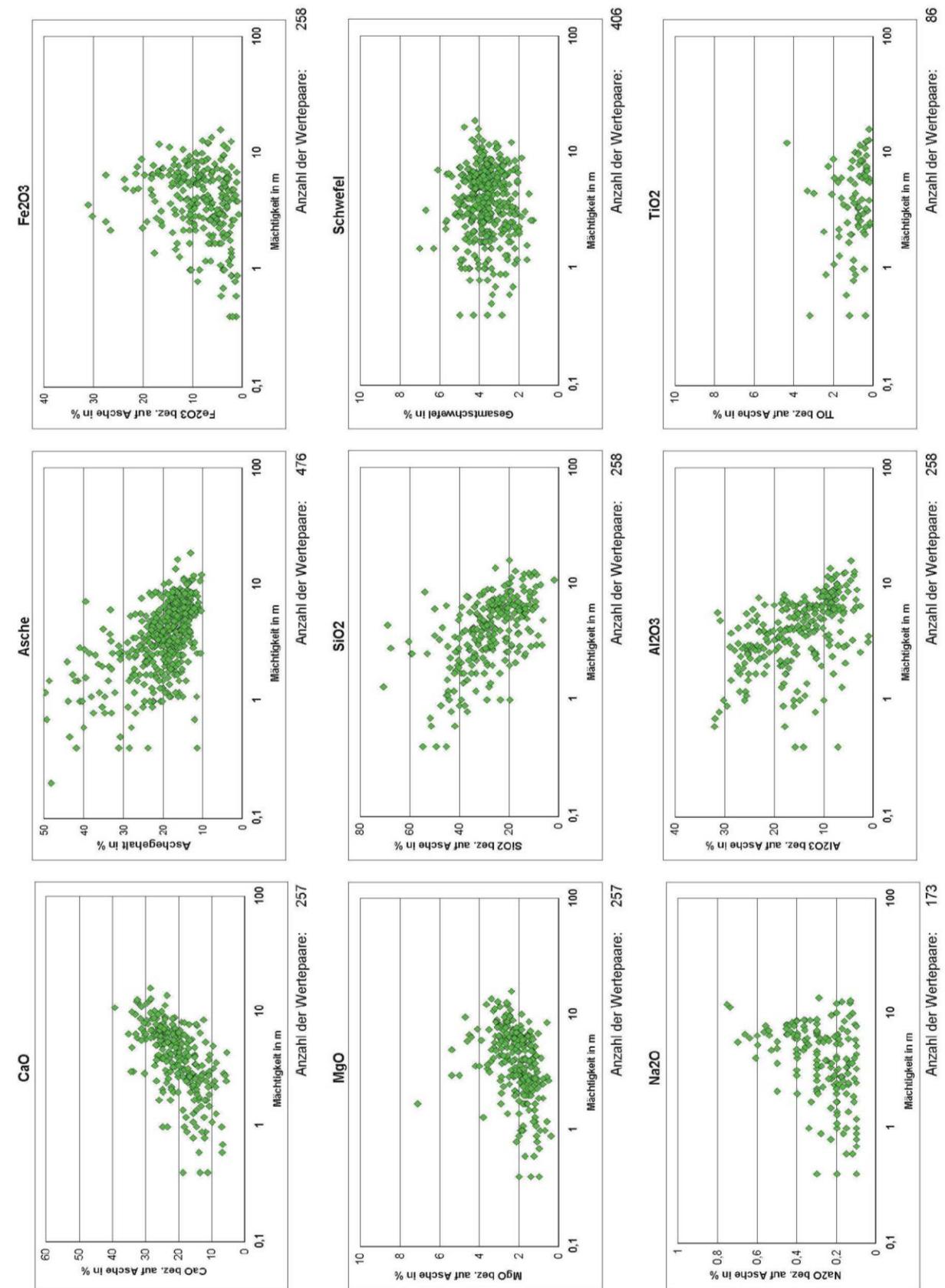


Abbildung 49: Korrelationen Parametergehalte zu Flözmächtigkeiten, Flöz 230a-Komplex (abgespalten)

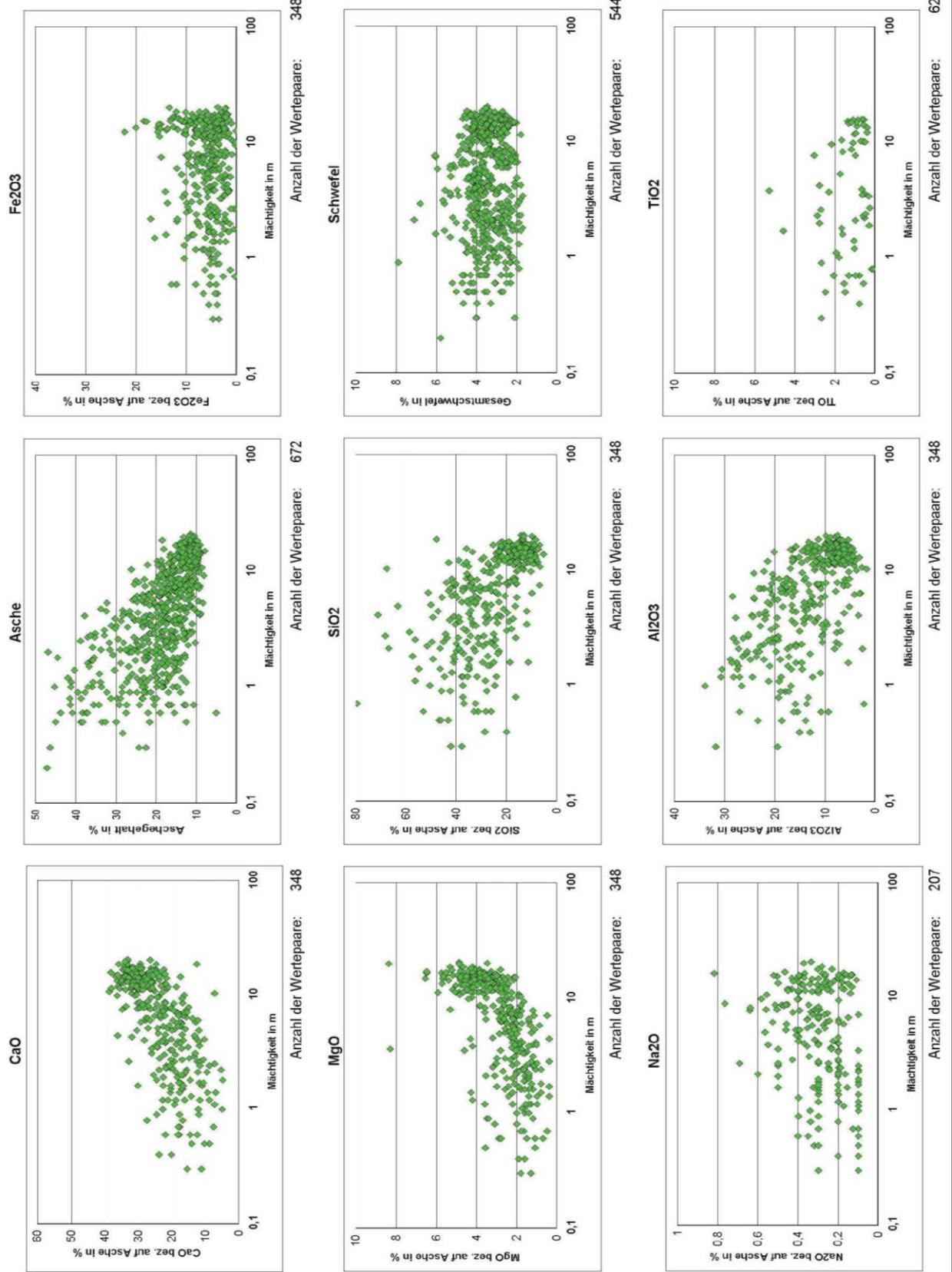


Abbildung 50: Korrelationen Parametergehalte zu Flözmächtigkeiten, Flöz 23u-Komplex (abgespalten)

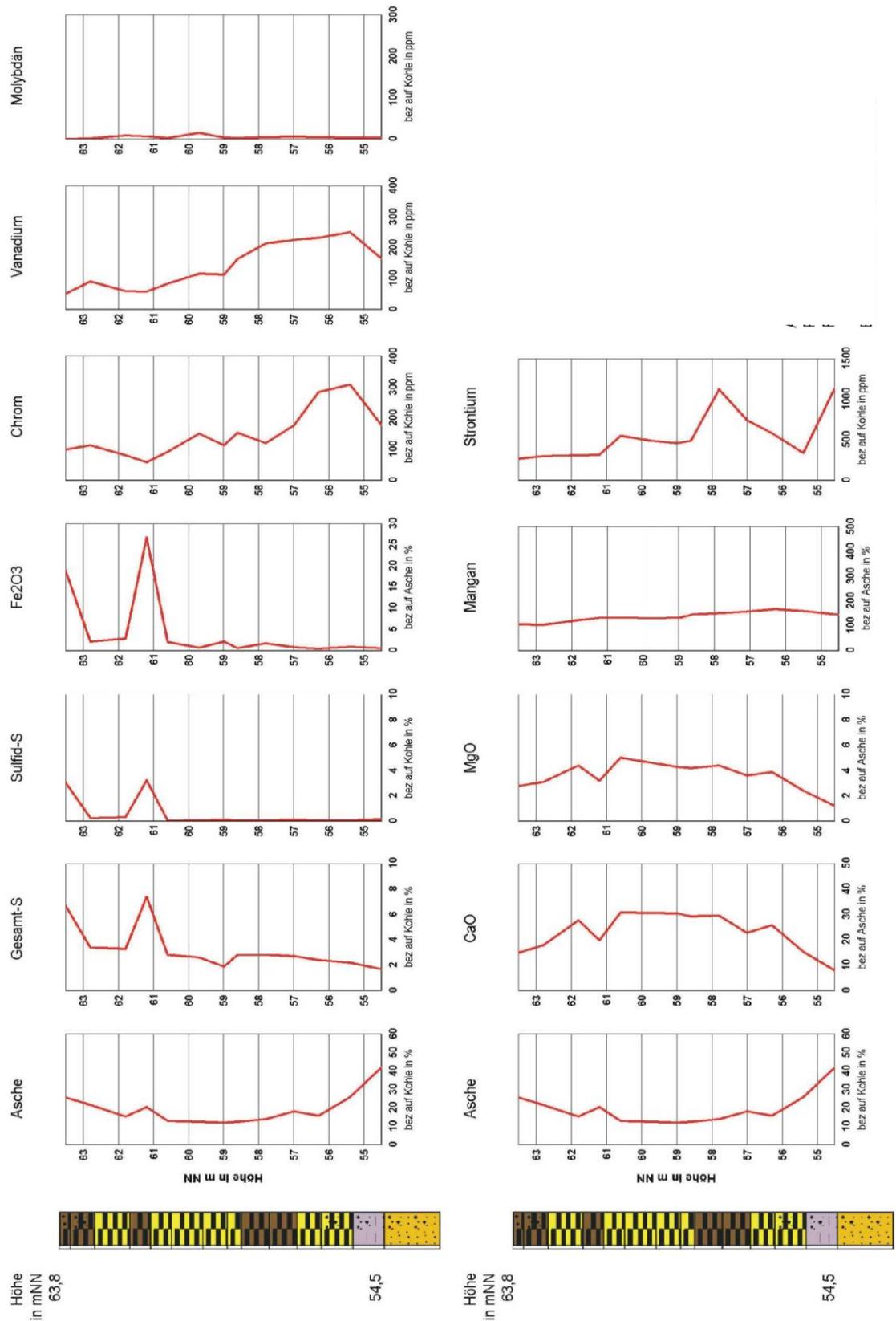


Abbildung 51: Parameterentwicklung im Flözprofil, Flöz 23-Komplex (Kohlenfeld Cospuden, Brg. 34/84)

Tabelle 8: Gehalte an Hauptelementen, Flöz 23-Komplex

Flözbereiche westlich der Flusssandzone		Aufspaltung um Flusssandzone	Flözbereiche östlich der Flusssandzone	
Flöz 23 kompakt	23 o	23 o 1,2	23 o	Flöz 23 kompakt
	23 u	23 u 1,2	23 u	
Mächtigkeit in m				
8,8 (0,4-19)	6,4 (0,2-18,8)	2,1 (0,4-12,7)	3,4 (0,4-9)	8,1 (0,3-17,3)
	4,0 (0,3-12,9)	1,0 (0,5-14,5)	13,0 (0,5-21)	
Asche^d in %				
16,3 (9,9-34)	16,2 (10,4-49)	23,4 (11-44)	18,5 (10-50)	18,3 (10-46)
	19,5 (8,9-44)	19 (5-47)	12,1 (7,9-38)	
SiO₂^a in %				
22,3 (4,5-62)	20 (1,8-68)	33,5 (10-71)	30,3 (6,8-69)	26,6 (2,6-77)
	32,5 (12-71)	34 (7-79)	16 (5,3-68)	
Al₂O₃^a in %				
9,3 (4,3-32)	10 (1-32)	18,1 (2,6-32)	17,5 (1,1-29)	12,8 (0,7-28)
	15 (3,4-27)	19 (2,3-34)	8 (1,8-23)	
CaO^a in %				
24,6 (4,1-35,8)	24,1 (6-39)	17,3 (6,4-32)	19,5 (5,5-34)	23,8 (3,6-36)
	20 (4,9-32)	18 (5-36)	29,2 (7,3-39)	
MgO^a in %				
2,4 (0,7-5,8)	2,5 (0,6-12)	1,8 (0,4-4,3)	1,8 (0,8-17)	2,9 (0,2-7,2)
	1,9 (0,4-3,5)	2 (0,4-8,3)	3,6 (0,9-8,4)	
Fe₂O₃^a in %				
7,3 (0,18-33)	9,1 (1,1-31)	5,2 (1-20)	9,2 (0,8-30)	6,4 (0,2-23)
	4,5 (0,3-14)	5,5 (0,2-17)	5,7 (0,2-22,3)	
Na₂O^a in %				
0,27 (0,1-1,3)	0,3 (0,1-1,1)	0,2 (0,1-0,4)	0,3 (0,1-3,6)	0,34 (0,1-1,1)
	0,3 (0,1-0,64)	0,3 (0,1-2,6)	0,3 (0,1-5,6)	
TiO₂^a in %				
0,64 (0,15-3,1)	0,7 (0,2-4,4)	1 (0,2-3)	1,3 (0,3-3,3)	0,9 (0,24-5,3)
	1,5 (0,3-3)	2 (0,1-5,3)	0,9 (0,4-1,4)	
St^d in %				
3,3 (1,9-16)	3,8 (1,9-6,1)	3,7 (2,5-7)	3 (1,3-6,7)	3,4 (1,6-7,9)
	3,8 (1,7-5)	3,3 (1,7-7,9)	3,5 (1,8-7,1)	
CaO/MgO				
10,2	9,6	9,6	10,8	8,2
	10,5	9	8,1	
SiO₂/Al₂O₃				
2,4	2	1,8	1,7	2,1
	2,2	1,8	2	
SiO₂^a+Al₂O₃^a in %				
32	30	52	48	39
	48	53	24	

- xy - Medianwerte der flözbezogenen Mittelwerte (P50)
- (xy-xy) - Minimal- und Maximalgehalte der flözbezogenen Mittelwerte
- Einstufung der Gehalte in Bezug der Kohlen des ost- und mitteldeutschen Kohlenreviers

xy	hohe Gehalte
xy	erhöhte Gehalte
xy	mittlere Gehalte
xy	geringe Gehalte
xy	sehr geringe Gehalte

Tabelle 9: Gehalte an Spurenelementen, Flöz 23-Komplex

Parameter	Einheit	Clarke Schiefer u. Tone	terrestri-sche Pflanzen	globale Mit-telwerte Braunkohle	Braunkohlenfeld			
					Elsteraue 1983 1 Aufschluss	Werben-Sittel 1983 1 Aufschluss	Espenhain 1987 8 Aufschlüsse	Cospuden 1984 10 Aufschlüsse
Asche	%				12 (8-15)	21 (13-42)	28 (7-39)	20 (12-57)
As^d	mg/kg	6,6	0,5	14			56 (14-122)	71 (7-162)
B^d	mg/kg	100	5	30	12 (8-15)	15 (10-30)	54 (<4-90)	
Ba^d	mg/kg	800	30	120			970 (58-2550)	446 (86-1290)
Be^d	mg/kg	3	0,1	2,4	8 (--40)	1,5 (--5)	0,8 (<0,1-10)	
Co^d	mg/kg	20	0,25	3,4	6,8 (6-8)	7,3 (6-8)	0,4 (<0,3-4)	7,3 (0,5-17)
Cr^d	mg/kg	100	1,7	12			7 (4-20)	165 (0,5-536)
Cu^d	mg/kg	57	4	7,5	6 (3-20)	10 (5-20)	8,8 (1-50)	37 (9-82)
Ga^d	mg/kg	30	0,05	7	3,9 (--10)	5,3 (3-10)	3,6 (<1,5-10)	23 (4-64)
Ge^d	mg/kg	2	0,42	1,5	2,4 (--10)	2,4 (--10)	1,2 (<0,5-3)	
Mn^d	mg/kg	670	30	100	260 (250-600)	400 (250-600)	54 (<6-96)	132 (5-228)
Mo^d	mg/kg	2	0,1	2,4	<1 (--2)	<1 (--1)	0,6 (<0,5-2)	4,6 (0,5-15)
Nb^d	mg/kg	20	0,3	1	<15 (--40)	<15 (--25)	7 (<3-20)	29 (0,5-105)
Ni^d	mg/kg	95	0,5	8	5,3 (4-8)	4,4 (4-6)	2 (1-5)	13 (0,5-27)
Pb^d	mg/kg	20	1,8	2,5	4,8 (--15)	6,8 (4-10)	18 (<1,5-80)	53 (13-311)
Rb^d	mg/kg	200	5,5	5			11 (0,5-29)	1,2 (0,5-64)
Sc^d	mg/kg	10	0	2	6,6 (--13)	4,2 (3-9)	3,7 (<0,3-20)	16 (0,5-35)
Sn^d	mg/kg	10	0,5	1			4,1 (<1,5-7)	5,5 (1-15)
Sr^d	mg/kg	450	20	130			480 (203-1790)	
Ti^d	mg/kg	4.500	3,5	500			3507 (5-79300)	3258 (255-20000)
V^d	mg/kg	130	2,5	23	31 (6-150)	25 (10-60)	4,9 (<0,5-40)	533 (188-1870)
Y^d	mg/kg	30	2,2	7	57 (--200)	39 (25-60)	34 (<5-80)	33 (0,5-105)
Zn^d	mg/kg	80	18	18			7,2 (2-24)	7,8 (0,5-16)
Zr^d	mg/kg	200	4	30			71 (<0,5-485)	81 (0,5-878)

- Clarke Schiefer und Ton nach Vinogradov (1962) in RÖSLER & LANGE (1975)
- terrestrische Pflanzen (Durchschnittsgehalte, trockene Substanz) nach ZYKA (1971) aus BOUSKA (1981)
- globale Mittelwerte für Braunkohle nach JUDOVIC et al. (1985)
- xy – flözbezogene Mittelwerte (nach Ergebnisberichte Braunkohlenerkundung und Lagerstättenkataster Braunkohle des LfULG)
- (xy-xy) – Minimal- und Maximalgehalte im Flöz

6.1.3 Hauptflözkomplex

Anlagen: 3.21-3.40, 6

Tabellen: 8 und 9

Abbildungen: 48 bis 51

6.1.3.1 Aschezusammensetzung

Generelle Tendenz

Der Flöz 23-Komplex zeichnet sich im Vergleich mit Kohlen im mittel- und ostdeutschen Kohlenrevier durch erhöhte Gehalte an CaO aus.

Tendenz innerhalb des Südraumes Leipzig

Innerhalb des Südraumes Leipzig nehmen die Kohlen des Hauptflözkomplexes im Vergleich mit den Kohlen der Flözkomplexe 1 und 4 hinsichtlich der Gehalte an anorganischen Parametern tendenziell eine Mittelstellung ein (Tabelle 8). Kennzeichnend sind im Durchschnitt

- erhöhte Gehalte an CaO, MgO, Fe₂O₃, Na₂O,
- durchschnittliche Gehalte an Asche, Schwefel und
- nur geringe Gehalte an SiO₂, Al₂O₃ und TiO₂.

Tendenz innerhalb des Flözkomplexes

Innerhalb der Verbreitung des Flöz 23-Komplexes zeichnen sich die Flözbereiche im Umfeld der ästuarinen Flusssandzone tendenziell durch erhöhte Gehalte an Asche, SiO_{2a}, Al₂O_{3a} und TiO_{2a} sowie geringe Gehalte an CaO_a, Na₂O_a und Std von den weiter abgelegenen Flözbereichen ab. Ähnlich dem Unterflözkomplex weisen auch hier die geringmächtigen im Vergleich mit den höher mächtigen Flözbereichen höhere Gehalte an Asche, SiO_{2a} und Al₂O_{3a} sowie geringere Gehalte an CaO_a und MgO_a auf (Abbildungen 48 bis 50).

Bei den weiteren Ausführungen wird zwischen aufgespaltenen Flözbereichen (Flöze 23u und 23o) westlich und östlich der sog. Flusssandzone und dem kompakten Flöz (beinhaltet die stratigraphischen Äquivalente beider Flöze, vgl. Kap. 4.3.4 und 4.3.6) unterschieden.

Flözbereiche westlich der Flusssandzone

Flözkomplex 23 kompakt - Raum westlich der Flusssandzone

Das südwestlich der Flusssandzone im Raum Profen kompakt vorkommende Hauptflöz zeichnet sich durch geringste Gehalte an Al₂O₃^a und TiO₂^a, geringe Gehalte an Asche und SiO₂^a sowie mittlere Gehalte an den anderen betrachteten Parametern aus. Das CaO/MgO-Verhältnis ist mit 10,2 relativ erhöht.

Flözkomplex 23u - Raum westlich der Flusssandzone

Der südwestlich der Flusssandzone im Raum Profen in geringer Mächtigkeit (ca. 4 m) vorkommende Flöz 23u-Komplex zeichnet sich innerhalb des Hauptflözes durch mittlere Gehalte der betrachteten Parameter aus. Die Gehalte an Fe₂O₃^a sind abweichend gering, die an TiO₂^a abweichend erhöht. Das CaO/MgO-Verhältnis ist mit 10,5 relativ erhöht.

Flözkomplex 23o - Raum westlich der Flusssandzone

Das südwestlich der Flusssandzone im Raum Profen mit durchschnittlich 6,4 m in mittlerer Mächtigkeit vorkommende Flöz 23o zeichnet sich innerhalb des Hauptflözes durch geringe Gehalte an Asche, SiO₂^a und TiO₂^a und abweichend hohe Gehalte an Fe₂O₃^a aus. CaO^a, MgO^a und Na₂O^a kommen in mittleren Gehalten vor.

Aufspaltungsbereich um Flusssandzone

Flözkomplex 23u1,2 - Aufspaltungsbereich um Flusssandzone

Der im Einflussbereich der Flusssandzone aufgespaltenene Flözkomplex (durchschnittliche Mächtigkeiten der einzelnen Flöze um 1 m) zeichnet sich innerhalb des Hauptflözes durch mittlere Gehalte an Asche, SiO₂^a sowie auch an CaO^a, MgO^a und Na₂O^a, St^d, Fe₂O₃^a aus. Bezeichnend sind hohe Gehalte an Al₂O₃^a und TiO₂^a.

Flözkomplex 23o1,2 - Aufspaltungsbereich um Flusssandzone

Das im Einflussbereich der Flusssandzone aufgespaltene Flöz 23o (durchschnittliche Mächtigkeiten der einzelnen Flöze 2,1 m) zeichnet sich innerhalb des Hauptflözes ähnlich dem Flöz 23u-Komplex durch mittlere

Gehalte an Asche, SiO_2^a und auch an CaO^a , MgO^a , Na_2O^a und St^d sowie Fe_2O_3^a aus. Bezeichnend sind ähnlich dem Flöz 23u hohe Gehalte an Al_2O_3^a .

Flözbereiche östlich der Flusssandzone

Flözkomplex 23 kompakt - Raum östlich der Flusssandzone

Der nordöstlich der Flusssandzone im Raum Zwenkau und Espenhain kompakt vorkommende Hauptflözkörper zeichnet sich generell durch mittlere Gehalte an den betrachteten anorganischen Parametern aus. Innerhalb des Flözes deutet sich eine Zunahme der Gehalte von MgO^a und Na_2O^a in nördliche Richtung an.

Flözkomplex 23u - Raum östlich der Flusssandzone

Das nordöstlich der Flusssandzone im Raum Schleenhain und Peres in mittlerer Mächtigkeit von ca. 13 m vorkommende Flöz 23u zeichnet sich innerhalb des Flözkomplexes 23 insbesondere auf den Parameterkarten durch höchste Gehalte an CaO^a (im Durchschnitt 29 mg/kg in der Asche) und MgO^a (im Durchschnitt 3,6 mg/kg in der Asche) sowie geringste Gehalte an Asche, SiO_2^a und Al_2O_3^a aus. Der Anteil an klastogenen Komponenten in der Asche ist mit 24 % nur gering. Mit 8,1 weist der Bereich innerhalb des Flözkomplexes 23 das geringste CaO/MgO-Verhältnis auf.

Flözkomplex 23o - Raum östlich der Flusssandzone

Das nordöstlich der Flusssandzone im Raum Witznitz und Deutzen mit durchschnittlich 3,4 m geringmächtig vorkommende Flöz 23o zeichnet sich innerhalb des Hauptflözes durch mittlere Gehalte an Asche, SiO_2^a und TiO_2^a sowie auch an CaO^a , MgO^a und Na_2O^a und - ähnlich dem Flöz 23o westlich der Flusssandzone - auch abweichend hohe Gehalte an Fe_2O_3^a aus. Das CaO/MgO-Verhältnis ist mit 10,8 erhöht.

6.1.3.2 Spurenelementzusammensetzung

Zum Flöz 23-Komplex liegen verwertbare Untersuchungsergebnisse von insgesamt 20 Aufschlüssen aus den Kohlenfeldern Elsteraue, Werben-Sittel, Espenhain und Cospuden vor (Tabelle 9).

In Anbetracht der wenigen Untersuchungspunkte und der nicht auszuschließenden, analytisch bedingten systematischen Abweichungen zwischen den einzelnen Analysenserien sind Ableitungen von lateralen Veränderlichkeiten nicht möglich. Innerhalb der vier aus dem Kohlenfeld Cospuden untersuchten Flözprofile deuten sich folgende Verteilungsmuster an (Abbildung 51):

- In den hangenden und/bzw. den liegenden, jeweils aschereicheren Flözbereichen kommen die Parameter V und Cr in Gehalten tendenziell weit über denen der zentralen Flözbereiche und auch des umgebenden Nebengesteins vor. Die mit sauerstoffhaltigen Oberflächenwässern in das Paläomoor eingetragenen Anionen des Vanadiums und Chroms wurden durch Reduktion unbeweglich und angereichert.
- Auch die Parameter Zr und Ti kommen in den randlichen Flözbereichen stark angereichert vor.

6.1.3.3 Zusammenfassung

Bezeichnend für den Flözkomplex 23 sind

- eine im Vergleich mit den Flözkomplexen 1 und 4 sehr stark variierende Zusammensetzung der Aschen und eine Korrespondenz der Höhe der Aschegehalte und deren Zusammensetzung in Abhängigkeit von der Lage zur ästuarinen Flusssandzone und
- sich andeutende einzelne Anreicherungen an Vanadium und Chrom in den liegenden und/bzw. hangenden Flözbereichen.

Im Vergleich mit den Flözkomplexen 1 und 4 ist eine stark variierende Aschezusammensetzung zu beobachten, welche die wechselnden faziellen marin-ästuarinen und terrestrischen Einflüsse deutlich macht. Die Höhe der anorganischen Komponenten in den Kohlen und somit auch die Höhe der Aschegehalte und deren Zusammensetzung werden tendenziell von der Beeinträchtigung durch die Flusssandzone bestimmt:

- Die randlichen, in Nähe der Flusssandzone vom kompakten Flözkörper abgespaltenen, geringmächtigen Flöze 23u und 23o weisen infolge stärkerer Einträge an klastogenem Material erhöhte bis hohe Gehalte an Asche, Silizium, Aluminium (bei einem mittleren $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ -Verhältnis von ca. 2) und Titan sowie gleichzeitig geringen und mittleren Gehalten an Kalzium, Magnesium und Natrium auf.
- Dem entgegen werden in kompakten, zentralen Flözbereichen mit mittleren Mächtigkeiten (westlich und östlich der Flusssandzone) entgegengesetzte Verhältnisse mit nur geringen bis sehr geringen Gehalten an Asche, Silizium und Aluminium (bei einem mittleren $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ -Verhältnis von ca. 2,2) und erhöhten Gehalten an Kalzium, Magnesium und Natrium vorgefunden. Die kompakten Flözbereiche westlich und östlich der Flusssandzone unterscheiden sich unwesentlich voneinander.
- Innerhalb des Hauptflözkomplexes nimmt das östlich der Flusssandzone vorkommende Flöz 23u mit einer erhöhten Mächtigkeit (ca. 13 m) eine Sonderstellung ein. Es zeichnet sich durch geringe Aschegehalte bei einem nur mittleren Anteil an klastogenen Komponenten (24 %) und hohe Gehalte an Kalzium und Magnesium aus. Das mittelhohe CaO/MgO -Verhältnis (8,1) lässt auf geringe marine Einflüsse schließen.

Es bestehen ähnlich den anderen Flözkomplexen deutliche Korrespondenzen zwischen der Höhe der Aschegehalte und deren Zusammensetzung. Mit Zunahme der Aschegehalte sind

- eine Zunahme der Gehalte an SiO_2^a und tendenziell auch an Al_2O_3^a ,
- eine Abnahme der Gehalte an CaO^a und MgO^a sowie tendenziell an Na_2O^a (höchste Gehalte in ascheärmeren Kohlen) und
- eine unabhängige Entwicklung der Gehalte an St^d und Fe_2O_3^a

zu beobachten.

Unabhängig von der Entwicklung der Mächtigkeiten und Aschegehalte kommen im Flöz 23o-Komplex westlich und östlich der Flusssandzone sehr hohe Eisengehalte vor, welche besonders in den hangenden Flözbereichen angereichert sind. Verschiedene Spurenelemente kommen, ähnlich dem Eisen, in starker vertikaler Veränderlichkeit innerhalb der Flözkörper vor. So sind vor allem V und Cr reduktionsbedingt tendenziell in den hangenden und liegenden, aschereicheren Flözbereichen angereichert. Dem entgegen kommen Strontium und Mangan ähnlich dem Kalzium in den zentralen, ascheärmeren Flözbereichen in höchsten Gehalten vor.

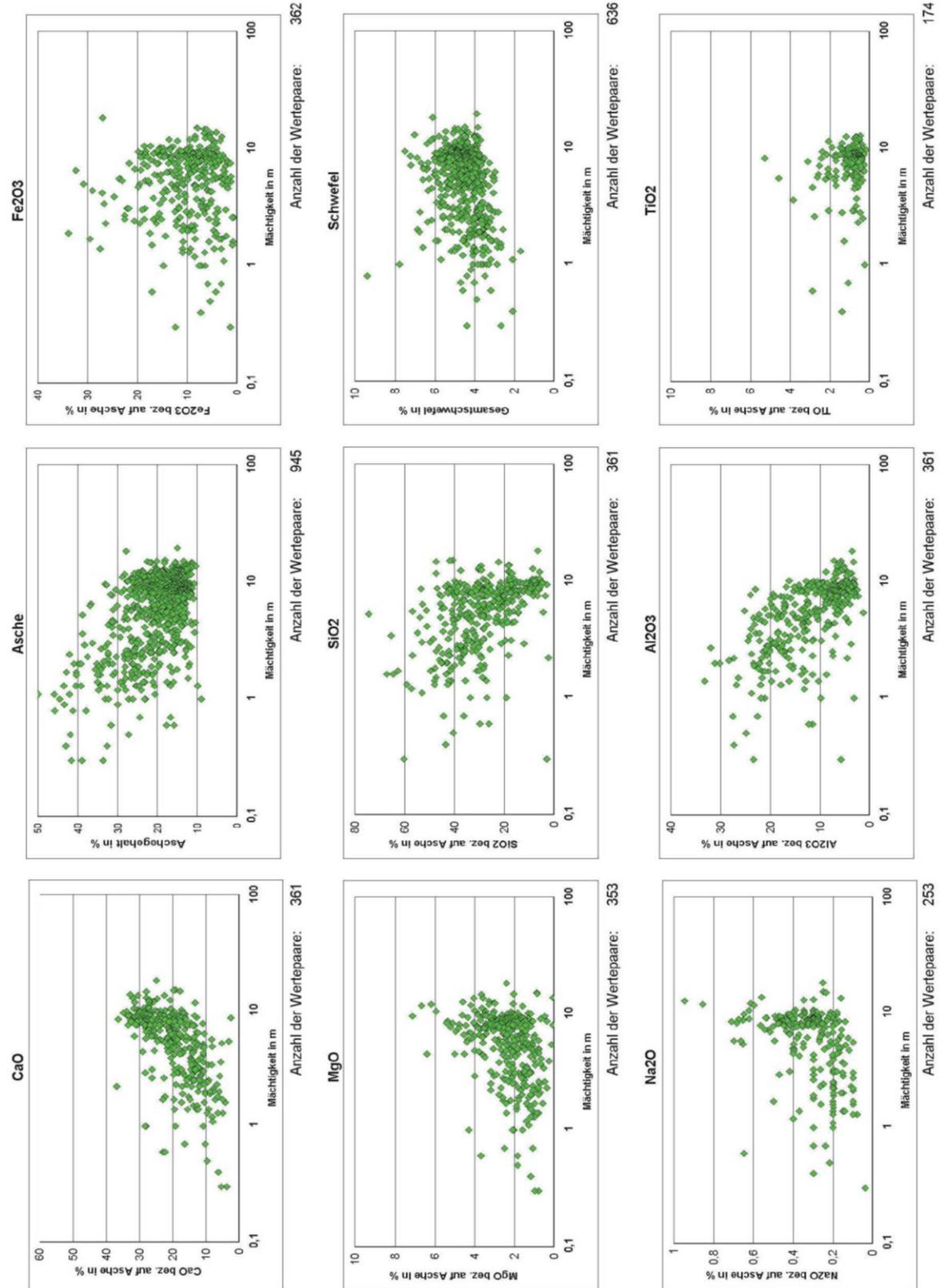
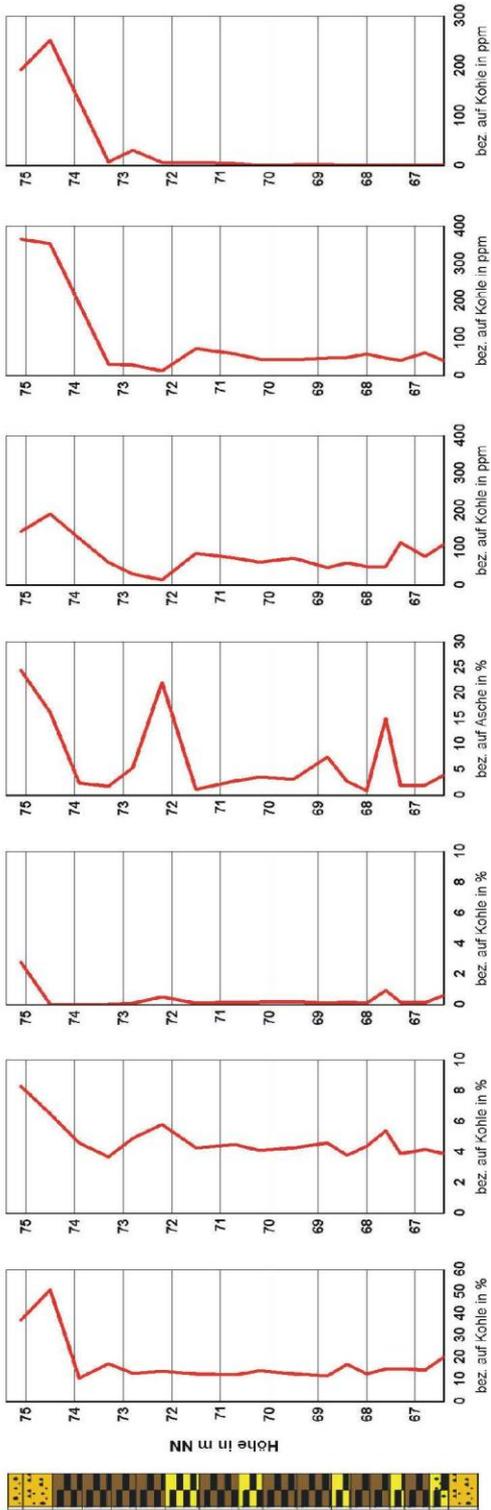


Abbildung 52: Korrelationen Parametergehalte zu Flözmächtigkeiten, Flöz 4-Komplex

Höhe
in mNN

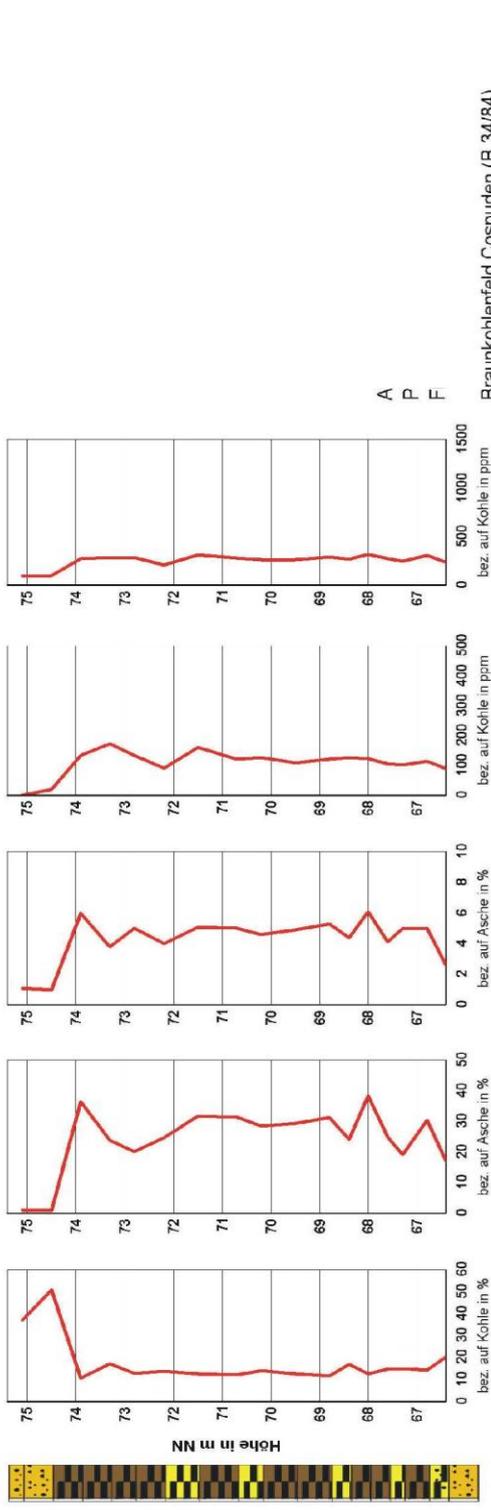
75,1



66,4

Höhe
in mNN

75,1



66,4

A
P
F

Braunkohlenfeld Cospuden (B 34/84)

Abbildung 53: Parameterentwicklung im Profil Flöz 4-Komplex (Kohlenfeld Cospuden, Brg. 34/84)

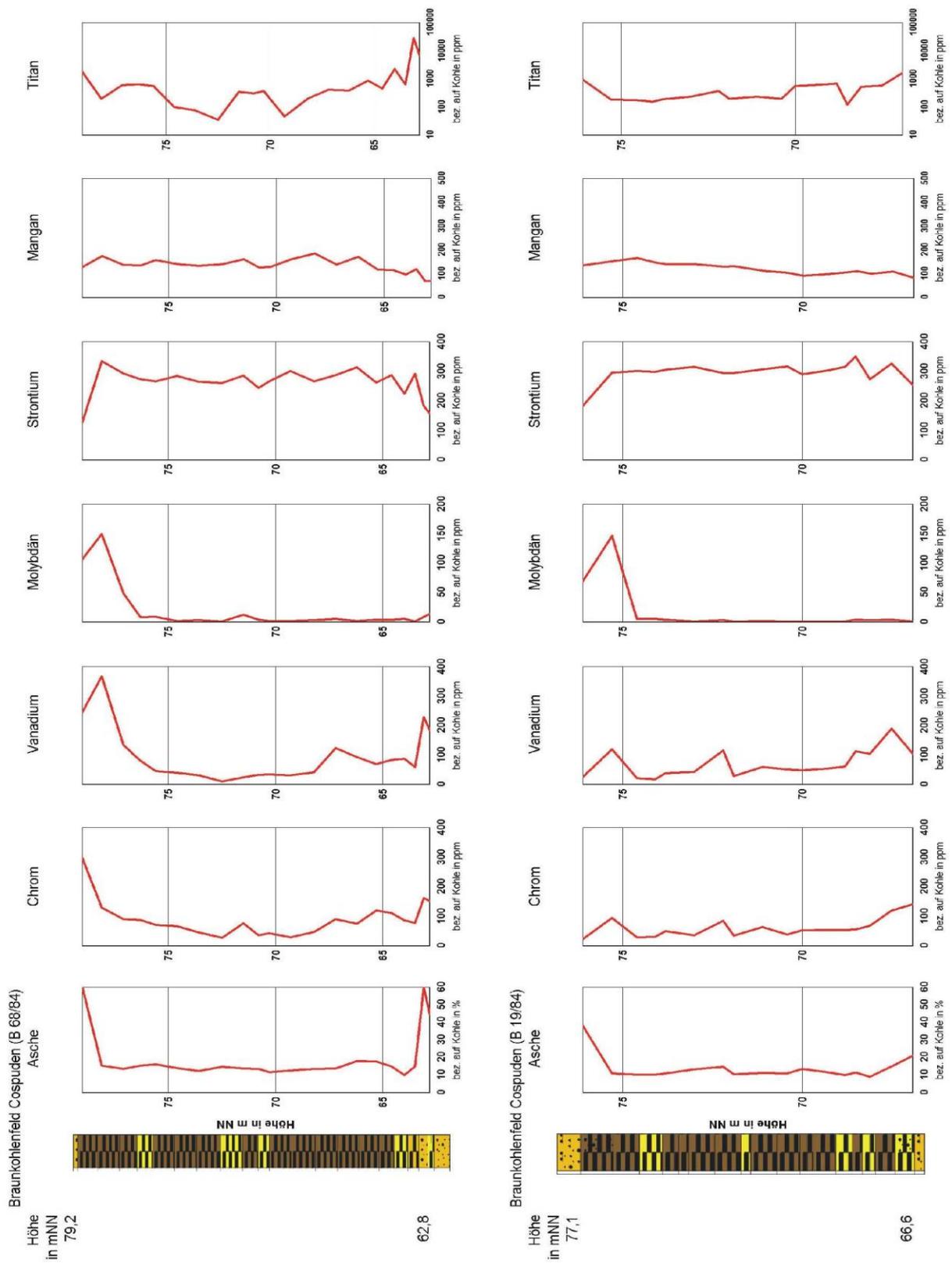


Abbildung 54: Parameterentwicklung im Profil Flöz 4-Komplex (Kohlenfeld Cospuden, Brg. 19/84, Brg. 68/84)

Tabelle 10: Gehalte an Hauptelementen, Flöz 4-Komplex

Flözbereiche westlich der Aufspaltungszone		Flözbereiche östlich der Aufspaltungszone	
Flöz 4 _o	Flöz 4 _o gespalten	Flöz 4 kompakt /gespalten	Flöz 4 kompakt
Flöz 4 _u			
Mächtigkeit in m			
2,9 (0,3-6,4)	1 (0,3-2,1)	5 (0,3-13)	9 (1,7-20)
2 (0,3-6,4)			
Asche^d in %			
21,2 (10-45)	32,6 (10-47)	19,2 (11-50)	15,7 (10-37)
22,7 (8,7-44)			
SiO₂^a in %			
31,7 (12-55)	46 (3,2-65)	33,4 (2,5-75)	18,4 (3,1-54)
34,7 (17-63)			
Al₂O₃^a in %			
18 (8,2-34)	23,3 (10-32)	14,5 (3,8-28)	6,4 (1,4-19)
17 (3,2-33)			
CaO^a in %			
18,5 (6,4-29)	8,8 (4,3-28)	16,3 (3,9-37)	27 (2,6-37)
16,8 (5-28)			
MgO^a in %			
2,1 (0,9-3,4)	1,1 (0,3-1,8)	2 (0,3-6,4)	2,6 (0,1-7,1)
1,8 (0,6-3)			
Fe₂O₃^a in %			
7,3 (2,6-20)	11 (7,3-34)	9,4 (0,8-32)	9,4 (1,4-27)
5,1 (1-14)			
Na₂O^a in %			
0,3 (0,14-0,7)	0,1 (0,1-0,5)	0,26 (0,04-4,9)	0,33 (0,1-4,8)
0,2 (0,08-1,9)			
TiO₂^a in %			
1,4 (0,5-3,3)	n.b.	1,3 (0,3-3,1)	0,7 (0,2-5,3)
0,91 (0,3-3,9)			
St^d in %			
4,1 (2,1-6)	4 (1,7-9,4)	4,5 (2,7-6,9)	4,65 (3,5-7,5)
3,9 (2,1-11)			
CaO/MgO			
8,8	8	8,2	10,4
9,3			
SiO₂/Al₂O₃			
1,8	2	2,3	2,9
2			
SiO₂^a+Al₂O₃^a in %			
50	69	48	25
52			

- xy - Medianwerte der flözbezogenen Mittelwerte (P50)
- xy-xy - min-max der flözbezogenen Mittelwerte
- Einstufung der Gehalte in Bezug auf Kohlen des ost- und mitteldeutschen Kohlenreviers

xy	hohe Gehalte
xy	erhöhte Gehalte
xy	mittlere Gehalte
xy	geringe Gehalte
xy	sehr geringe Gehalte

Tabelle 11: Gehalte an Spurenelementen, Flöz 4-Komplex

Parameter	Einheit	Clarke Schiefer u. Tone	terrestrische Pflanzen	globale Mittelwerte Braunkohle	Braunkohlenfeld			
					Elsteraue 1983 1 Aufschluss	Werben-Sittel 1983 1 Aufschluss	Espenhain 1987 12 Aufschlüsse	Cospuden 1984 10 Aufschlüsse
Asche	%				16 (12-20)	20,5 (14-37)	16 (6-26)	15 (9-48)
As^d	mg/kg	6,6	0,5	14			41 (4-151)	45 (0,5-95)
B^d	mg/kg	100	5	30	10 (10-10)	18 (10-25)	44 (<4-90)	
Ba^d	mg/kg	800	30	120			282 (<0,5-3950)	211 (28-1640)
Be^d	mg/kg	3	0,1x	2,4	4,5 (3-6)	2,3 (1-4)	0,44 (<0,1-8)	
Co^d	mg/kg	20	0,25	3,4	8 (8-8)	6,9 (6-8)	<0,3	4,7 (1-17)
Cr^d	mg/kg	100	1,7	12			7,3 (<1,5-200)	74 (1,5-4690)
Cu^d	mg/kg	57	4	7,5	6 (5-7)	10 (5-15)	3,4 (<0,5-15)	21 (3-190)
Ga^d	mg/kg	30	0,05x	7	4,5 (4-5)	4,4 (3-7)	1,8 (<1,5-7)	6,4 (0,5-43)
Ge^d	mg/kg	2	0,42	1,5		1,8 (1-3)	<<0,5	
Mn^d	mg/kg	670	30	100	300 (300-300)	400 (300-600)	48 (<6-102)	129 (4-190)
Mo^d	mg/kg	2	0,1	2,4		1 (1-2)	<0,5	19 (0,5-407)
Nb^d	mg/kg	20	0,3x	1		15 (--25)	7 (<3-50)	9,5 (0,5-189)
Ni^d	mg/kg	95	0,5	8	4,5 (4-5)	5,1 (4-7)	1,7 (<0,5-8)	11 (1-28)
Pb^d	mg/kg	20	1,8	2,5	5,5 (5-6)	7,3 (5-10)	6,2 (<1,5-30)	56 (2-1339)
Rb^d	mg/kg	200	5,5	5			19 (0,5-46)	0,6 (0,5-3)
Sc^d	mg/kg	10	0,008x	2	3,8 (3-5)	3,5 (1-7)	2 (<0,3-10)	7,6 (0,5-26)
Sn^d	mg/kg	10	0,5	1			3 (<1,5-8)	3,2 (0,5-42)
Sr^d	mg/kg	450	20	130			178 (31-567)	292 (100-1550)
Ti^d	mg/kg	4.500	3,5	500			777 (5-9050)	646 (0,5-6910)
V^d	mg/kg	130	2,5	23	25 (20-30)	30 (15-40)	3,8 (<0,5-60)	82 (5-1198)
Y^d	mg/kg	30	2,2	7	55 (50-60)	40 (25-50)	24 (<5-200)	13 (0,5-55)
Zn^d	mg/kg	80	18	18			8,6 (<1-97)	7,2 (0,5-34)
Zr^d	mg/kg	200	4	30			13 (<0,5-98)	12 (0,5-516)

- Clarke Schiefer und Ton nach Vinogradov (1962) in RÖSLER & LANGE (1975)
- terrestrische Pflanzen (Durchschnittsgehalte, trockene Substanz) nach ZYKA (1971) aus BOUSKA (1981)
- globale Mittelwerte für Braunkohle nach JUDOVIC et al. (1985)
- xy – flözbezogene Mittelwerte (nach Ergebnisberichte Braunkohlenerkundung und Lagerstättenkataster Braunkohle des LfULG)
- (xy-xy) – Minimal- und Maximalgehalte im Flöz

6.1.4 Oberflözkomplex

Anlagen: 3.41-3.50, 6

Tabellen: 10 und 11

Abbildungen: 52 bis 54

6.1.4.1 Aschezusammensetzung

Generelle Tendenz

Der Oberflözkomplex zeichnet sich unter den Kohlen aus dem mittel- und ostdeutschen Kohlenrevier durch erhöhte Gehalte an Schwefel aus.

Tendenz innerhalb des Südraumes Leipzig

Innerhalb des Südraumes Leipzig weisen die Kohlen des Flöz 4-Komplexes im Vergleich mit den Kohlen der Flözkomplexe 1 und 23 im Durchschnitt (Tabelle 10)

- deutlich erhöhte Gehalte an $\text{Fe}_2\text{O}_3^{\text{a}}$ und Schwefel sowie
- geringste Gehalte an CaO^{a} , geringe Gehalte an MgO^{a} und im Durchschnitt nur geringe Gehalte an $\text{Al}_2\text{O}_3^{\text{a}}$ auf.

Tendenz innerhalb des Flözes

Auf den Parameterkarten des Flözkomplexes 4 zeichnen sich die peripheren Flözbereiche im Umfeld des Aufspaltungsbereiches von den zentralen Flözarealen durch deutlich erhöhte Gehalte an Asche, SiO_2^{a} , $\text{Al}_2\text{O}_3^{\text{a}}$ und TiO_2^{a} sowie geringe Gehalte an CaO^{a} , $\text{Na}_2\text{O}^{\text{a}}$ und St^{d} ab (Anlagen 3.41 bis 3.45). Innerhalb der Verbreitung des Flöz 4-Komplexes wurden die westlich und östlich der Aufspaltungszone gelegenen Vorkommen jeweils getrennt betrachtet (Tabelle 10).

Flözbereiche westlich der Aufspaltungszone

Flöz 4u

In dem im Westen des Untersuchungsgebietes (Werben-Sittel, Profen) in geringer Mächtigkeit (im Durchschnitt 2 m) vorkommenden Flöz 4u sind erhöhte Gehalte an St^{d} , Asche, SiO_2^{a} und $\text{Al}_2\text{O}_3^{\text{a}}$ und gleichzeitig ein hohes $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ -Verhältnis (ca. 2) anzutreffen. CaO^{a} und $\text{Na}_2\text{O}^{\text{a}}$ kommen in nur geringen Gehalten vor; MgO^{a} , $\text{Fe}_2\text{O}_3^{\text{a}}$ und TiO_2^{a} in mittleren Gehalten.

Flöz 4o

In dem im Westen des Untersuchungsgebietes (Werben-Sittel, Profen) in geringer Mächtigkeit (ca. 2,9 m) vorkommenden Flöz 4o sind ähnlich dem Unterflöz erhöhte Gehalte an Asche, SiO_2^{a} und $\text{Al}_2\text{O}_3^{\text{a}}$ (gleichzeitig ein mittleres $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ -Verhältnis von ca. 1,8) und auch an St^{d} anzutreffen. Die Gehalte an CaO^{a} , MgO^{a} , $\text{Na}_2\text{O}^{\text{a}}$ befinden sich ähnlich dem Flöz 4u im mittleren Bereich. Bezeichnend sind im Unterschied zu diesem Flöz erhöhte Gehalte an $\text{Fe}_2\text{O}_3^{\text{a}}$ und hohe Gehalte an TiO_2^{a} .

Flöz 4o1,2,3

In den südwestlichen Aufspaltungszone (Peres, Schleenhain, Grotzsch Dreieck) in jeweils geringen Mächtigkeiten (ca. 1 m) vorkommenden drei Flözen 4o1 bis 4o3 sind hohe Aschegehalte und hohe Gehalte an SiO_2^{a} und $\text{Al}_2\text{O}_3^{\text{a}}$ (gleichzeitig ein mittleres $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ -Verhältnis von ca. 2) sowie hohe Gehalte an $\text{Fe}_2\text{O}_3^{\text{a}}$ anzutreffen. Die Gehalte an CaO^{a} , MgO^{a} und $\text{Na}_2\text{O}^{\text{a}}$ sind nur gering.

Flözbereiche östlich der Aufspaltungszone

Flöz 4 (gespalten und kompakt im Randbereich zur Aufspaltungszone)

Die östlich in unmittelbarer Nähe zur Flusssandzone teilweise aufgespaltenen, meist aber zwischenmittelfrei vorkommenden Flözbereiche (durchschnittliche Mächtigkeit 5 m) zeichnen sich durch mittlere Aschegehalte und erhöhte Gehalte an SiO_2^{a} und $\text{Al}_2\text{O}_3^{\text{a}}$ (gleichzeitig ein mittleres $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ -Verhältnis von ca. 2,3) sowie an TiO_2^{a} aus. CaO^{a} kommt in geringen und MgO^{a} und $\text{Na}_2\text{O}^{\text{a}}$ in mittleren Gehalten vor. Bezeichnend sind hohe Gehalte an $\text{Fe}_2\text{O}_3^{\text{a}}$ und St^{d} .

Flöz 4 (kompakt)

Der kompakte Flözbereich (durchschnittliche Mächtigkeit 9 m) im Nordosten des Untersuchungsgebietes zeichnet sich durch hohe Gehalte an $\text{Fe}_2\text{O}_3^{\text{a}}$ und St^{d} aus. Die Asche, SiO_2^{a} und $\text{Al}_2\text{O}_3^{\text{a}}$ kommen in geringen bis sehr geringen Gehalten vor (gleichzeitig ein erhöhtes $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ -Verhältnis von ca. 2,9) sowie auch TiO_2^{a} .

CaO^a tritt in erhöhten Gehalten mit einer Zunahme in nordöstliche Richtung mit Maximalwerten im Raum Espenhain auf. MgO^a wird in erhöhten und Na₂O^a in mittleren Gehalten vorgefunden. Dabei ist jeweils eine Zunahme in nördliche Richtung mit Maximalgehalten im Raum Cospuden-Zwenkau zu verzeichnen. Mit der Zunahme der Magnesiumgehalte in nördliche Richtung ist auch eine Abnahme des CaO/MgO-Verhältnisses von größer 10 im zentralen Bereich (Espenhain) auf unter 5 im nördlichen Randbereich des Untersuchungsgebietes (Zwenkau) zu beobachten.

6.1.4.2 Spurenelementführung

Zum Flöz 4-Komplex liegen Untersuchungsergebnisse aus insgesamt 24 Aufschlüssen aus den Kohlefeldern Elsteraue, Werben-Sittel, Espenhain und Cospuden vor (Tabelle 11).

Ähnlich dem Flöz 23-Komplex sind auch hier wegen der relativ wenigen Untersuchungspunkte und der nicht auszuschließenden, analytisch bedingten, systematischen Abweichungen zwischen den einzelnen Analysenserien keine Ableitungen von lateralen Veränderlichkeiten möglich.

Auch im Oberflözkomplex zeichnen sich innerhalb der Flözprofile wiederholt verschiedene Verteilungsmuster ab (Abbildung 53, Abbildung 54):

- In den hangenden und/bzw. den liegenden, jeweils aschereicheren Flözbereichen kommen die Parameter Vanadium und Chrom tendenziell weit über der Kohle selbst und auch des umgebenden Nebengesteins vor. Auch Molybdän kommt im hangenden Flözbereich extrem angereichert vor. Ein unmittelbarer Zusammenhang mit dem Vorkommen an Eisensulfiden ist nicht erkennbar.
- Strontium kommt ähnlich den Hauptparametern Kalzium und Magnesium tendenziell in den zentralen, ascheärmeren Flözbereichen in höchsten Gehalten vor.

6.1.4.3 Zusammenfassung

Bezeichnend für den Flöz 4-Komplex sind

- eine deutlich in Abhängigkeit von der Lage zur Aufspaltungszone variierende Höhe der Aschegehalte und deren Zusammensetzung,
- auffallend hohe Gehalte an Eisen und an Schwefel sowohl im Flöz 4o und den diesem Flöz entsprechenden oberen Bereichen im kompakten Flözkörper (vgl. Flözmodell, Abbildung 16) in Form von Eisensulfiden,
- das Vorkommen von Tertiärquarziten in den hangenden Flözbereichen und
- das Vorkommen von spezifischen Anreicherungen an Vanadium, Chrom und Molybdän in den liegenden und/bzw. hangenden Flözbereichen.

Die Höhe der anorganischen Komponenten in den Kohlen und somit die Höhe der Aschegehalte und deren Zusammensetzung werden wesentlich von der Beeinträchtigung durch die Flözaufspaltung bestimmt:

- Randliche, in Nähe der Aufspaltungszone in geringer Mächtigkeit vorkommende und aufgespaltene Flözbe-
reiche weisen infolge höherer Einträge an klastogenem Material erhöhte bis hohe Gehalte an Asche, Silizium und Aluminium sowie auch an Titan bei gleichzeitig geringen Gehalten an Kalzium, Magnesium, Natrium und Schwefel auf (vgl. Abbildung 52). Die Aschegehalte werden mit ca. 50 bis nahezu 70 % durch die klastogenen Komponenten bestimmt. Gleichzeitig kommen mittlere SiO₂/Al₂O₃-Verhältnisse (ca. 2) vor.
- Dem entgegen werden in kompakten, zentralen Flözarealen entgegengesetzte Verhältnisse mit nur geringen bis sehr geringen Gehalten an Asche, Silizium, Aluminium sowie Titan und erhöhten Gehalten an Kalzium,

Magnesium, Natrium sowie auch höhere Gehalte an Schwefel vorgefunden. Die Aschegehalte werden mit nur 25 % durch die klastogenen Komponenten bestimmt. Gleichzeitig kommt ein jedoch erhöhtes $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ -Verhältnis (ca. 2,9) vor.

- Innerhalb der voranstehend geschilderten Tendenz deutet sich eine Zunahme der Gehalte an Kalzium, Magnesium und Natrium in nördliche Richtung an. Gleichzeitig ist eine Entwicklung des CaO/MgO -Verhältnisses von >10 im zentralen Bereich (Kohlenfeld Espenhain) auf < 5 im nördlichen Randbereich des Untersuchungsgebietes (Kohlenfeld Zwenkau) zu beobachten. Diese Entwicklung ist auf die aus nördlicher Richtung kommenden marinen Einflüsse zurückzuführen.

Ähnlich den anderen Flözkomplexen bestehen deutliche Korrespondenzen zwischen der Höhe der Aschegehalte und deren Zusammensetzung. Mit Zunahme der Aschegehalte ist

- eine Zunahme der Gehalte an SiO_2^a und Al_2O_3^a ,
- eine Abnahme der Gehalte an CaO^a und MgO^a sowie tendenziell an Na_2O^a (höchste Gehalte in ascheärmeren Kohlen) und
- eine unabhängige Entwicklung der Gehalte an St^d und Fe_2O_3^a

zu beobachten.

Neben dem o. g. generellen Eintrag an klastogenem Material sind die Kohlen des Flözkomplexes 4 wesentlich durch die an die Flözbildung anschließende marine Transgression beeinflusst. Aus dem Meerwasser stammende Sulfate konnten in die hangenden Bereiche des Torfkörpers immigrieren und wurden dort unter reduzierenden Bedingungen zu Schwefelwasserstoff reduziert. Infolge des erhöhten Vorkommens an Schwefelwasserstoff war eine Fällung des unter reduzierenden Bedingungen in zweiwertiger Form beweglichen Eisens möglich. Es kam zur Bildung von Eisensulfiden. Die Gehalte an Eisen steigen von ca. 3-5 % im Liegenden und Zentrum des Flözes auf über 10 bis über 30 % in den hangenden Bereichen an (bestimmt als Fe_2O_3^a). Mit den Eisengehalten korrespondierend entwickeln sich die Gehalte an Schwefel von ca. 3-4 auf über 5 bis über 9 % (bezogen auf St^d) (Anlage 6.9).

Bezeichnend ist für die hangenden Bereiche des Oberflözkomplexes das Vorkommen von Tertiärquarziten. Durch die marine Beeinflussung und den Entzug der mit dem Meerwasser eingetragenen Sulfate durch mikrobielle Reduktion resultiert eine Erhöhung der pH-Werte. Infolge Zersetzung von Tonmineralen frei werdendes Silizium fällt an sauren Barrieren, d. h. in Zersetzung befindlichen Hölzern und Stubben sowie vom Meerwasser geringer beeinflussten Flözbereichen, aus. Es kam zu Einkieselungen und zur Bildung von Tertiärquarziten.

Verschiedene Spurenelemente kommen ähnlich dem Eisen in starker vertikaler Veränderlichkeit innerhalb der Flözkörper vor. So sind vor allem V und Cr und Mo tendenziell in den hangenden und liegenden, aschereicheren Flözbereichen angereichert. Mo kommt vor allem in den hangenden Flözbereichen stark angereichert vor. Es ist davon auszugehen, dass es sich hierbei um spezifische Anreicherungen im reduzierend wirkenden Milieu der hangenden und liegenden Flözbereiche handelt. In sauerstoffhaltigen Bedingungen bewegliche Anionen wurden vor allem in den Kontaktzonen zu den Torf- und Kohlenlagen reduziert, in weniger bewegliche Formen überführt und angereichert. Hierbei hat die marin-brackische Überprägung der Kohlen einen verstärkenden Einfluss. Durch den neutralen Charakter des mit den Torfen kontaktierenden Meerwassers entstand ein erhöhter Aciditätskontrast, welcher die Reduktionswirkung der Torfe verstärkte (vgl. dazu Kap. 6.2.9).

6.1.5 Zusammenfassende Aussagen zur Geochemie der Kohlen

Im Ergebnis dieses FuE-Vorhabens lassen sich folgende allgemeingültigen Aussagen zur Geochemie des **anorganischen Stoffbestandes** der bewerteten Kohlen aus dem Unter-, Haupt- und Oberflözkomplex treffen:

- Die Höhe der Aschegehalte und deren Zusammensetzung hinsichtlich der Gehalte an Silizium, Aluminium, Kalzium und Magnesium variiert deutlich in Abhängigkeit von der Mächtigkeit der einzelnen Flöze. Entscheidenden Einfluss haben hierbei die Lage in bzw. außerhalb von Subrosionsstrukturen (Flözkessel: Flözkomplex 1) und die Nähe zum flözaufspaltend wirkenden ästuarinen Bereich (Flözkomplexe 23 und 4).
- Die an die Moorbildung anschließende marine Überflutung ist als Ursprung für die auffallend hohen Gehalte an Eisen und an Schwefel sowie auch die Vorkommen an Tertiärquarziten im terminalen Bereich des Flöz 4-Komplexes zu sehen.
- Die wenigen vorliegenden Spurenelementuntersuchungen lassen auf das Vorkommen von spezifischen Anreicherungen (Vanadium, Chrom, Molybdän) in den als geochemische Barriere wirkenden Torf-/Flözkörpern schließen.

Zum **organischen Stoffbestand**, speziell dem Kohlenstoffgehalt (C) und der Schwelteerausbeute (T_{SK}), können folgende Aussagen getroffen werden:

Tabelle 12: Durchschnittliche C^d- und T_{SK}^d-Gehalte in den bewerteten Braunkohlenflözen

Flöz	C (% wf)	T _{SK} (% wf)
Flöz 4-Komplex		
kompakt	55-60	14-20
aufgespalten	45-60	10-18
Flöz 23-Komplex		
kompakt	55-60 (NW) 60-65 (SO)	13-20 (NW) 12-15 (SO)
aufgespalten	50-70	10-16
Flöz 1-Komplex		
Flöz 1o-Komplex	50-65	14-18
Flöz 1u-Komplex	(25-75 (W) 50-60 (O))	10-14 (W)/18 (O)

Der Kohlenstoffgehalt in den Flözkomplexen (Anlagen 3.9, 3.19, 3.29, 3.39 und 3.49) liegt für alle Flöze bei etwa 50-65 % (wf), wobei geringfügig räumliche und Flöz bezogene Differenzierungen in Abhängigkeit vom Aschegehalt zu beobachten sind (Tabelle 12). Insgesamt kann man von einem weitgehend identischen Inkohlungsgrad der altersunterschiedlichen Flözkomplexe ausgehen.

Die Schwelteerausbeute als Hinweis auf den Gehalt an Protobitumina in den Kohlen zeigt gegenüber dem C-Gehalt eine deutlichere flözspezifische Differenzierung (Anlagen 3.10, 3.20, 3.30, 3.40 und 3.50). Höchste Gehalte treten im Oberflöz- und Unterflözkomplex auf und im zwischenmittelfreien kompakten Hauptflöz (Tabelle 12). Diese Kohlen wurden ehemals als Schwelkohlen genutzt und sind auch im Falle einer Renaissance der stofflichen Braunkohlennutzung zukünftig von Interesse.

Die Schwelteerausbeute weist auch auf die moorfazielle Flözzusammensetzung hin: Die niedrigeren Gehalte in den abgespaltenen Flöz 23- bzw. Flöz 4-Bereichen hängen vermutlich mit den dort vorherrschenden Waldmoor-Kohlen und dem Zurücktreten von Hellen Bändern (bitumenreiche gelbe Kohlen) in diesen Flözkörpern zusammen.

6.2 Geochemie der Mittelsedimente

6.2.1 Kenntnisstand

Wesentliche Frage für die Mittelschichten ist die Einschätzung ihres Säurebildungspotenzials bei Sauerstoffzutritt. Diese Säurebildung beruht wie bei jeglicher Bergbautätigkeit auf der Verwitterung von in den Mittelschichten (aber auch in den Flözen) enthaltenen sulfidischen Mineralen, vor allem Eisensulfiden (Pyrit).

Ein wichtiger Aspekt ist demzufolge das Verständnis der Verteilung dieser potenziell säurebildenden Sulfide und damit der Schwefelgehalte in den verschiedenen Einheiten. HOTH (2004) zeigte im Bereich des Kohlefeldes des Espenhain auf, dass diese Schwefelverteilung in den tertiären, abraumrelevanten Einheiten keinesfalls zufällig, sondern genetisch-faziell begründet ist. Die wissenschaftliche Basis dafür stellen vor allem die Untersuchungen von BERNER (1984) dar. Nachfolgend werden diesbezüglich die wesentlichsten Aussagen in gekürzter, teilweise überarbeiteter Form aus HOTH (2004) entnommen.

C/S-Verhältnis

Die sedimentäre Pyritbildung ist innerhalb geologischer Zeiträume einer der Hauptausgleichsmechanismen zwischen Sauerstoffgehalt der Atmosphäre und der Sulfatkonzentration der Ozeane (BERNER 1984). Es kommt zu einem ständigen Wechsel zwischen mariner Pyritbildung und terrestrischer Pyritverwitterung bei Sauerstoffexposition (z. B. ZEHNDER & ZINDER 1980). Somit stellt der bergmännische Tagebaueingriff einen extremen Anschlag der sonst in geologischen Zeiträumen ablaufenden Verwitterungsproblematik dar. Er ist Bestandteil des geochemischen Schwefel-Kohlenstoff-Kreislaufs. Die Pyritbildung ist nach BERNER (1984) ein synsedimentärer bis frühdiagenetischer Vorgang. Er wird somit wesentlich durch die faziellen, paläogeographischen und paläoklimatischen Verhältnisse beeinflusst.

Abbildung 55 verdeutlicht die ablaufenden Teilprozesse. Unter reduzierenden Bedingungen kommt es, begleitet von der Umsetzung organischer Substanz (CH_2O), zur Reduktion von Sulfat zu H_2S (Gleichung 6.1).



Das gebildete H_2S reagiert mit Fe^{2+} zu Pyrit (Gleichung 6.2)¹.



Diese Modellvorstellung ist eine Vereinfachung der ablaufenden Prozesse, erfasst jedoch deren wesentlichste Aspekte).

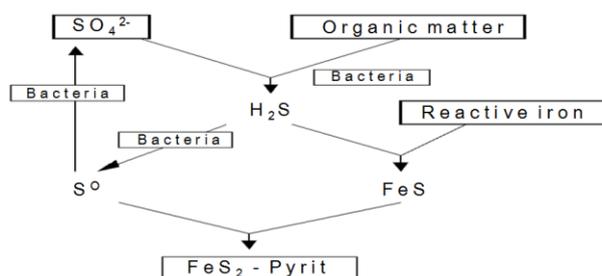


Abbildung 55: Schema der sedimentären Pyritbildung nach BERNER (1984)

¹ Der Prozess erfolgt dabei über verschiedene thermodynamisch instabilere Eisensulfidzwischenstufen (Mackinawit - Fe_3S_4 , Greigit - Fe_{1+x}S) (vgl. z. B. RICKARD 1975, MORSE et al. 1987).

Aus dem Modell wird deutlich, dass drei Limitierungsfaktoren für die Pyritbildung zu unterscheiden sind:

- Vorhandensein von Sulfat
- Vorhandensein von umsetzbarem organischem Kohlenstoff
- Vorhandensein von „reaktivem Eisen“

Für verschiedene Faziestypen ist jeweils eine der drei Größen der limitierende Faktor.

In **mariner Fazies** ist C_{org} dieser limitierende Faktor, weil Sulfat und reaktive Eisenminerale ausreichend vorhanden sind. Es resultiert daraus eine Korrelation zwischen C_{org} und S_{ges} (Abbildung 56). Die C_{org}/S_{ges} -Verhältnisse liegen bei diesem Faziestyp nach BERNER (1984) etwa bei <1-2 bis etwa 3 (Abbildung 57).

In **nicht mariner Fazies** ist Sulfat der limitierende Faktor, weil reaktive Eisenminerale und C_{org} aus terrestrischen Einträgen ausreichend vorhanden sind. Es gibt keine Korrelation zwischen C_{org} und S_{ges} (vgl. Abbildung 56). Die C_{org}/S_{ges} -Verhältnisse liegen bei diesem Faziestyp bei 7-10 bis >30 (vgl. Abbildung 57). Der Übergang von marinen über brackische hin zu terrestrisch-limnischen Bedingungen liegt somit im Bereich von 2-3 bis 7-10.

In **euxinischer Fazies** ist reaktives Eisen der limitierende Faktor. Es ergibt sich daraus ein einheitliches Niveau der S_{ges} -Gehalte. Es besteht keine Korrelation zwischen C_{org} und S_{ges} . Zur Unterscheidung zwischen einer Eisen- und einer C_{org} -Limitierung führen RAISWELL & BERNER (1985) das DOP (degree of pyritization)-Verhältnis ein.

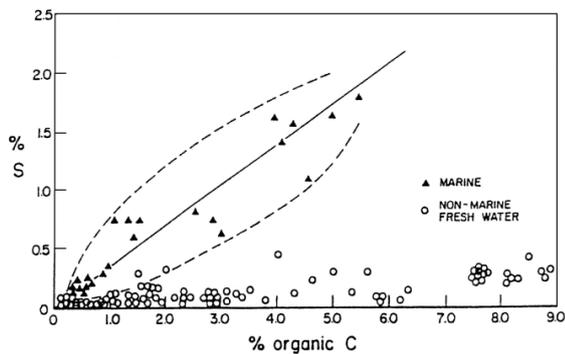


Abbildung 56: C_{org}/S_{ges} -Verhältnisse für Karbon-Sedimente (England) aus BERNER (1984)

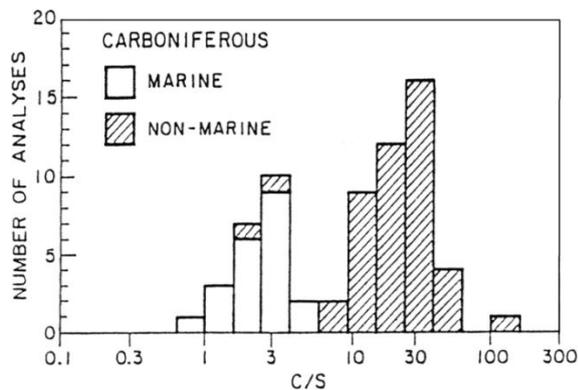


Abbildung 57: Verteilung der C_{org}/S_{ges} -Verhältnisse für Karbon-Sedimente (England) aus BERNER (1984)

Zusammenfassend stellt das C_{org}/S_{ges} -Verhältnis einen Paläosalinitätsindikator dar, sofern eine postgenetische Überprägung auszuschließen ist. Die fazielle Stellung der einzelnen geologischen Einheiten prägt somit entscheidend deren Pyritgehalte. Somit ist die fazielle Einordnung der Sedimente auch wesentlich für das Verständnis der Pyritgehaltsverteilung und damit der Prognose der Aciditätspotenziale in den jeweiligen Schichten und damit im Abraum des Braunkohlenbergbaus.

MgO-Gehalte und CaO/MgO-Verhältnisse

BRAUSE et al. (1989) bewerteten den marinen Einfluss (die „Transgressionsgeschichte“) auf den 2. Miozänen Flözkomplex auch mit Hilfe der CaO- und MgO-Gehalte und der sich ergebenden CaO/MgO-Verhältnisse der untersuchten Flözproben. Dabei stehen, basierend auf älteren Arbeiten anderer Autoren, als Arbeitshypothese hohe MgO-Gehalte und niedrige CaO/MgO-Verhältnis-Werte für stärkeren marinen Einfluss.

6.2.2 Vorgehensweise

Beruhend auf der in Kap. 6.2.1 dargelegten wissenschaftlichen Basis sollte insgesamt die fazielle Stellung der Mittelschichten an Hand ihrer geochemischen Charakteristik untersucht werden. Hierzu wurden die C/S-Verhältnisse und die MgO-Gehalte und CaO/MgO-Verhältnisse, erweitert um die CaO-Gehalte, einbezogen.

In HOTH (2004) erfolgte eine Betrachtung der C/S-Verhältnisse der Mittelschichten für das Kohlenfeld Espenhain an den Bohrungen 49/64, 32/72, 66/71. Nun werden auch die in den Gutachten mitbestimmten MgO- und CaO-Gehalte und -Verhältnisse einbezogen. Diese Messwerte resultieren dabei aus einem 10%-igen HCl-Auszug.

Es soll zuerst an Brg. 32/72 als einer der drei in HOTH (2004) bewerteten Bohrungen die Relevanz der MgO- und CaO-Gehalte und des CaO/ MgO-Verhältnisses hinsichtlich der resultierenden Faziesaussage betrachtet werden.

C/S-Verhältnis an Brg. 32/72

Voranstehend soll das C/S-Verhältnis bewertet werden, weil es gerade an dieser Bohrung klare, nachvollziehbare Aussagen liefert. Diese sind dann Gradmesser bezüglich der Verlässlichkeit der Aussagen für die CaO- und MgO-Gehalte bzw. das CaO/MgO-Verhältnis.

Bezüglich des C/S-Verhältnisses zeigt sich eine sehr gute Unterscheidung zwischen den stark marinen Bereichen im Hangenden des Flöz 4-Komplexes gegenüber den palustrischen („terrestrischen“) Flözen. Die flach-marinen Hangendsedimente (Rupelsande) weisen Werte zumeist <1 auf. Die Flöze zeigen Werte >15 , wobei der Hauptflözkomplex (Flöz II/II) noch höhere Werte im Vergleich zu Oberflözkomplex (Flöz IV) aufweist. Eine Zwischenstellung nehmen die Mittelschichten zwischen dem Haupt- und Oberflözkomplex ein. Sie weisen Werte zwischen 5 und 7 auf, die sie als marin beeinflusste, brackische (ästuarine) Bildungen charakterisieren

CaO/MgO-Gehalte an Brg. 32/72

Jetzt wäre zu prüfen, ob die an dieser Bohrung klaren Aussagen des C/S-Verhältnisses durch die anderen zu bewertenden Kriterien wiedergegeben werden. In Abbildung 58 wird für beide Parameter deutlich (CaO: blaue Linie in Diagramm B; MgO: rote Linie in Diagramm C), dass die höchsten Gehalte mit den C_{org} -reichen Einheiten² verbunden sind.

² C_{org} als Gehalt an organischem Kohlenstoff entspricht hier in sehr guter Näherung C_t , dem Gesamt-Kohlenstoffgehalt.

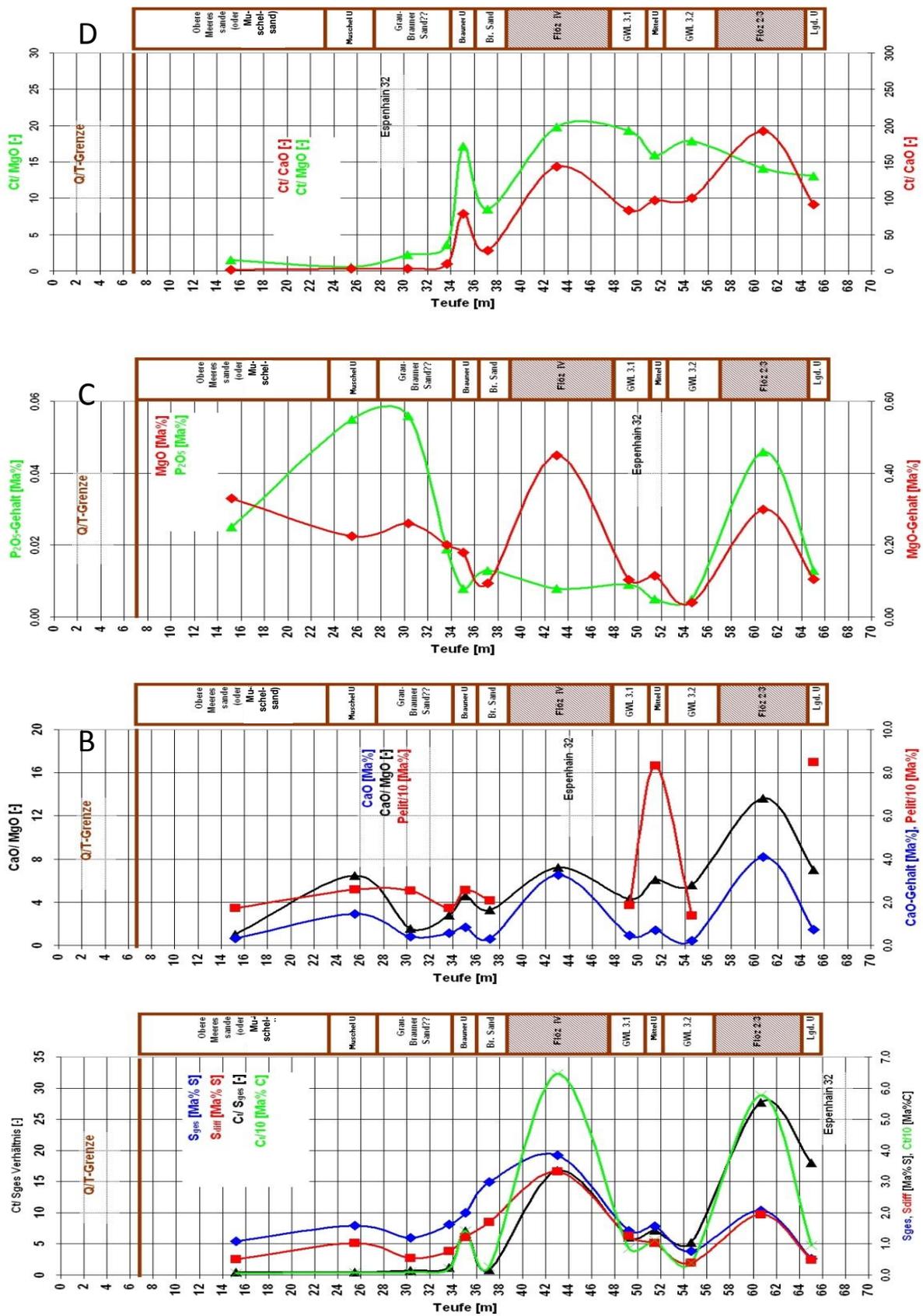


Abbildung 58: Parameterverlauf in der Brg. Espenhain 32/72 (A: S_{ges}, S_{diff}, C_t; B: CaO- und Pelit-Gehalt

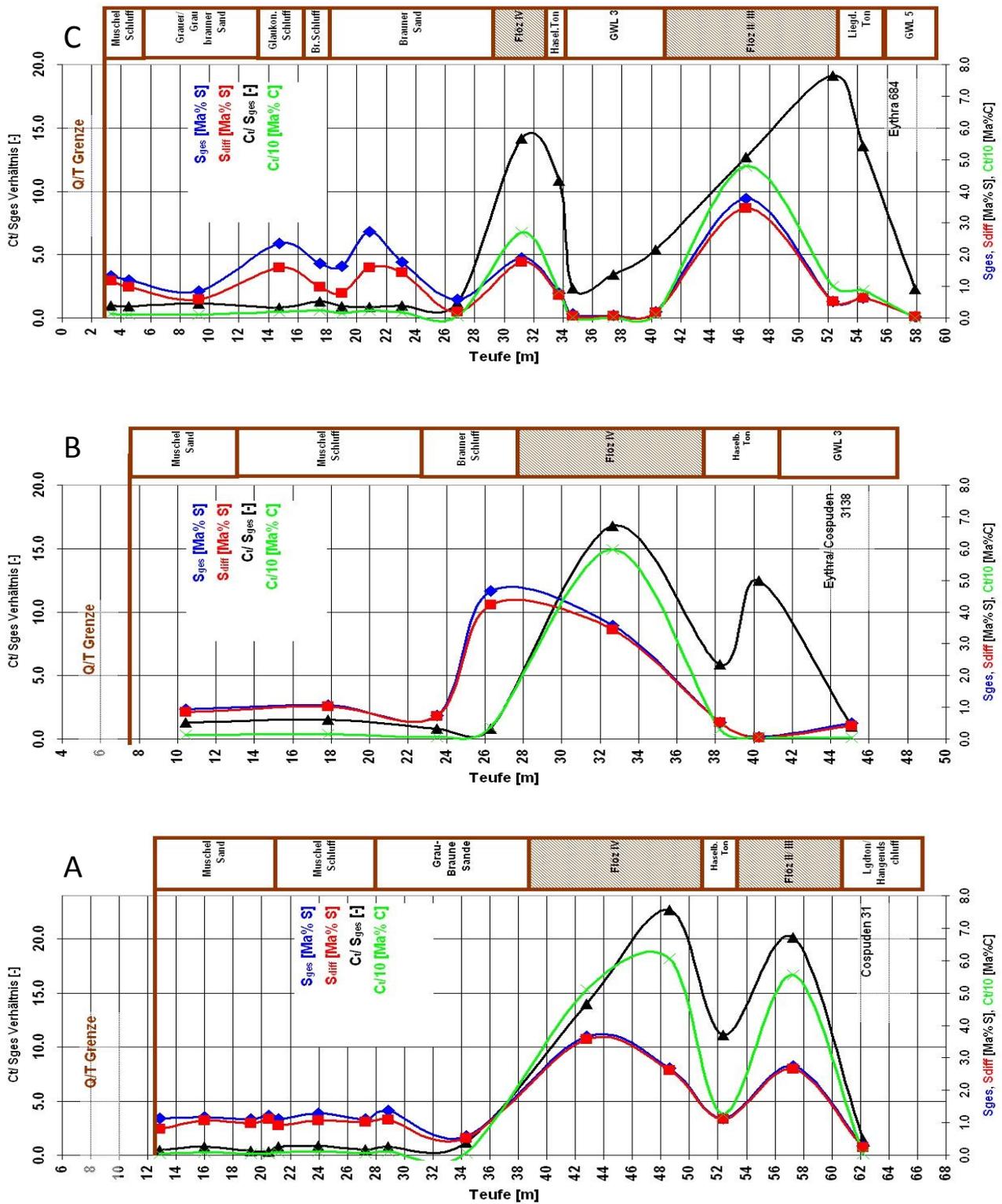


Abbildung 59: Parameterverlauf C_r/S , S_{ges} , S_{diff} und $C_r/10$ in den Bohrungen Cospuden 31 (Diagramm A), Eythra 3138 (Diagramm B) und Eythra 684 (Diagramm C) (NO-SW)

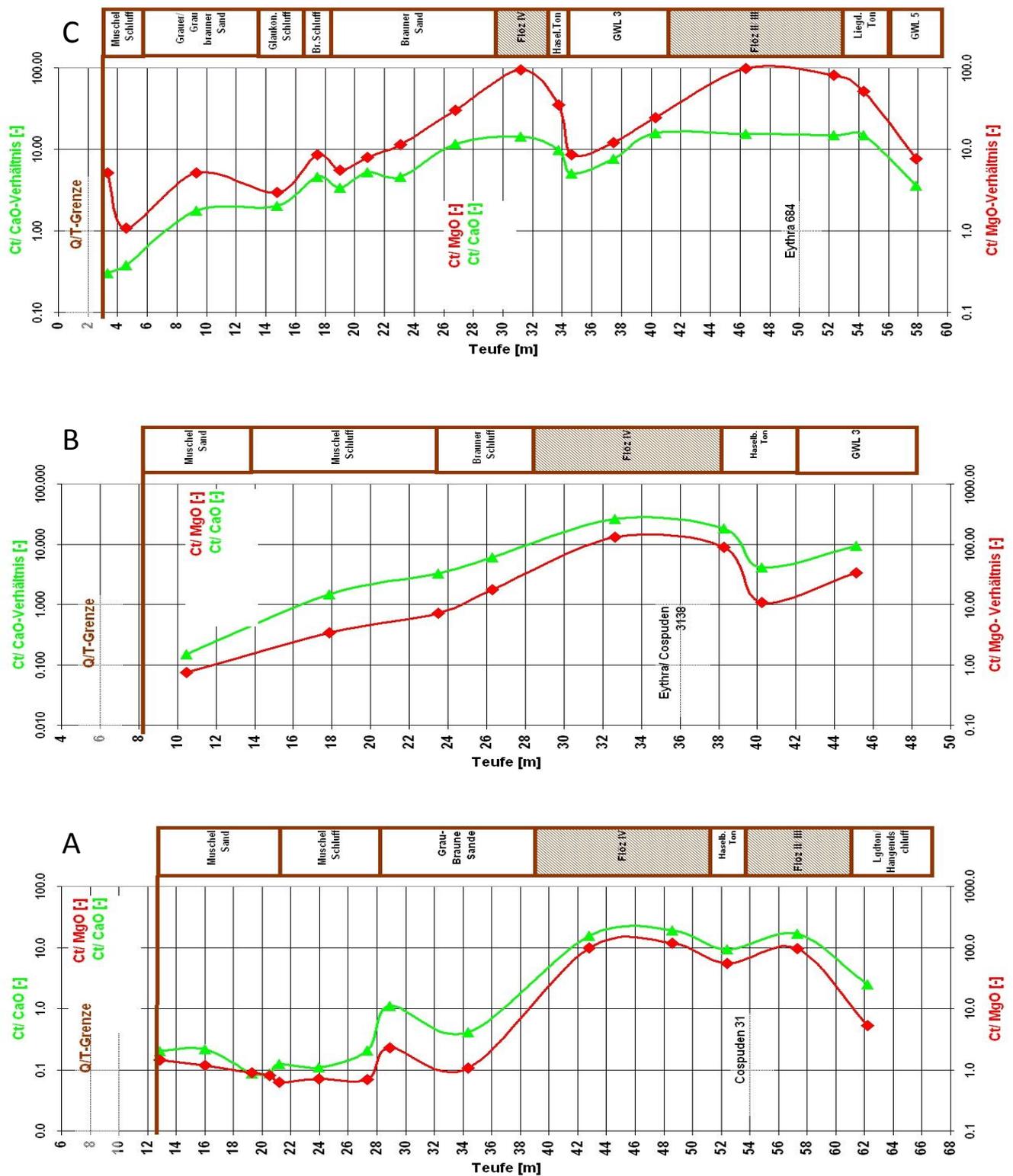


Abbildung 60: Parameterverlauf C_t/MgO und C_t/CaO in den Bohrungen Cospuden 31 (Diagramm A), Eythra 3138 (Diagramm B) und Eythra 684 (Diagramm C) (NO-SW)

Eine Ausnahme bilden diesbezüglich die Proben in den marinen Einheiten „Obere Meeressande“ und „Muschelsand/-schluff“. Hier zeichnen sich erhöhte MgO-Gehalte ab, obwohl keine erhöhten C_{org} -Gehalte vorliegen. **Demnach ist festzuhalten, dass die MgO- und CaO-Gehalte allein keine Aussage zur faziellen Stellung liefern.**

CaO/MgO-Verhältnisse an Brg. 32/72

Die CaO/MgO-Verhältniszahlen, für die niedrige Werte einen hohen marinen Einfluss bedeuten, weisen zwar richtigerweise für die Flöze die höchsten Werte aus (terrestrisch, d. h. eigentlich paralisch), aber es kommt zu einer anderen Stellung des Muschelschluffs, der vergleichbare Werte zum Flöz 4-Komplex aufweist. Dieses Kriterium ist demnach zwar besser geeignet als die reinen Elementgehalte, weist aber dennoch offene Fragen auf. Daraus abgeleitet liegt es nahe, die MgO- und CaO-Gehalte nicht direkt und auch nicht als Verhältnis zu betrachten, sondern normiert über die jeweiligen Kohlenstoff-Gehalte der Proben. Dieses Vorgehen wird nachfolgend bewertet.

C_f /CaO und C_f /MgO-Verhältnisse an Brg. 32/72

Diese beiden Verhältnisse sind als viertes Diagramm in Abbildung 58 dargestellt. Es wird sehr gut deutlich, dass beide Parameter einen ähnlichen Teufenverlauf aufzeigen. Für das C_f /CaO-Verhältnis zeigt sich dabei ein nahezu konsistenter Verlauf im Vergleich zu den C/S-Werten. Als Abfolge vom Liegenden her treten die Flöze und der Braune Schluff-Bereiche mit hohen/höheren Werten hervor. Dabei nehmen im Vergleich die Werte des Flöz 23-Komplexes in Richtung Hangendes ab, d. h. die marine Beeinflussung zu. Das C_f /MgO-Verhältnis weist den Braunen Schluff mit vergleichsweise höheren Werten noch aus, zeigt dann aber vor allem für das Flöz 23 einen anderen Verlauf. Danach wäre dieser Flözkomplex deutlich mariner beeinflusst einzustufen als der Flöz 4-Komplex. Diese Erklärung erscheint nicht so plausibel wie die an Hand des C_f /CaO-Verhältnisses. Nach dieser exemplarischen Bewertung der Brg. Espenhain 32/72 ist festzustellen, dass die geochemische Faziesanalyse mit den zur Verfügung stehenden Daten (C, S, CaO, MgO) vor allem auf den C_f /S- und C_f /CaO- und C_f /MgO-Verhältnissen beruhen sollte. Die einfache Bewertung der CaO- und MgO-Gehalte führt zu weniger relevanten Aussagen. Die C_f /S-, C_f /CaO- und C_f /MgO-Verhältnisse sind unbedingt gemeinsam zu bewerten.

6.2.3 Geochemie der Schichtenfolge im Raum Cospuden/Zwenkau

Zuerst soll auf den Tagebaubereich Cospuden/Zwenkau eingegangen werden. Dazu wurden in einem NE-SW Profil die Brg. Cospuden 31, Eythra/ Cospuden 3138 und Eythra 684 ausgewählt.

Bezüglich der **C/S-Verhältnisse** (Abbildung 59) vom Hangenden zum Liegenden der Tertiärsedimente ergeben sich folgende Aussagen:

- In allen drei Bohrungen werden die Hangendsedimente des Flözkomplexes 4 (Rupelsedimente) klar marin ausgewiesen mit sehr kleinen C/S-Werten (zumeist < 1). Die Werte sind für die Brg. Cospuden 31 besonders niedrig.
- In Annäherung zum Flöz 4-Komplex kommt es zu einer sehr schnellen Erhöhung der Werte; möglicherweise ein Indiz für eine relativ schnelle transgressive Entwicklung in den Sedimenten über dem Flöz.
- Die Mittelsedimente zwischen den Flözkomplexen 23 und 4 (GWL 3) sind in den einzelnen Bohrungen sehr unterschiedlich ausgeprägt. Es lässt sich dennoch zusammenfassen, dass der Haselbacher Ton im unmittelbar Liegenden des Oberflözkomplexes Werte zwischen 5 und 12 aufweist. Er ist damit eher terrestrischer einzustufen mit brackischen Einflüssen. Das harmoniert gut mit der aus der lithofaziellen Beurteilung stammenden Fazieseinschätzung (vgl. Kap. 4.3.8): Als Haselbacher Ton werden sowohl Rückstausedimente in

der Überflutungsebene als auch Tonablagerungen in Altwasserarmen im landwärtigen Bereich des Ästuars bezeichnet.

- Der GWL 3, im Nordosten des betrachteten Profils nicht vorhanden, weist in der Brg. Eythra 3138 noch klar marine C/S-Werte auf, während diese Werte an Brg. Eythra 684 schon etwas höher („terrestrischer“) liegen. Das spiegelt den Übergang vom marin geprägten westlichen Bereich des Grundwasserleiters (Domsener Sande) zu den mehr ästuarinen Verhältnissen im östlichen Untersuchungsgebiet wider (Abbildung 77).
- An Brg. Eythra 684 ist sehr gut der fazielle Übergang vom ästuarinen GWL 5 mit noch eher marinen Werten (ca. 2,5) über den schon deutlich terrestrischeren Liegendton (Luckenauer Ton) hin zum Flöz 23-Komplex ersichtlich.
- Es ist auch festzuhalten, dass die Flöze zumeist die höchsten Schwefelgehalte im terminalen Bereich aufweisen. Dies ist so zu interpretieren, dass es bei „Überfahren“ dieser palustrischen, organikreichen Einheiten mit sulfatreichen marinen Wässern besonders zur Pyritbildung kommen konnte.

Bezüglich der **C_t/CaO- und C_t/MgO-Verhältnisse** (Abbildung 60) zeigt sich auch ein klarer Übergang von marinen Sedimenten im Hangenden des Flözes 4 hin zu den terrestrischen Bereichen der Flöze. Die Aussagen mittels dieser Verhältnisse stützen somit die Aussagen aus den C/S-Verhältnissen. Im Einzelnen ergibt sich Folgendes, wobei die logarithmische Diagrammskala³ zu beachten ist:

- Für Bhr. Cospuden 31 sind die Werte im Hangenden Flözkomplex 4 gleichbleibend sehr klein.
- In den beiden südlicheren Bohrungen sieht man dem gegenüber in diesem Hangendebereich schon ein Ansteigen der Werte hin zum Flöz 4-Komplex.
- Der Haselbacher Ton erhält auch hier eine eher eine terrestrische Einstufung, während der GWL 3 dann schon deutlich mariner beeinflusste Werte zeigt.
- Für den Liegendton des Flöz 23-Komplexes (Luckenauer Ton) und den GWL 5 zeigen sich zum GWL 3 vergleichbare Werte.

6.2.4 Geochemie der Schichtenfolge im Raum Espenhain

Die geochemischen Verhältnisse als Basis der faziellen Bewertung sollen für den Raum Espenhain in einem NW-SO-Schnitt an den Bohrungen Esp 49/64, Esp 32 und Esp 116/84 aufgezeigt und diskutiert werden.

Für die **C/S-Verhältnisse** (Abbildung 61) ergeben sich vom Hangenden zum Liegenden der Tertiärsedimente folgende Beobachtungen:

- Für die beiden südlicheren Bohrungen 32 und 116/84) zeigen sich im Hangenden des Oberflözkomplexes ebenfalls sehr niedrige Werte (= stark marine Verhältnisse). Etwas anders verhält es sich überraschend bei Brg. Esp. 49. Diese weist in Richtung des Flözes 4 langsam steigende Werte bis ca. 5 im unmittelbar Hangenden des Flöz 4-Komplexes auf.
- In der nördlichen Brg. Esp. 49 sind dem gegenüber die Werte für die Flöze nicht so hoch im Vergleich zu den beiden südlicheren Bohrungen. Es werden Werte von ca. 12 (Flöz 4) und 17 (Flöz 23) erreicht. In den beiden südlicheren Brg. liegt dies bei 15-17 (Flöz 4) und > 25 (Flöz 23). Somit ist festzuhalten, dass der brackische Einfluss auf die Flöze in den nördlichen Bohrungen stärker zum Tragen kommt (vgl. Kap. 6.1.4.3). Eine Verschiebung der Haupttrichtung des Transgressions-/Regressionsgeschehens ist somit naheliegend.

³ Die logarithmische Skala wird verwendet, damit Unterschiede in den kleinen Bereichen besser aufgelöst sind.

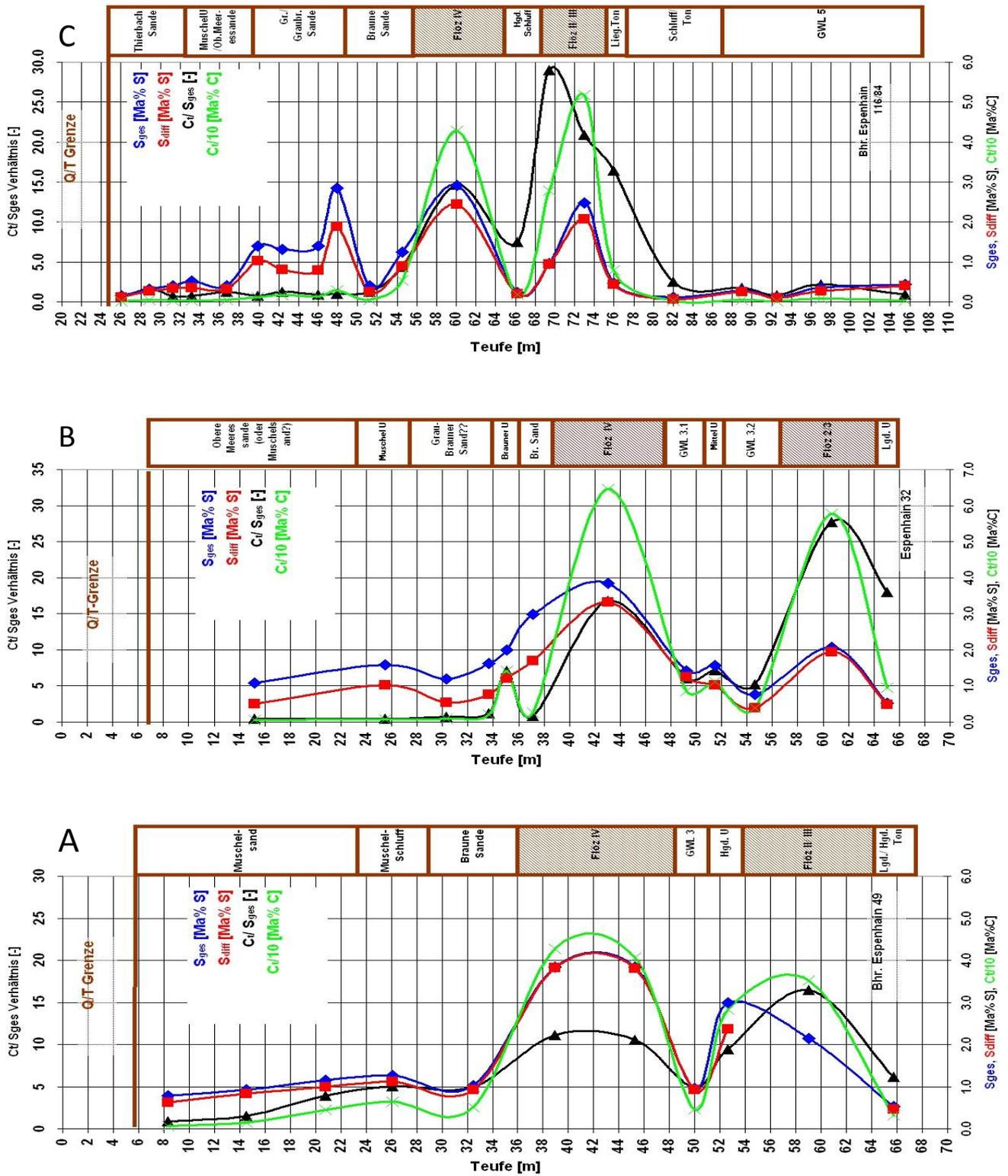


Abbildung 61: Parameterverlauf C/S, S_{ges}, S_{diff} und C_t/10 in den Bohrungen Esp 49 (Diagramm A), Esp 32 (Diagramm B) und Esp 116/84 (Diagramm C) (NW-SO)

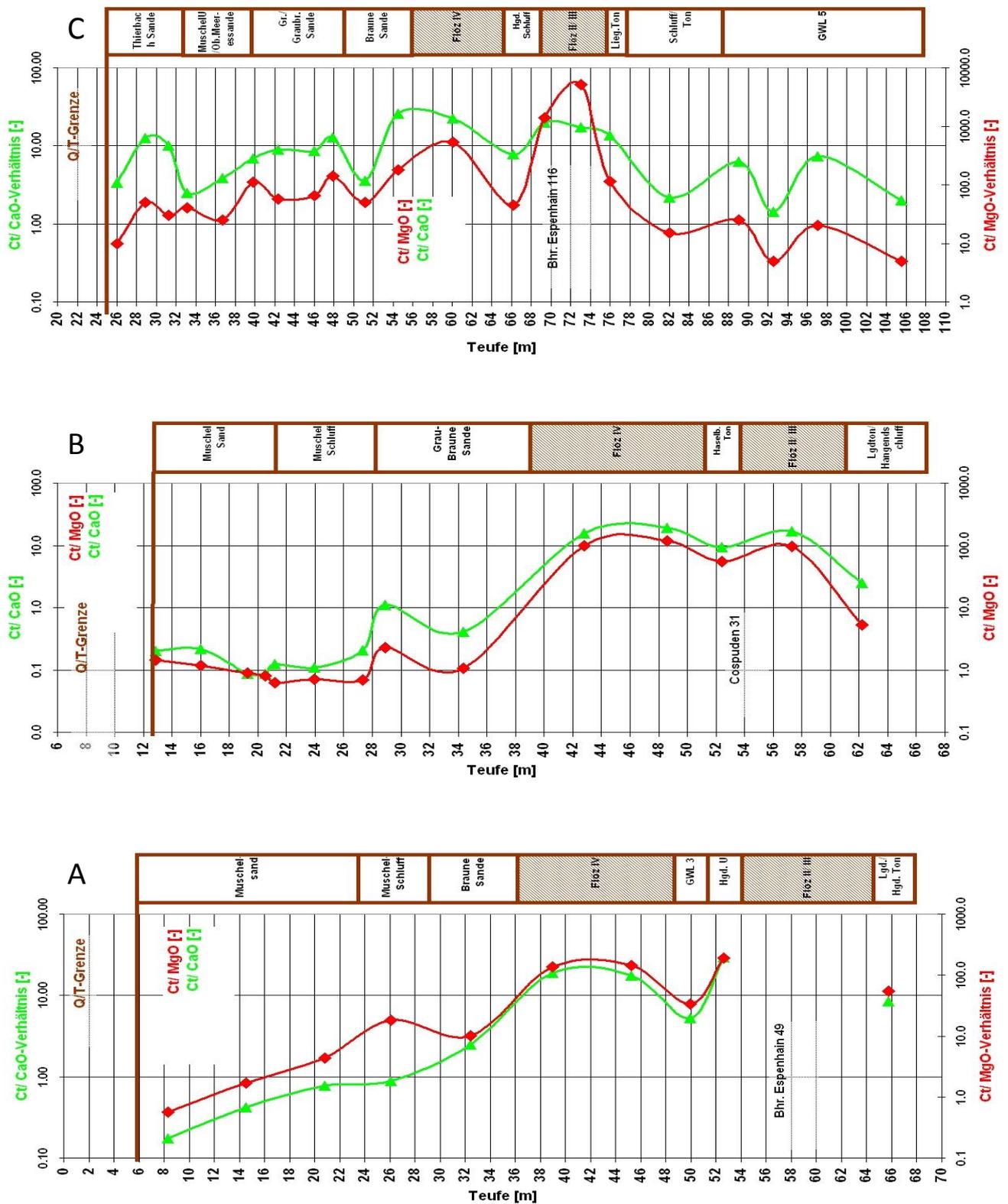


Abbildung 62: Parameterverlauf Ct/MgO und Ct/CaO in den Bohrungen Esp 49 (Diagramm A), Esp 32 (Diagramm B) und Esp 116/84 (Diagramm C)

- Die Mittelschichten zwischen dem Flöz 4- und Flöz 23-Komplex weisen in ihrer unterschiedlichen Ausprägung Werte zwischen zumeist 5 und 7 aus, die sie als brackisch beeinflusst kennzeichnen.
- Der Flöz 23-Liegendton wird in den beiden südlicheren Brg. mit Werten > 15 als klar terrestrisch ausgewiesen. Für die Proben des GWL 5 werden jedoch eher marine Werte im Niveau um 2 ausgewiesen.

Bezüglich der **C_r/CaO- und C_r/MgO-Verhältnisse** (Abbildung 62) sind folgende Fakten festzuhalten:

- Im Hangenden des Flöz 4-Komplexes zeigen sich für die Brg. Esp 32 gleichbleibend niedrige Werte (marine Verhältnisse). Für Brg. Esp 49 besitzen die oberen Proben auch noch relativ niedrige Werte, dann steigen diese aber sukzessive hin zum Flöz 4 an. Diese beiden Parameterverhältnisse stützen somit die besondere Stellung von Brg. 49 an Hand der C/S-Verhältniszahlen.
- Die südliche Brg. Esp 116 zeigt dem gegenüber für alle Teufenprofil-Bereiche ein tendenziell höheres Wertenniveau. Die Thierbacher Sande weisen bereits einen Wertebereich der Flöze auf und sind damit klar als terrestrische Bildungen charakterisiert. Diese plausible Aussage steht dabei im Gegensatz zu den C/S-Verhältniszahlen für diese Einheit.
- Im Liegenden des Flöz 23-Komplexes sind dann wieder deutlich niedrigere Werte ersichtlich, die für brackische, marin beeinflusste Verhältnisse stehen.

6.2.5 Geochemie der Schichtenfolge im Raum Peres

Für das Kohlenfeld Peres liegen nur Bohrungen vor, bei denen die Flöze nicht mit untersucht wurden. Dies macht die Interpretation etwas schwieriger. Es werden nachfolgend die Ergebnisse an Hand der Bohrungen Peres 3544, 3502, 3797 und 3841 (WNW-OSO-Profil) diskutiert.

Für die **C/S-Verhältnisse** (Abbildung 63) ergibt sich Folgendes:

- Die Schichtenfolge im Hangenden vom Flöz 4 ist nur an den beiden östlichen Bohrungen vorhanden und untersucht. Dabei zeigt gerade Brg. 3797, dass in den marinen Verhältnissen ein gewisser fazieller Wechsel mit stellenweise brackischen Einflüssen vorhanden ist. Gerade durch diesen Wechsel kommt es in den „marinen“ Bereichen zu sehr hohen Schwefelgehalten.
- Die als Haselbacher Ton eingestufte Einheit (also bindiges Material im Liegenden Flöz 4 bzw. im hangenden Bereich des GWL 3) zeigt deutlich geringere C/S-Werte als z.B. im Bereich Zwenkau/Cospuden (vgl. Kap. 6.2.3).
- Der GWL 3 weist sehr niedrige C/S-Werte auf, die ihn klar als marin ausweisen.
- Weil der Hauptflözkomplex insgesamt nicht beprobt wurde, kann man nur Aussagen zu den Grundwasserleitern GWL 4.1 und 4.2 sowie zu bindigen Einheiten in dem Profilabschnitt treffen. GWL 4.1, das Zwischenmittel im Flöz 23o-Komplex, wird nur in der nordwestlichen Brg. 3544 angesprochen. Es ergeben sich sehr hohe, terrestrische C/S-Werte⁴. Für den GWL 4.2 zwischen den Flözen 23u und 23o werden in Brg. 3544 noch sehr kleine (marine) Werte offenbar, während diese dann an den Bohrungen Peres 3502 und 3797 in leicht brackische Werte um 3 bis 2 übergehen.

⁴ Hierbei sind aber auch die sehr niedrigen Gehalte vor allem von Schwefel, aber auch C zu bedenken, die zu Verfälschungen der Verhältnisse führen könnten.

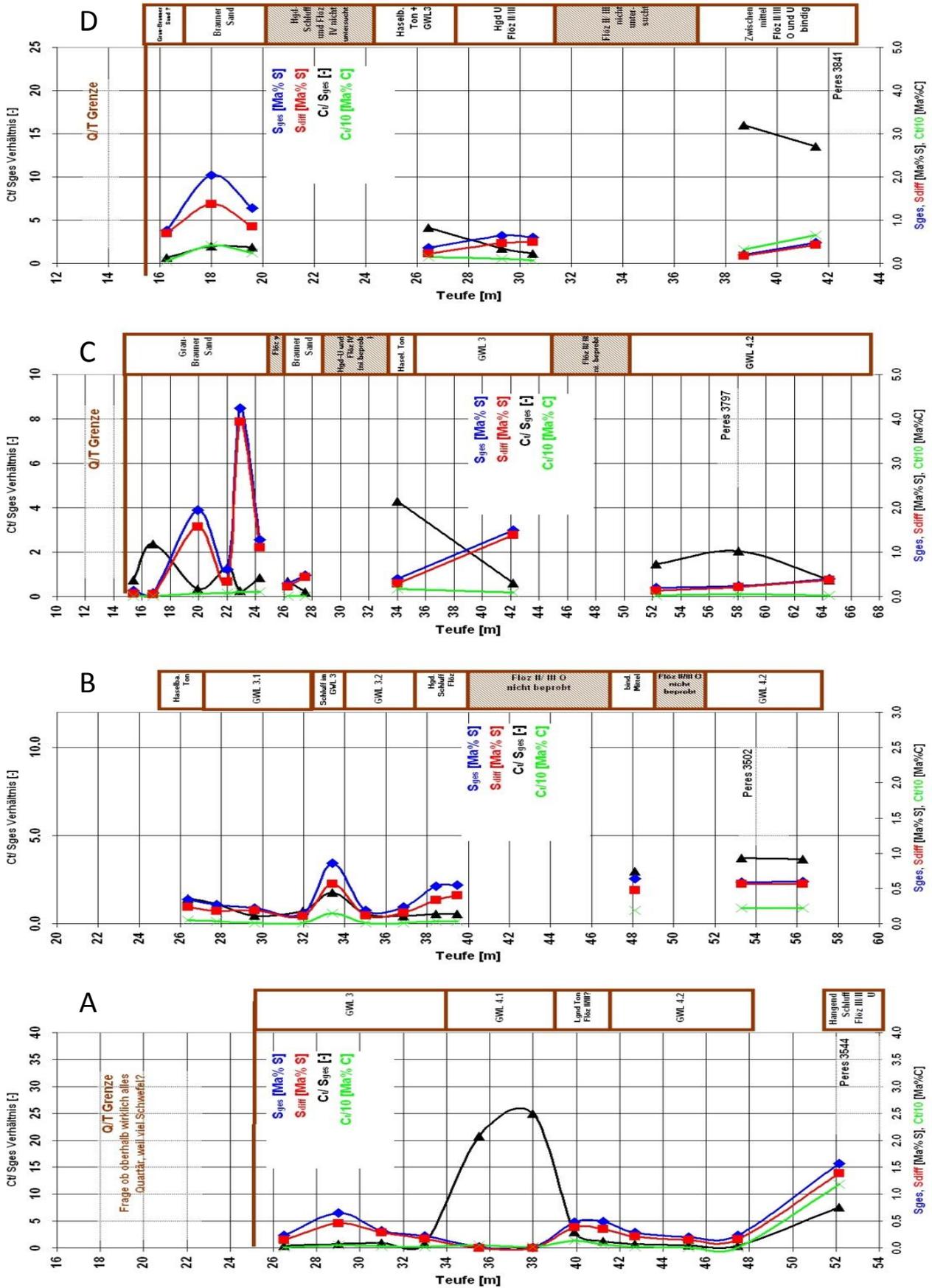


Abbildung 63: Parameterverlauf C/S, S_{ges} , S_{diff} und $C_t/10$ in den Bohrungen Peres 3544 (Diagramm A), 3502 (Diagramm B), 3797 (Diagramm C), 3841 (Diagramm D) (WNW-OSO)

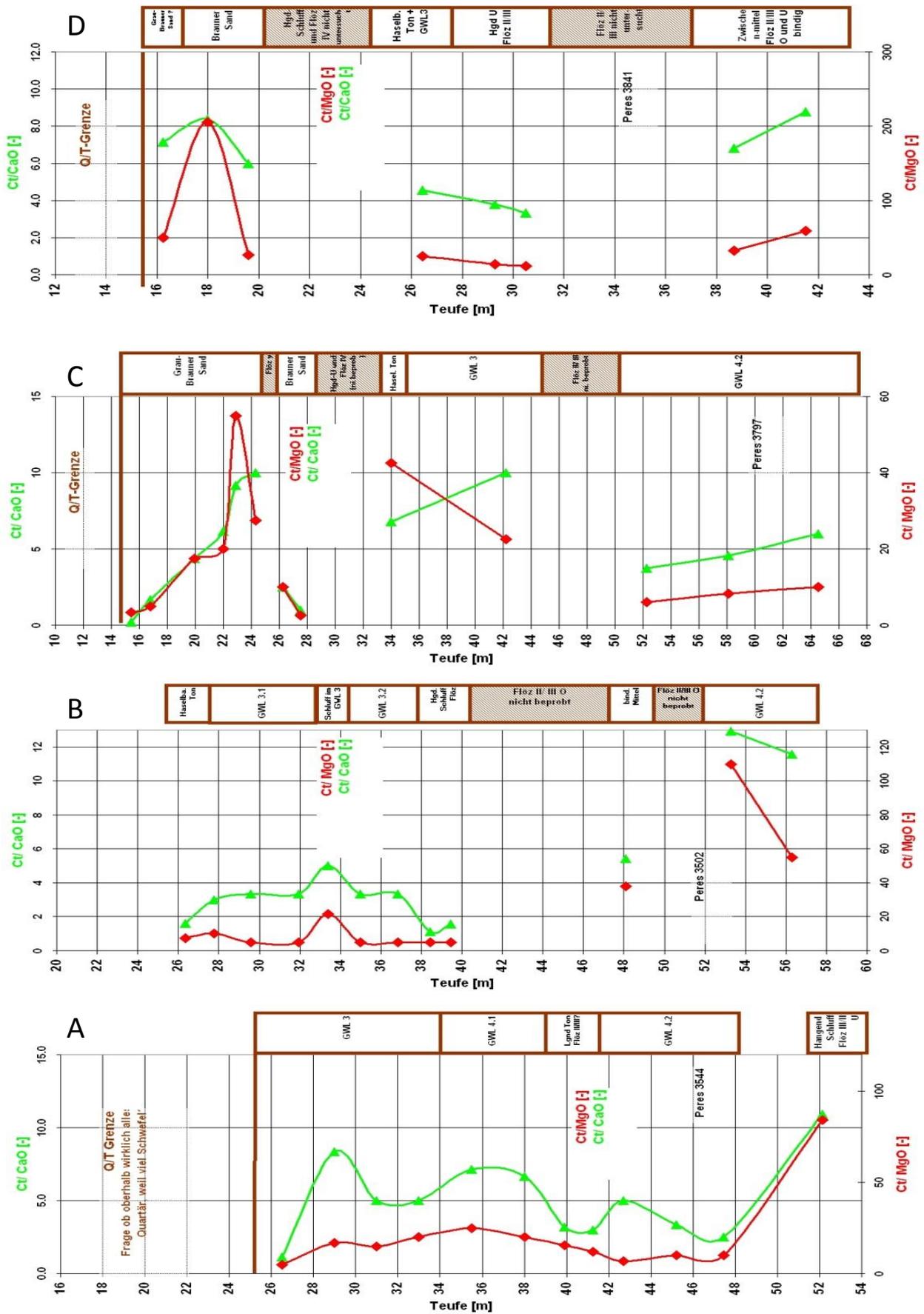


Abbildung 64: Parameterverlauf C/MgO und C/CaO in den Bohrungen Peres 3544 (Diagramm A), 3502 (Diagramm B), 3797 (Diagramm C), 3841 (Diagramm D) (WNW-OSO)

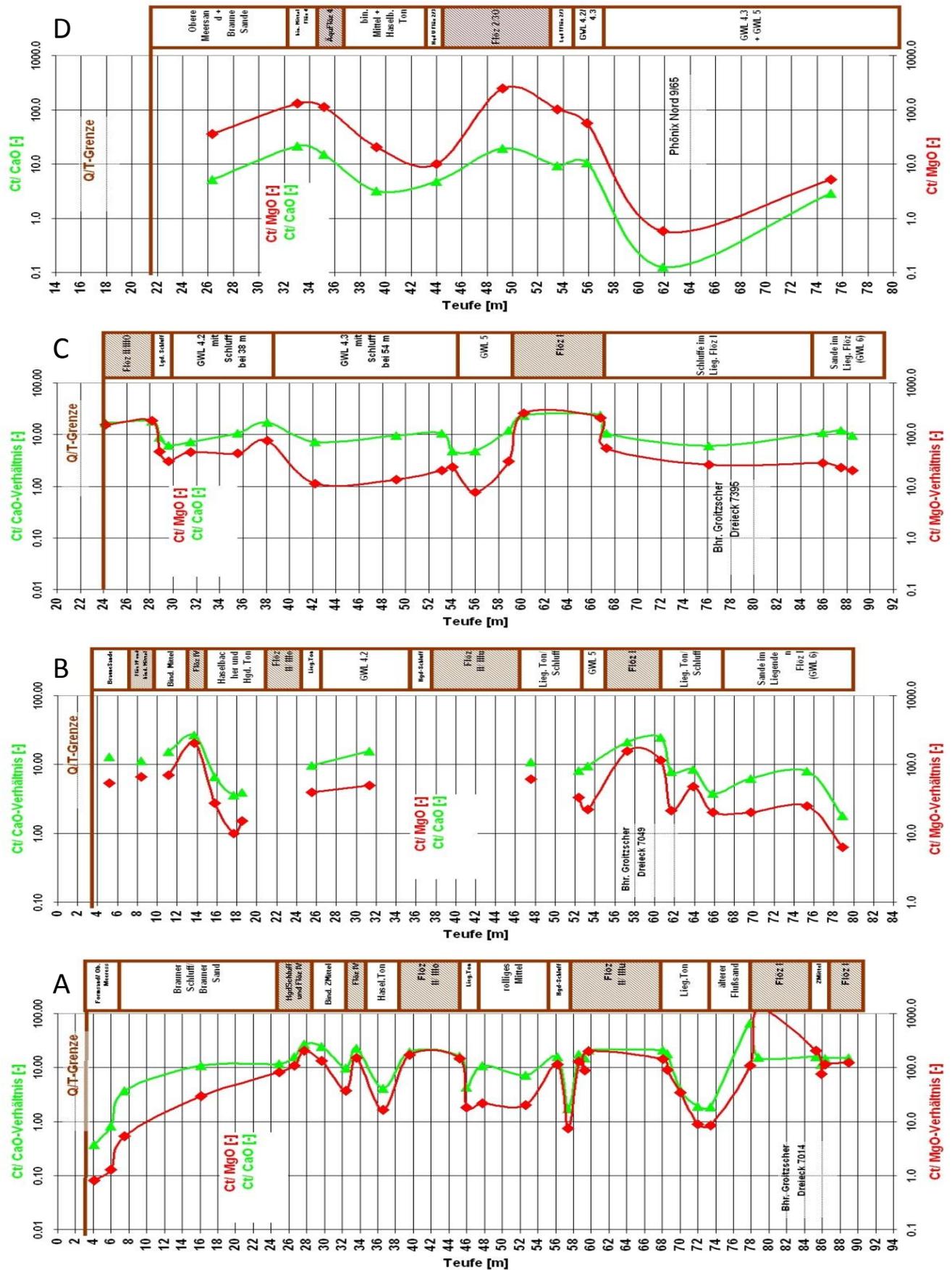


Abbildung 66: Parameterverlauf C_r/MgO und C_r/CaO in den Bohrungen Grotztscher Dreieck 7014 (Diagramm A), 7049 (Diagramm B), 7395 (Diagramm C) (N-S) und Phönix-Nord 9/65 (Diagramm D)

In Abbildung 64 sind die **C_t/CaO**, **C_t/MgO-Verhältnisse** dargestellt. Dabei ist zu beachten, dass hier auf Grund der besseren Darstellbarkeit keine logarithmische Skala gewählt wurde. Es können folgende Beobachtungen gemacht werden:

- Für die hangenden Schichten über dem Oberflözkomplex weisen beide Parameter eine klare Abnahme der Marinität in Annäherung an das Flöz γ aus. Dabei ist eine Probe mit vor allem erhöhten Ct/MgO-Werten in Brg. 3841 (innerhalb der Braunen Sande) als Äquivalent des Flözes γ interpretierbar. Die Braunen Sande selbst sind dann wieder klar marin.
- Für den Haselbacher Ton werden, im Vergleich zum Raum Zwenkau/Cospuden, auch für diese Parameter deutlich niedrigere Werte offenbar. Diese Einheit wird hier als marin beeinflusst ausgewiesen. Es stellt sich die Frage, ob dieser Ton stratigraphisch überhaupt mit dem Haselbacher Ton im Bereich Zwenkau/Cospuden vergleichbar ist.
- Für den GWL 3 zeigen sich gerade für die beiden nordwestlichen Bohrungen Unterschiede vor allem auch vertikal innerhalb der Einheit.
- Für Brg. 3797 wird ein gegenläufiger Trend im Bereich des GWL 3 und Haselbacher Ton für die beiden Parameterverhältnisse offenbar. Diese Werte sind schwer zu interpretieren.
- An der nordwestlichsten Brg. 3544 zeigt sich für den gesamten Profilbereich von GWL 3 bis GWL 4.2, dass gewisse zyklische Wechsel der faziellen Verhältnisse vorliegen. Hierbei bewegt sich das gesamte Wertenniveau im Bereich brackischer Beeinflussung.
- Für den GWL 4.2 werden nur an Brg. 3797 höhere Werte ausgewiesen, die auf terrestrische Verhältnisse hinweisen.

6.2.6 Geochemie der Schichtenfolge im Raum Groitzscher Dreieck/Phönix-Nord

An den Bohrungen dieses Raumes wurde der größte Umfang der gesamten Schichtenfolge untersucht. Nachfolgend werden die Ergebnisse an Hand der Bohrungen Groitzscher Dreieck 7014, 7049, 7395 und Phönix-Nord 9/65 diskutiert. Hierbei wird die Brg. Phönix-Nord 9/65 der Brg. Groitzscher Dreieck 7395 nebenan gestellt, weil beide nahe beieinander liegen. Die Bohrungen beschreiben insgesamt eher ein N-S-Profil im angesprochenen Gebiet. Generell charakterisiert dieser Bereich den südwestlichsten Teil des FuE-Untersuchungsgebietes.

Für die **C/S-Verhältnisse** (Abbildung 65) ergibt sich Folgendes:

- Generell ist im Parameterverlauf sehr gut der Wechsel zwischen den Flözen und den zwischen ihnen mit mehr oder weniger großer Mächtigkeit eingeschalteten Mittelsedimenten ersichtlich. Dabei sind die Flöze jeweils als „Low-Stand“ gegenüber den dazwischen lagernden Sedimenten mit transgressiver Tendenz zu bewerten.
- Für die Hangendschichten des Flözes 4 (Braune Sande), soweit noch erhalten, werden für diesen Raum auch marine Werte (1 bis 2) ausgewiesen. Diese sind jedoch schon etwas größer als für den Raum Zwenkau/Cospuden.
- Für die nördlichste Brg. GrDr 7014 werden für den Flöz 4-Komplex um 12 erreicht. Es zeigt sich an dieser Bohrung eine sukzessive Zunahme der C/S-Verhältniszahlen in der Abfolge der Flöze vom Ober- über den Haupt- zum Unterflözkomplex und damit abnehmende marin-brackische Beeinflussung.
- Sehr gut sind die Übergänge zu den jeweiligen Mittelschichten ersichtlich. Hierbei ist zu beachten, dass sowohl das bindige Mittel im Flöz 4-Komplex als auch der Haselbacher Ton niedrige, brackisch-marine Wer-

te aufweisen. Es ist also auch für diesen Raum festzuhalten, dass sich der Haselbacher Ton von dem im Raum Zwenkau/Cospuden angesprochenen Ton unterscheidet (vgl. Kap. 4.3.8).

- Das bindige Mittel im Flöz 4 zeigt auch Differenzen. Im unmittelbar Liegenden des oberen Flözes (Flöz 4o) sind noch terrestrische Werte zu erkennen, während im unmittelbar Hangenden des unteren Flözes (Flöz 4u) deutlich brackisch-marine Werte offenbar werden.
- Der Liegendton des Flöz 23o-Komplexes weist zumeist Werte um 5 auf. Weiter ins Liegende findet dann ein Übergang zu marineren Verhältnissen im GWL 4.2 statt.
- An Brg. 7049 ist sehr gut der Übergang vom GWL 5 im Liegenden zum eigentlichen Flöz 23u im Hangenden dieses Profilabschnittes ersichtlich. Dies stellt eine Veränderung von brackisch zu klar terrestrischen Verhältnissen dar.
- Für den Flöz 1-Komplex zeigen sich mit C/S-Werten um 20 über dessen gesamte Mächtigkeit ziemlich gleichbleibende, klar terrestrische Verhältnisse.
- Im Liegenden des Unterflözes gibt es dann wieder einen sukzessiven Übergang über die brackisch-terrestrischen Liegendschluffe hin zu den Sanden des GWL 6, die an Hand der C/S-Werte an dieser Stelle als marin anzusprechen sind. Ein lithologischer Nachweis mariner Sedimente in dieser stratigraphischen Position wie in den Tagebauen Profen und Schwerzau (Kap. 4.3.19) steht allerdings noch aus.

Die **Ct/CaO** und **Ct/MgO-Verhältnisse** sind in Abbildung 66 dargestellt.

- Für die nördliche Brg. 7014 wird im Hangenden des Flöz 4-Komplexes ein klarer Übergang von stark marinen Verhältnissen hin zu terrestrischen Werten in Annäherung an das Flöz 4 deutlich.
- Zieht man das Ct/CaO-Verhältnis heran, weist der Haselbacher Ton die geringsten Werte auf und wäre als brackisch-marin einzustufen. Demgegenüber besitzt der GWL 4.2 die höchsten Werte und ist demzufolge am terrestrischsten. Weiterhin ist der GWL 5 mit niedrigen Werten charakterisiert, die ihn als marin ausweisen.
- Das Ct/MgO-Verhältnis liefert grundsätzlich die gleichen Aussagen wie das Ct/CaO-Verhältnis, aber mit einigen Abweichungen. So erscheint der GWL 4.2 nun eher als brackisch-marin beeinflusst.
- Vor allem aber der GWL 4.3 und der GWL 5 sind an Hand des Ct/MgO-Verhältnisses weniger terrestrisch einzustufen.

6.2.7 Geochemie der Schichtenfolge im Raum Schleenhain/Haselbach

Zur Charakterisierung der Verhältnisse wurden in einem NW-SO-Profil die Bohrungen Schleenhain 3787, 3812 und 4033 ausgewählt. Dabei liegen die Brg. 3787 und die Brg. 3812 nahe beieinander. Deutlich weiter im Süden kommt dann die Brg. Haselbach 31/65 hinzu. Hierbei wurde für die Brg. Schleenhain 4033 die umfanglichste Schichtenfolge untersucht. Demgegenüber ist Brg. Has 31/65 eher durch das Nichtvorhandensein des Ober- und Hauptflözkomplexes charakterisiert.

Bezüglich der **C/S-Verhältnisse** (Abbildung 67) lassen sich folgende Aussagen zusammenfassen:

- Die Einheiten im Hangenden von Flöz 4 sind vor allem in der nordwestlichsten Brg. 3787 untersucht. Hier zeigen sich niedrige und demzufolge marine Werte. Über den Hangendschluff des Flözes 4 kommt es dann zu einem abrupten, terrestrischen Übergang hin zum Flöz 4 mit C/S-Werten um 18.
- Betrachtet man Brg. 4033, dann wird dort kein Flöz, sondern ein Äquivalent ausgewiesen. Während der Flöz 4-Hangendschluff für diese Bohrung ein gleiches Niveau von C/S = ca. 12 zeigt, ist dieses Äquivalent nur mit Werten um 3 gekennzeichnet.

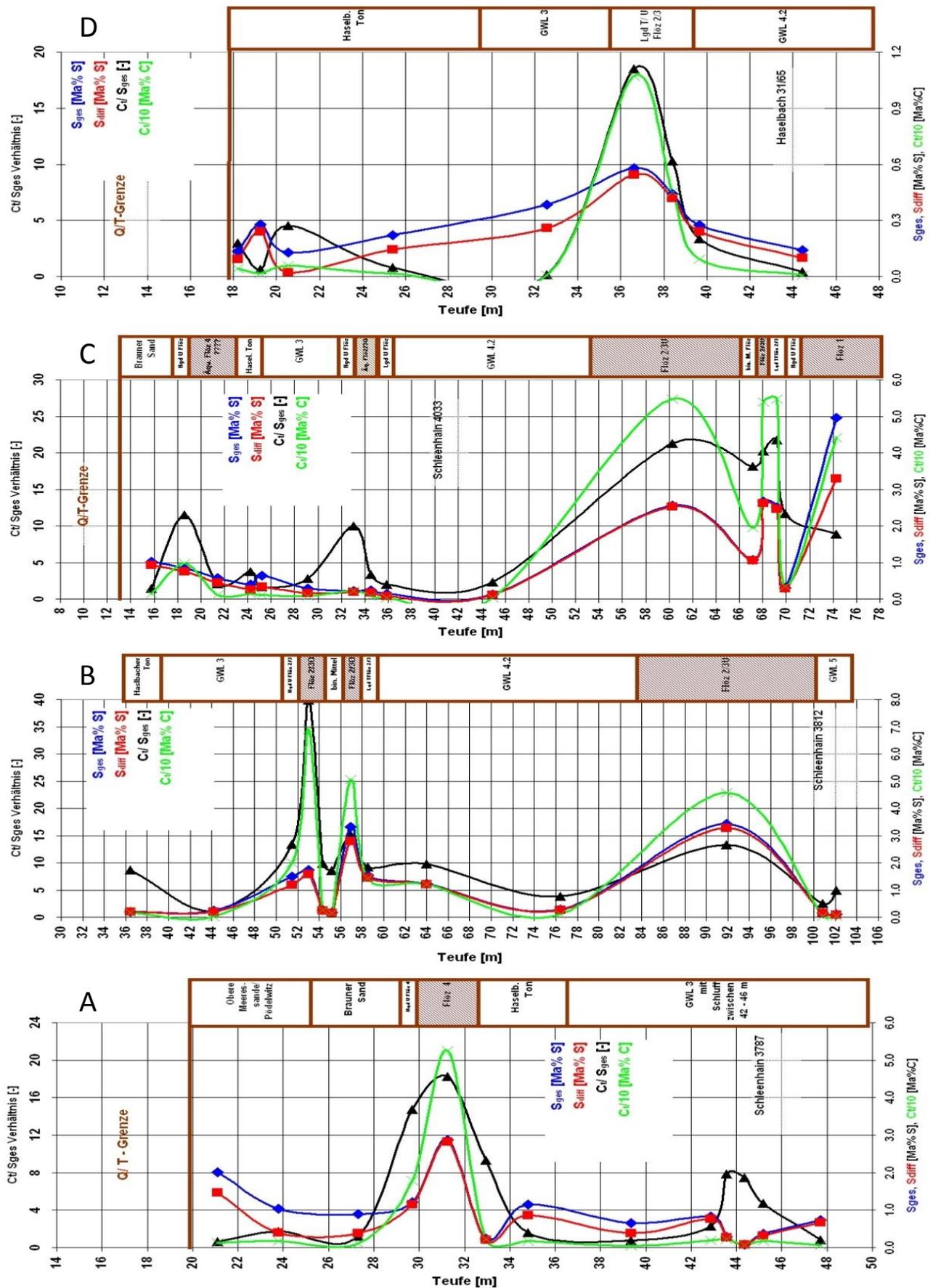


Abbildung 67: Parameterverlauf C/S, S_{ges} , S_{diff} und C/10 in den Bohrungen Schleenhain 3787 (Diagramm A), 3812 (Diagramm B), 4033 (Diagramm C) (NW-SO) und Haselbach 31/65 (Diagramm D)

- Diese Werte sind in Kombination zu den Verhältnissen der darunterliegenden Haselbacher Tone zu diskutieren. Diese Einheit zeigt in allen Bohrungen eine gewisse Differenzierung in ihren Werten: Die meisten Proben weisen Werte um 3 bis 5 auf, während im unmittelbar Liegenden des Flözes in Brg. 3787 ein Wert von 9 bestimmt wurde.
- Für den GWL 3 werden zumeist niedrige, deutlich marine Werte bestimmt. Eine Besonderheit stellt dabei der Schluff in Brg. 3787 dar, der einen brackischen Übergang charakterisiert.
- Für den Bereich des Flöz 23o-Liegendschluffes/-tones und GWL 4.2 zeigt sich ein Übergang von Werten um 10-18, schrittweise auf ein Niveau um 4 bis max. < 2.
- Die Abfolge zwischen dem Haupt- und Unterflözkomplex ist in Brg. 4033 ersichtlich. Die gesamten Schichten sind durch terrestrische Werte gekennzeichnet, wobei jedoch die Probe aus dem Flöz 1 mit ca. 9 einen relativ niedrigen Wert aufweist. Die beiden Proben aus dem GWL 5 (Brg. 3812) weisen wiederum eher brackische Werte von 3-5 auf.

Bezüglich der **C_f/CaO, C_f/MgO-Verhältnisse** (Abbildung 68) ergeben sich folgende Aussagen:

- Die Einheiten im Hangenden des Flöz IV zeigen deutlich höhere Werte (= weniger marin) als die in den Bereichen Espenhain und Zwenkau/Cospuden, aber auch im Vergleich zum Raum Groitzscher Dreieck.
- Insgesamt heben sich die Flöze, wenn angetroffen, nicht so sehr mit deutlich größeren Werten von den dazwischen liegenden Mittelsedimenten ab.
- Dies wird vor allem deutlich an Brg. 3812 für den Bereich Flöz 23o bis 23u und an Brg. 4033 für den Bereich GWL 3 bis Flöz 1.
- Betrachtet man Brg. 4033 genauer, dann treten an Hand der Werte der Hangendschluff Flöz IV und der liegende Teil des Haselbacher Tons als eher terrestrische Bildungen hervor. Der GWL 3 zeigt dann die niedrigsten Werte (am meisten marin beeinflusst). Danach kommt es zur sukzessiven Zunahme der Werte, was einer Entwicklung hin zu terrestrischen Verhältnissen entspricht.

6.2.8 Geochemie der Schichtenfolge im Raum Witznitz

Für den Raum Witznitz wurden nur zwei geochemisch bearbeitete Bohrungen ausgewählt, weil die anderen Bohrungen zumeist nur geringe Profilbereiche abdecken, sodass mit diesen keine umfassendere Aussage mit Blick auf die gesamte Schichtenfolge möglich ist. In Abbildung 69 sind demzufolge die Brg. Witznitz 138/65 und 176/65 jeweils mit den C/S-Werten und Schwefelgehalten sowie den C_f/CaO- und C_f/MgO-Verhältnissen abgebildet.

Bezüglich der **C/S-Verhältniswerte** lässt sich Folgendes aussagen:

- Brg. 138 umfasst einen größeren untersuchten Profilbereich. Auch hier werden die hangenden Schichten über Flöz 4, mit Werten < 2 klar marin angesprochen. Dann zeigt sich ein rasanter Sprung hin zu Flöz 4 mit > 15.
- Das bindige Mittel im Flöz 4-Komplex V ist dann als brackisch beeinflusst anzusprechen. Gleiches gilt für das bindige Mittel im Flöz 23-Komplex.
- Demgegenüber weist GWL 5 Werte aus, die mit ca. 3 deutlich marineren Einfluss nahelegen.
- Die etwas detailliertere Untersuchung (dafür nur in einem begrenzten geologischen Profilabschnitt) von Brg. 176 weist ein Oszillieren der Werte zwischen 5 und 12 im Bereich des Flöz 4-Komplexes und besonders im Haselbacher Ton aus. Somit besitzen der Ober- und Hauptflözkomplex hier eher niedrige Werte. Dies ist verknüpft mit sehr hohen Schwefelgehalten in den beiden Flözen (bis 7 Ma % Schwefel).

■ Flöz 23 und dessen Liegendensedimente zeigen eine Zunahme der Werte. Der Liegendenton wird dann mit > 25 als klar terrestrisch ausgewiesen.

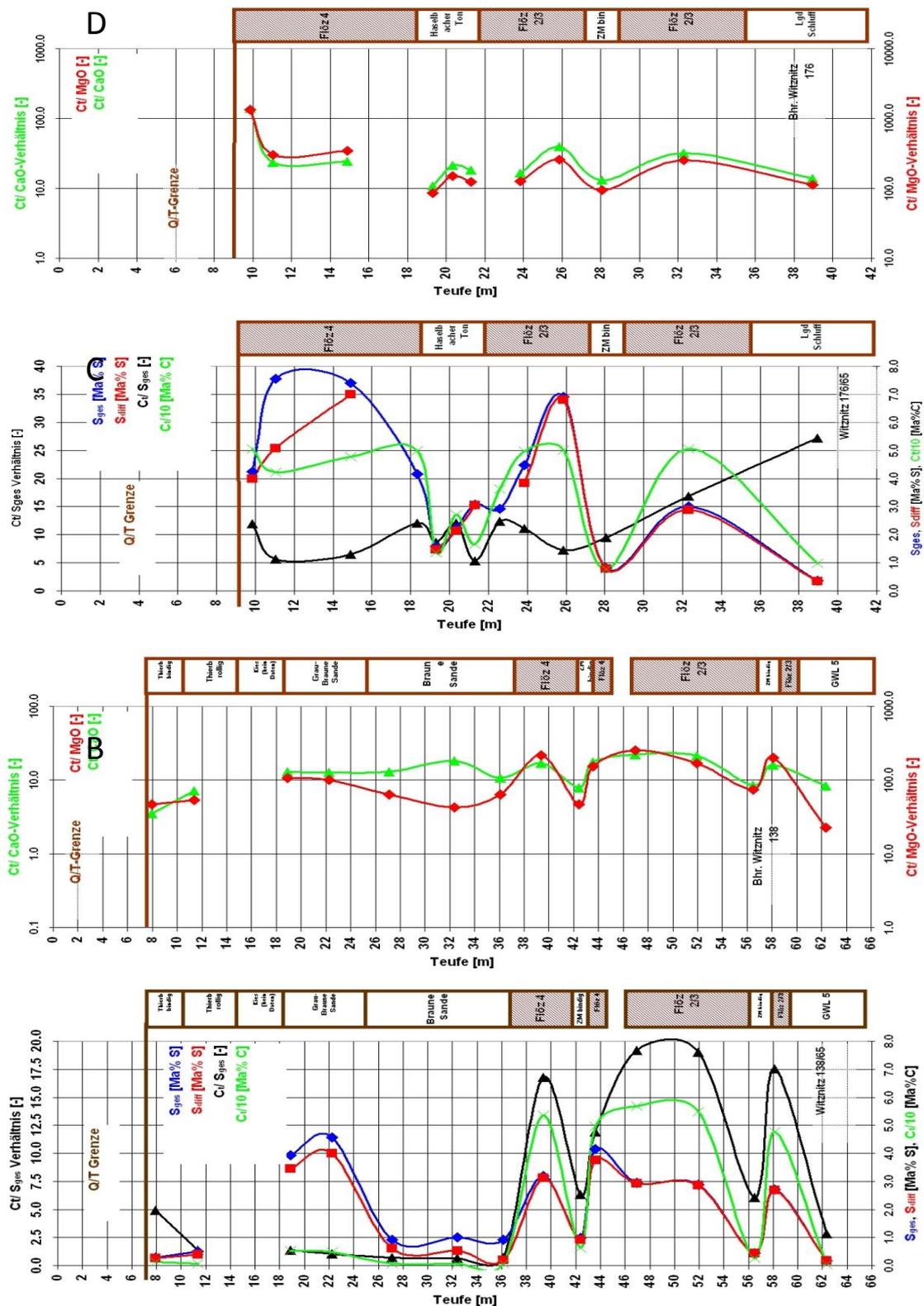


Abbildung 69: Bohrungen Witznitz 138/65 (Diagramme A und B) und 176/65 (Diagramme C und D) (NW-SO) mit Parameterverläufe C/S, S_{ges} , S_{diff} , C/10 (links) und C/MgO, C/CaO (rechts)

Für die **C_v/CaO-**, **C_v/MgO-Verhältnisse** ergeben sich folgende Erkenntnisse (Abbildung 69):

- Auch hier weisen die hangenden Schichten oberhalb Flöz 4 nicht ein vollständig anderes Niveau als die anderen Profilabschnitte auf. Dies ist damit deutlich anders als in den nördlicheren Untersuchungsbereichen Espenhain und Zwenkau/Cospuden.
- Betrachtet man Brg. 138, so treten weiter im unteren Schichtprofil nur die bindigen Zwischenmittel als Einheiten mit niedrigeren Werten, die also brackisch-marin beeinflusst sind, hervor.
- Flöz 23 weist dann noch etwas höhere Werte auf als Flöz 4.
- Der GWL 5 ist dem gegenüber dann wieder durch niedrigere Werte gekennzeichnet, die ihn als mariner beeinflusst ausweisen.

6.2.9 Zusammenfassende Aussagen zur Geochemie der Mittelsedimente

Anhand der geochemischen Untersuchungen konnte erstmals klar belegt werden, dass die C/S-Verhältnisse der einzelnen geologischen Schichten zur Fazieseinschätzung und deshalb zur Bewertung des Paläo-Environments in ästuarin geprägten tertiären Sedimentationsräumen geeignet sind. Das C/S-Verhältnis zeichnet im geologischen Schichtprofil (Braunkohlenflöze und genetisch verknüpfte Mittel- und Begleitschichten) eindrucksvoll die trans- und regressive Entwicklung im Eozän bis Unteroligozän der Leipziger Bucht nach.

Weiterhin wurde festgestellt, dass das C/CaO- und das C/MgO-Verhältnis faziell eindeutige Einstufungen liefern im Vergleich zu dem bisher angewendeten CaO/MgO-Verhältnis oder den absoluten CaO- und MgO-Gehalten.

Es zeigt sich, dass die Schwefelgehalte in den geologischen Schichten und damit in den Abraumeinheiten nicht zufällig verteilt sind, sondern von der faziellen und paläogeographischen Stellung der jeweiligen Schichten determiniert werden. Es ist nachweisbar, dass die Pyritbildung und damit die Pyrit-Gehalte mit der faziellen Stellung der jeweiligen Einheiten verknüpft sind. Dabei muss idealisiert davon ausgegangen werden, dass es bis zum Tagebaugeschehen (Beginn mit der Vorfeldentwässerung) zu keiner nennenswerten postgenetischen Überprägung der Schichten gekommen ist.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass die eigentliche Sauerwassergenerierung (Acid Mine Drainage) als wesentliches Beschaffenheitsproblem der allermeisten Bergbauaktivitäten immer mit den Schwefelgehalten der abbaurelevanten geologischen Substrate verknüpft ist. Ein genetisches Verständnis der Schwefelverteilung in den abraumrelevanten geologischen Schichten/Fazieseinheiten ist der wesentliche Schritt zur Minderung der Sauerwasserprobleme bei einem bergbaulichen Eingriff, weil durch genaue Kenntnis der Sauerwassergenerierungspotenziale in den Abraumschichten gezielt gewinnungs- und tagebautechnologische Anpassungs- und Gegenmaßnahmen möglich sind, um die Grundwasserbeschaffenheit nachhaltig günstiger zu gestalten. Diese Erkenntnis - und das ist eines der wesentlichen Ergebnisse des Forschungsprojektes - sollte dabei auch methodisch auf andere Braunkohletagebaue in deutschen und ausländischen Braunkohlenrevieren übertragbar sein.

7 Raum-Zeit-Modellierung der analysierten Schichtenfolge

Die Ergebnisse der im FuE-Vorhaben bearbeiteten geologischen Horizontkarten (Kap. 4), der mikropetrographischen Untersuchungen zur Moorfazies (Kap. 5), zur geochemischen Ausbildung der Braunkohlenflöze (Kap. 6.1) und der Mittelschichten (Kap. 6.2) sollen in den nachfolgend erläuterten Interpretationskarten synoptisch zusammengeführt werden.

Dabei steht eine paläogeographische Interpretation der Daten im Kontext der überregionalen Tertiär-geografie in Anlehnung an die dazu gegebenen Ausführungen in STANDKE et al. (2010), in die bereits Erkenntnisse aus vorliegender Studie eingeflossen sind, im Vordergrund. Damit sollen im Sinne der Zielstellung des FuE-Themas Modellierung Fazies/Geochemie die einzelnen Schichten genetisch-faziell charakterisiert werden, um den kausalen Ursachen für die Generierung von Säurepotenzialen aus Braunkohlenbergbaukippen („Sauerwasser“-Problematik) näherzukommen.

Auf eine sequenzstratigraphische Diskussion der Ergebnisse wird zugunsten einer Darstellung der nachgewiesenen Schichten in ihren (heutigen) Verbreitungen und den aus den FuE-Analysen ableitbaren ortskonkreten Faziesaussagen verzichtet.

Die sequenzstratigraphische Interpretation der tertiären Schichtenfolge im Leipziger Raum (KRUTZSCH 2008, 2011a) ist nicht nur wegen der vorhandenen Schichtlücken (KRUTZSCH 2011a, b; STANDKE & RASCHER 2011) problematisch, sondern wird besonders durch den oft schnellen lateralen und horizontalen Fazieswechsel in den Ablagerungen erschwert: „Die eigentlichen Sequenzzyklen i. S. von HAQ et al. (1987) sind Zyklen 3. Ordnung mit einer Zeitdauer von 3 bis 0,5 Ma ... Voraussetzung für sequenzstratigraphische Interpretationen sind exakte lithofazielle Profilaufnahmen und ihre stratigraphische Einstufung. Im Leipziger Raum können in einem scheinbar homogenen Sedimentkörper zahlreiche faziell unterschiedliche Zyklen 4. bis 6. Ordnung auftreten, die häufige Meeresspiegelschwankungen in der fossilen Küstenebene anzeigen. Sie sind im Sinne der Sequenzstratigraphie gar nicht darstellbar. Deshalb ist die Zuordnung der tatsächlich vorhandenen Sedimentzyklen innerhalb einer Sedimenteinheit in größere Trans- und Regressionsabläufe durchaus problematisch (STANDKE & RASCHER 2011: 455)“.

Die generelle paläogeographische Entwicklung (vgl. STANDKE et al. 2010, Abb. 5.1-5.10) ist davon geprägt, dass sich seit dem Miozän (Horizontkarte 1) die Faziesräume der Paläonordsee sukzessive aus dem Raum Helmstedt nach Südosten verlagerten, um im oberen Obereozän (Horizontkarte 8) etwa die Höhe von Altenburg zu erreichen (vgl. Abbildung 6).

Während dieser Zeit existierte offensichtlich ein relativ breiter Saum, in dem paralische Verhältnisse vorherrschten, die im FuE-Untersuchungsgebiet speziell durch eine ästuarine, NW-SO-gerichtete Zone (RASCHER et al. 2006) geprägt werden. Dieser ästuarine Bereich (Mitteldeutsches Ästuar bei FRIEDEL & BALASKE 2005; KRUTZSCH 2011a) ist die „Einfallspforte“ der Paläonordsee nach Nordwestsachsen, weswegen sich dort fluviale, telmatische und intertidale Sedimente räumlich und zeitlich abwechseln. Seine Lage ist über lange Zeit relativ konstant. So sind die Aufspaltungsbereiche im Haupt- und im Oberflächenkomplex relativ deckungsgleich.

Innerhalb der ästuarinen Zone verlagern sich die i. d. R. SO-NW-verlaufenden fluviatilen Zonen allmählich nach Nordosten; beginnend mit den Zeitz-Schichten (GWL 5) und fortgesetzt in der „Hauptflöz-Bildungszeit“ bis in den Zeitabschnitt des Grundwasserleiters 3 (Domsen-Schichten) hinein. Mit der Transgression der Paläonordsee im Unteroligozän wird dieser ästuarine Bereich allmählich flächendeckend, zuerst von paralischen (Horizontkarte 9) und später von flachmarinen Ablagerungen (Horizontkarte 10), überdeckt. Es erfolgt eine deutliche Verlagerung der Sedimentationsräume nach Nordosten, wobei infolge der quartären Erosionen eine Rekonstruktion der Primärverbreitungen der oligozänen Schichten im westlichen Untersuchungsgebiet kaum noch möglich ist.



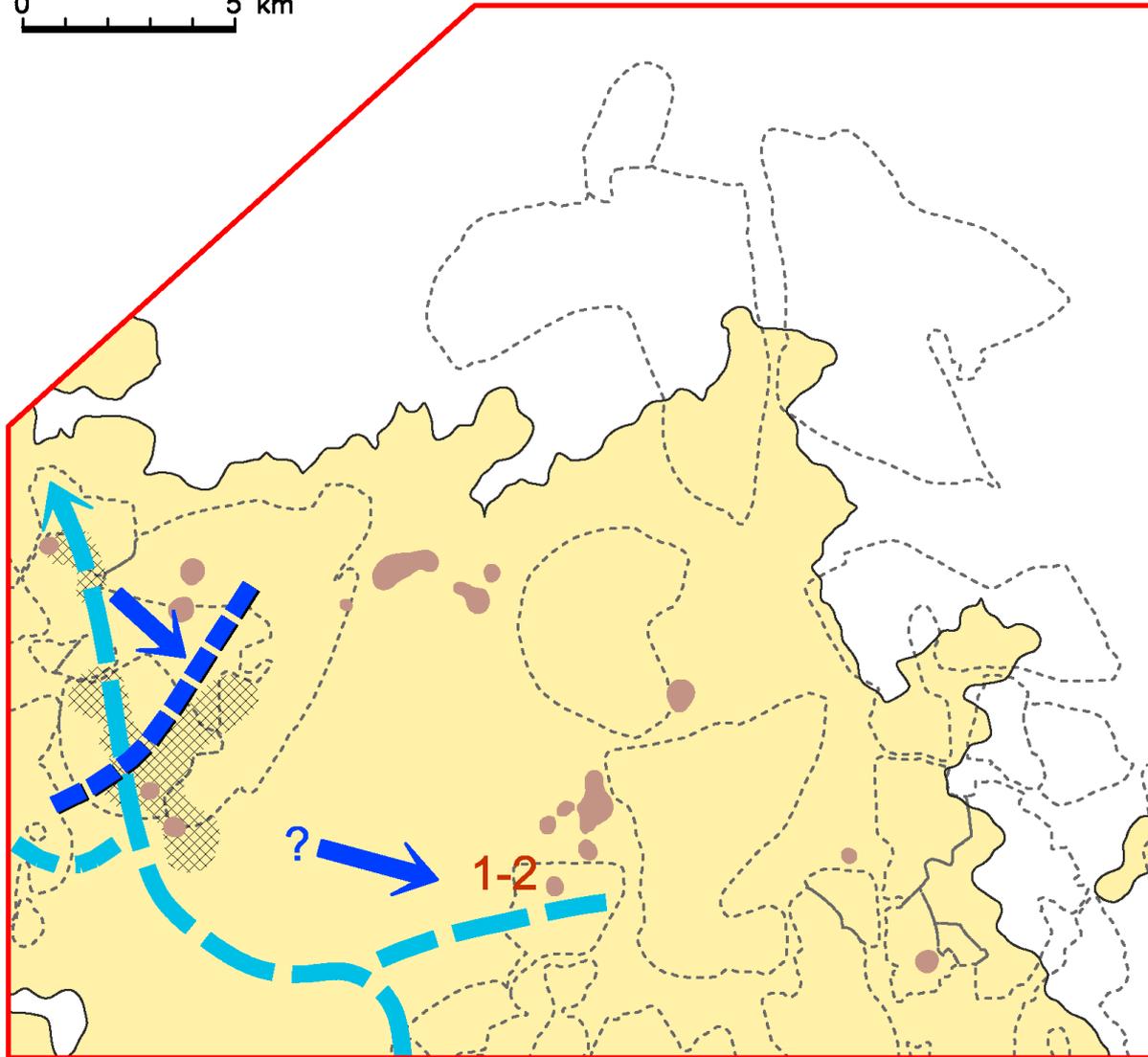
Abbildung 70: Ablagerungsräume im Untersuchungsgebiet (Collage: J. Rascher)

Die für das Untersuchungsgebiet anzunehmenden Ablagerungsräume bzw. Fazies sind schematisch in Abbildung 70 dargestellt: Sie reichen von der marinen Fazies (Flachmeer und Vorstrand) über den interditalen (Watt), lagunären und telmatischen (Paläomoor) Bereich bis in das terrestrisch-fluviatile Milieu. Die dargestellte paläogeographische Situation war im FuE-Untersuchungsgebiet vom oberen Mittel- bis oberen Obereozän, also über etwa 5 bis 8 Ma, vorherrschend, bevor mit der unteroligozänen Rupeltransgression der gesamte Bereich allmählich von der Paläonordsee überflutet wurde.

In den voranstehenden Interpretationskarten (Abbildungen 71 bis 81), deren zeitliche Reichweiten an den Zeitschnitten der Horizontkarten (Anlagen 2.1 bis 2.11) angelehnt sind, werden folgende Elemente dargestellt:

- Verbreitung der jeweiligen Schicht (Horizont)
- Fazieskennzeichnung der Schicht (Horizont) nach marinem, paralischem, telmatischem und terrestrischem Milieu bzw. entsprechende Beeinflussungen
- fluviatile Abflussbahnen (die im ästuarinen Bereich auch die Zonen waren, in denen in transgressiven Zeiten die Paläonordsee nach Südwesten vordrang)
- geochemische Kennwerte (C/S-Verhältnis, vgl. Kap. 6.2.2; CaO/MgO-Verhältnis, vgl. Kap. 6.1)
- die vorherrschenden Moorfazies in den Paläomooren (vgl. Kap. 5.2.7)

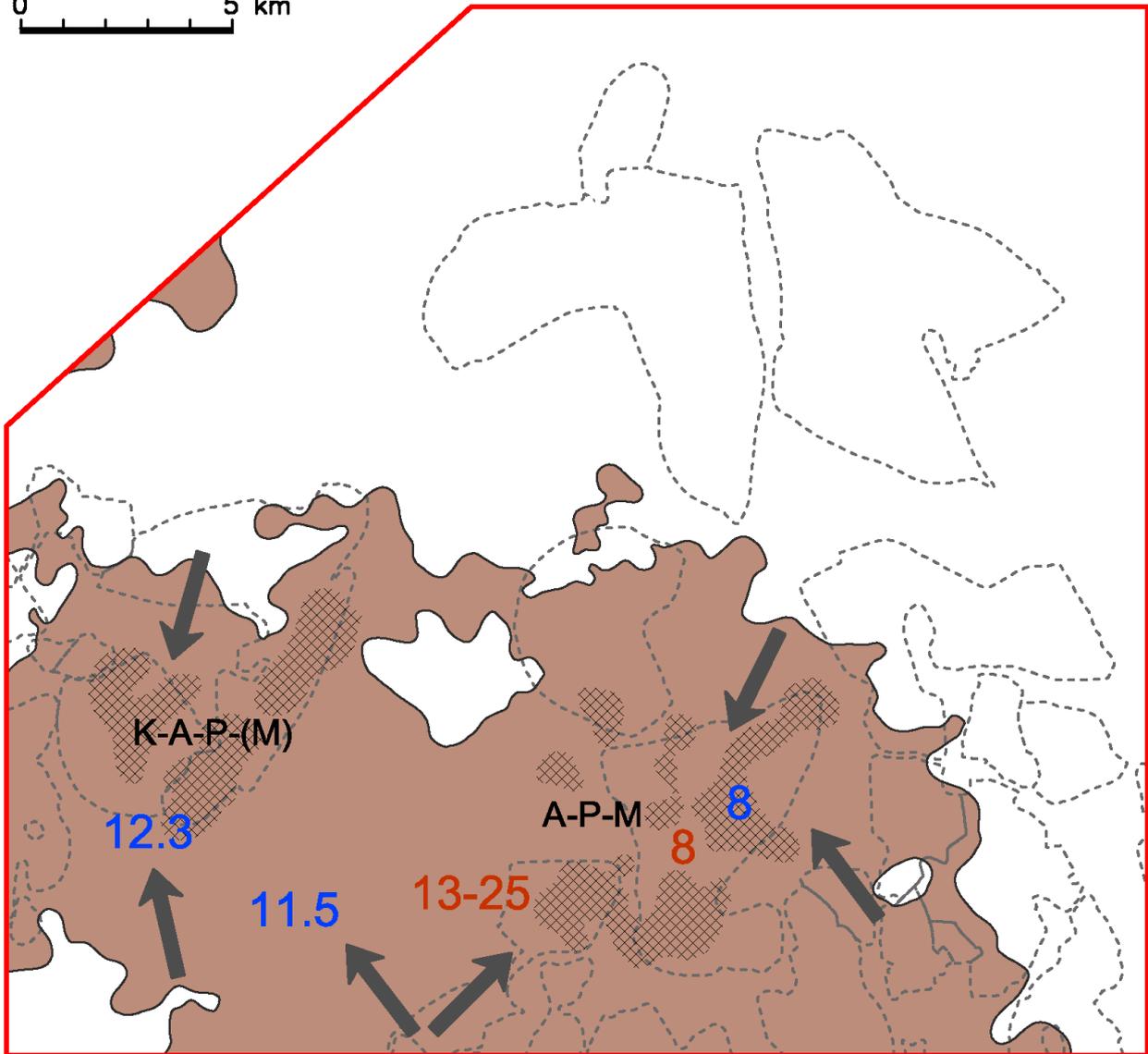
0 5 km



-  Braunkohlentagebau
-  Horizontverbreitung
-  terrestrischer Ablagerungsraum
-  Paläomoor (Flöz x)
-  subrosiv beeinflusste Mächtigkeit GWL 6
-  max. nachgewiesene Verbreitung mariner Sedimente im oberen Teil GWL 6
-  mariner Einfluss
-  fluviale Hauptabflussbahnen
-  1-2 C/S-Verhältnis

Abbildung 71: Paläogeographische Situation: Mitteleozän (Bartonium, SPP 16), Merseburg-Schichten (tertiäre Liegendsedimente des Unterflözkomplexes)

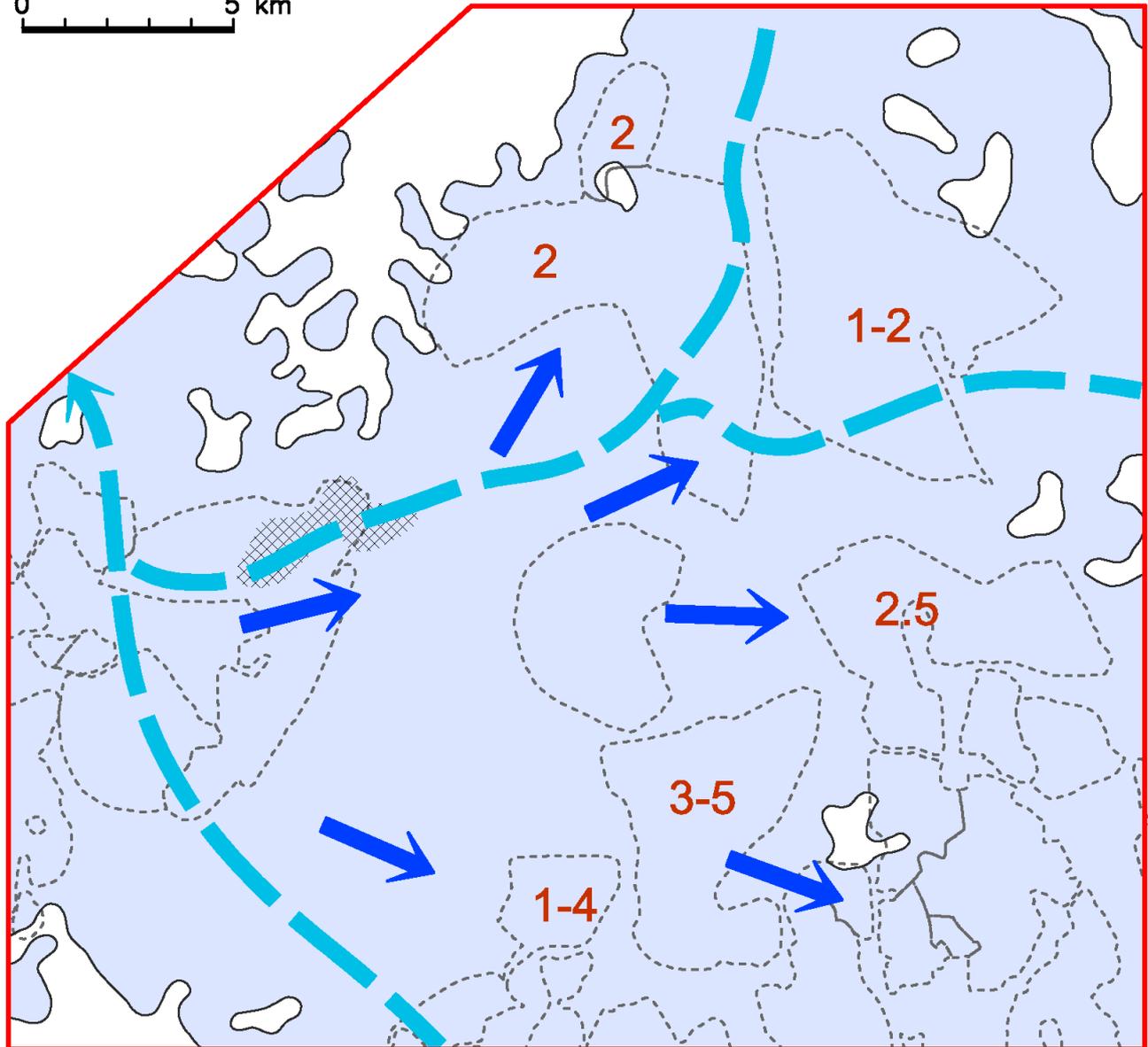
0 5 km



-  Braunkohlentagebau
-  Horizontverbreitung
-  Paläomoor (Flöz 1-Komplex)
-  subrosiv beeinflusste Mächtigkeit Unterflözkomplex
-  vermuteter Sedimenteintrag in das Paläomoor
- K-A-P-M vorherrschende Moorfazies
- 1-2 C/S-Verhältnis
- 11.5 CaO/MgO-Verhältnis

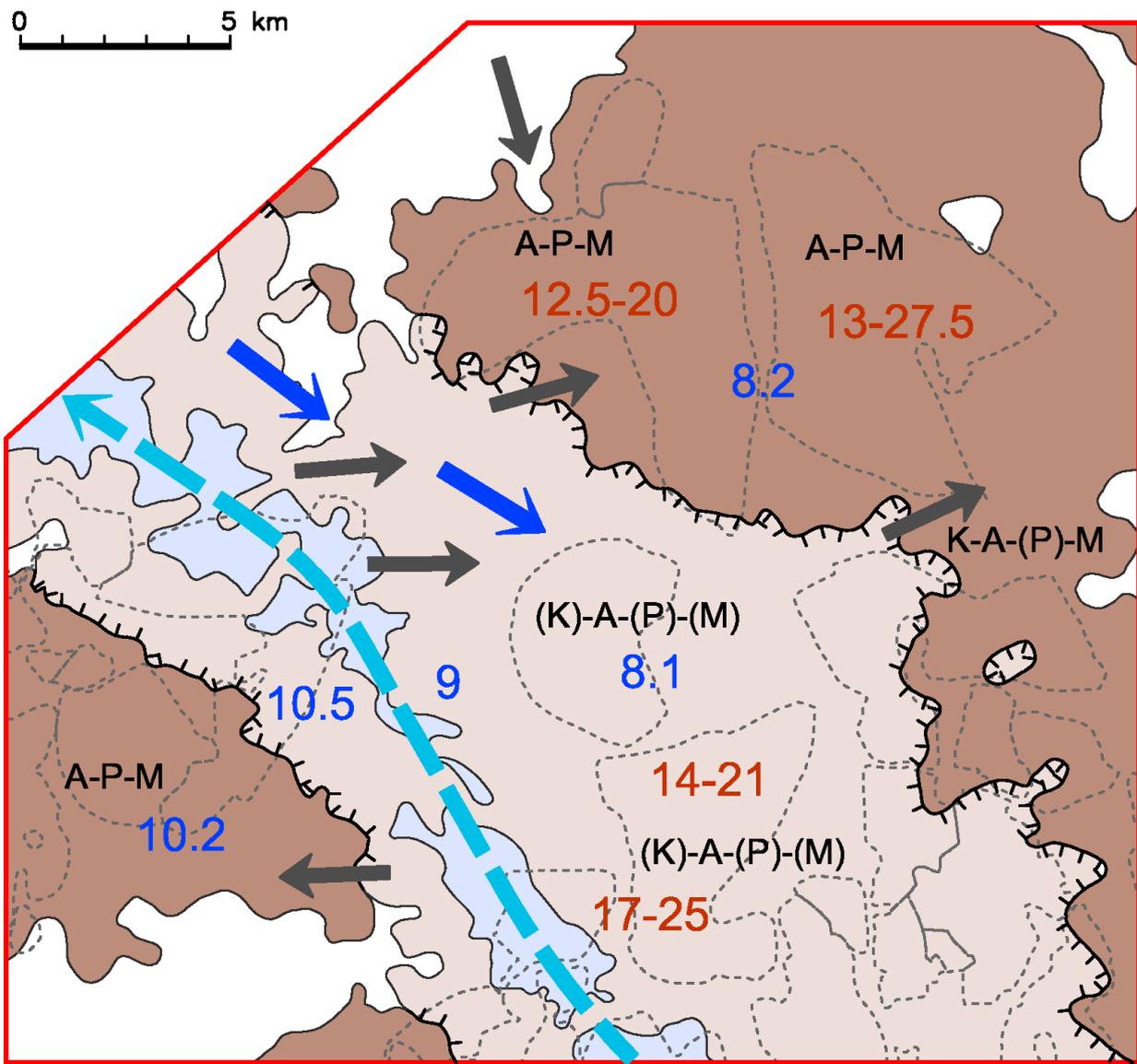
Abbildung 72: Paläogeographische Situation: Mitteleozän (Bartonium, SPP 17), Wallendorf-Schichten (Unterflözkomplex)

0 5 km



-  Braunkohlentagebau
-  Horizontverbreitung
-  paralischer Ablagerungsraum (Wechsel marin/ästuarin/terrestrisch)
-  subrosiv beeinflusste Mächtigkeit GWL5
-  mariner Einfluss
-  fluviale Hauptabflussbahnen
- 1-2** C/S-Verhältnis

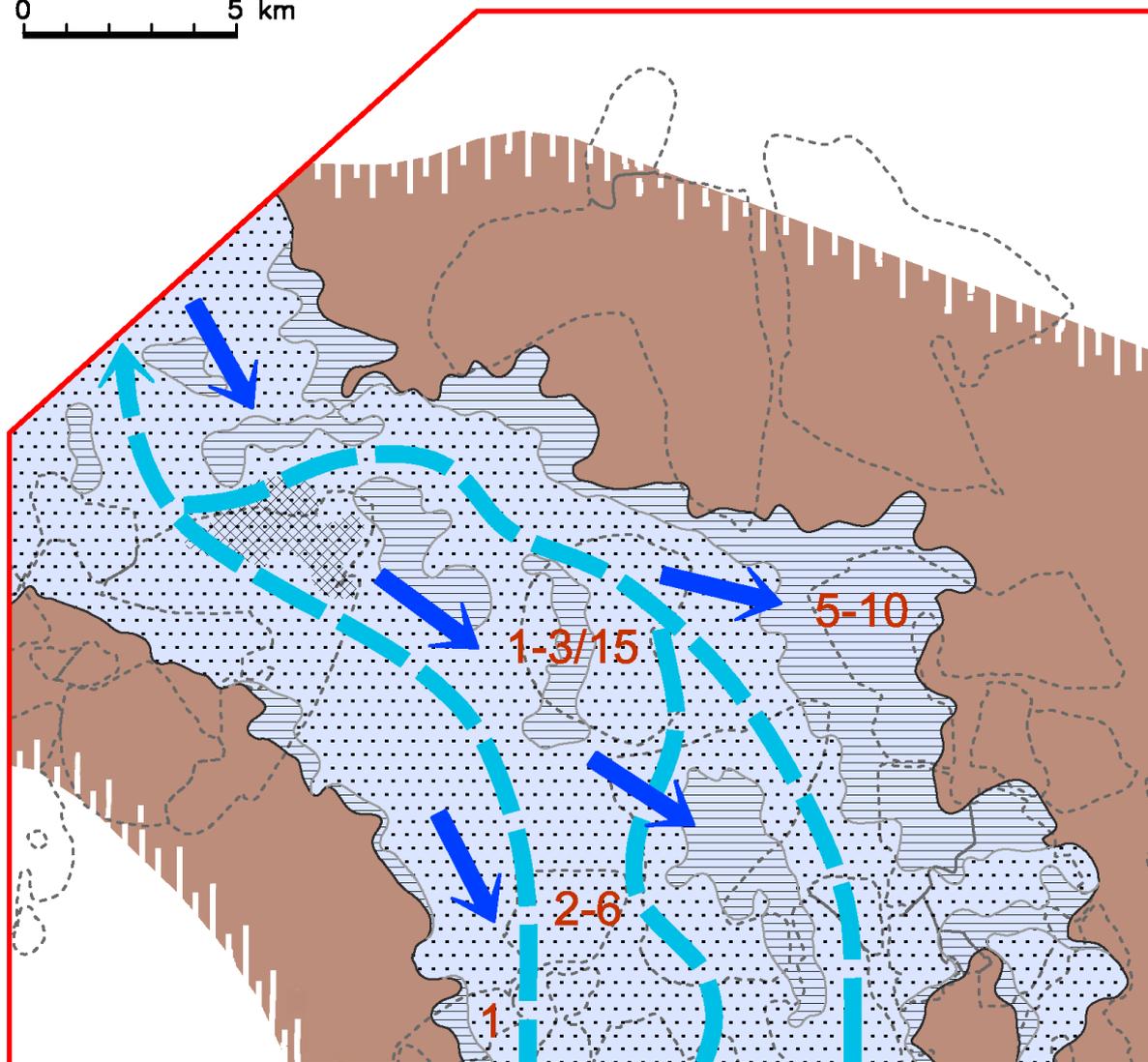
Abbildung 73: Paläogeographische Situation: Mitteleozän (Bartonium, SPP 17/18), Zeitz-Schichten (Sedimente zwischen Unterflöz- und Hauptflözkomplex)



-  Braunkohlentagebau
 -  Horizontverbreitung
 -  Aufspaltungslinie Hauptflözkomplex in Flöze 23u und 23o
 -  zwischenmittelfreier Hauptflözkomplex
 -  abgespaltene Flöze 23u11 bis 23u22
 -  paralischer Ablagerungsraum (Wechsel marin/ästuarin/terrestrisch)
 -  mariner Einfluss
 -  vermuteter Sedimenteintrag in das Paläomoor
 -  fluviale Hauptabflussbahnen
- | | |
|---------|---------------------------|
| K-A-P-M | vorherrschende Moorfazies |
| 1-2 | C/S-Verhältnis |
| 11.5 | CaO/MgO-Verhältnis |

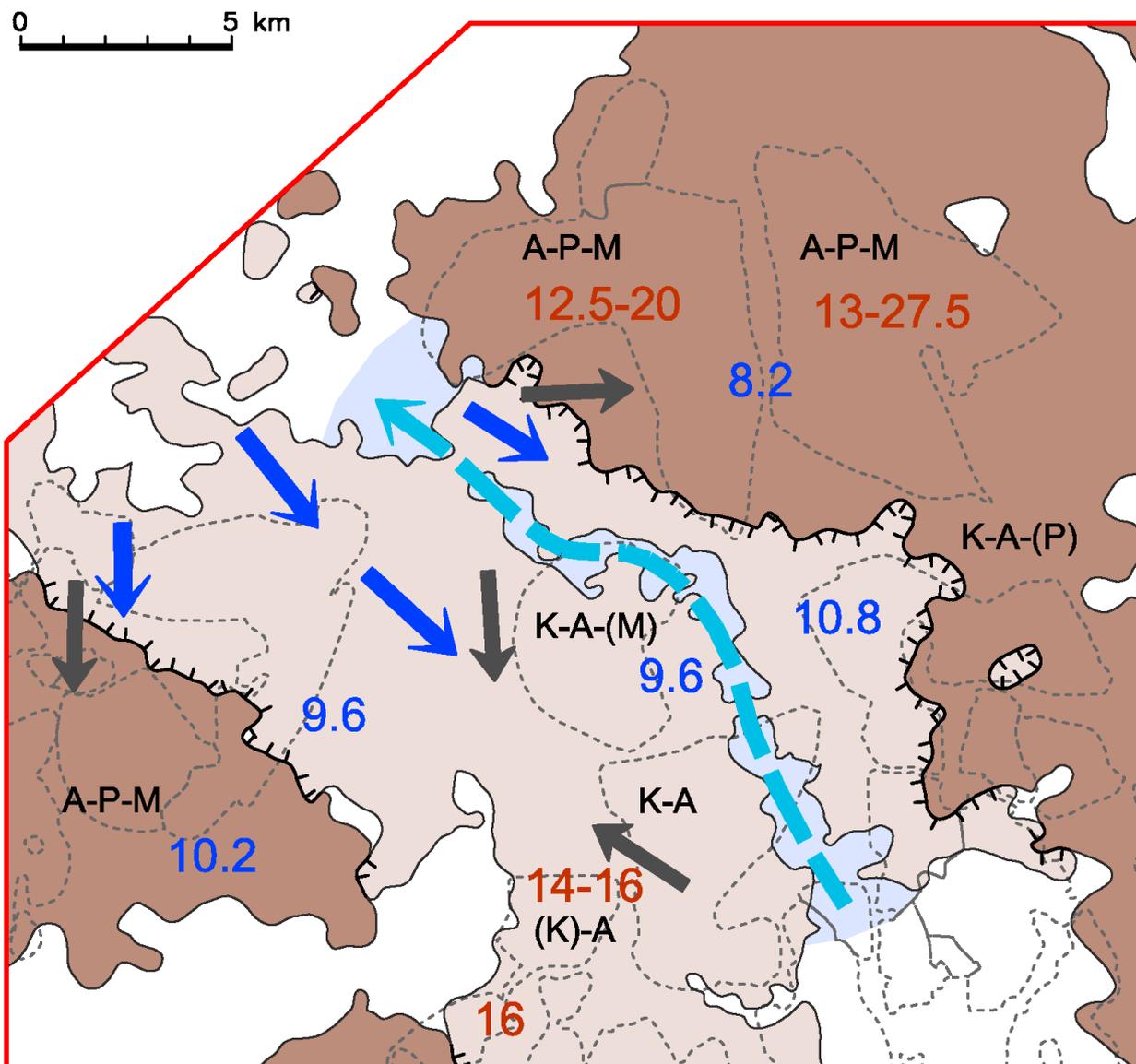
Abbildung 74: Paläogeographische Situation: Obereozän (Priabonium, SPP 18), Bruckdorf-Schichten (Flözkomplex 23u)

0 5 km



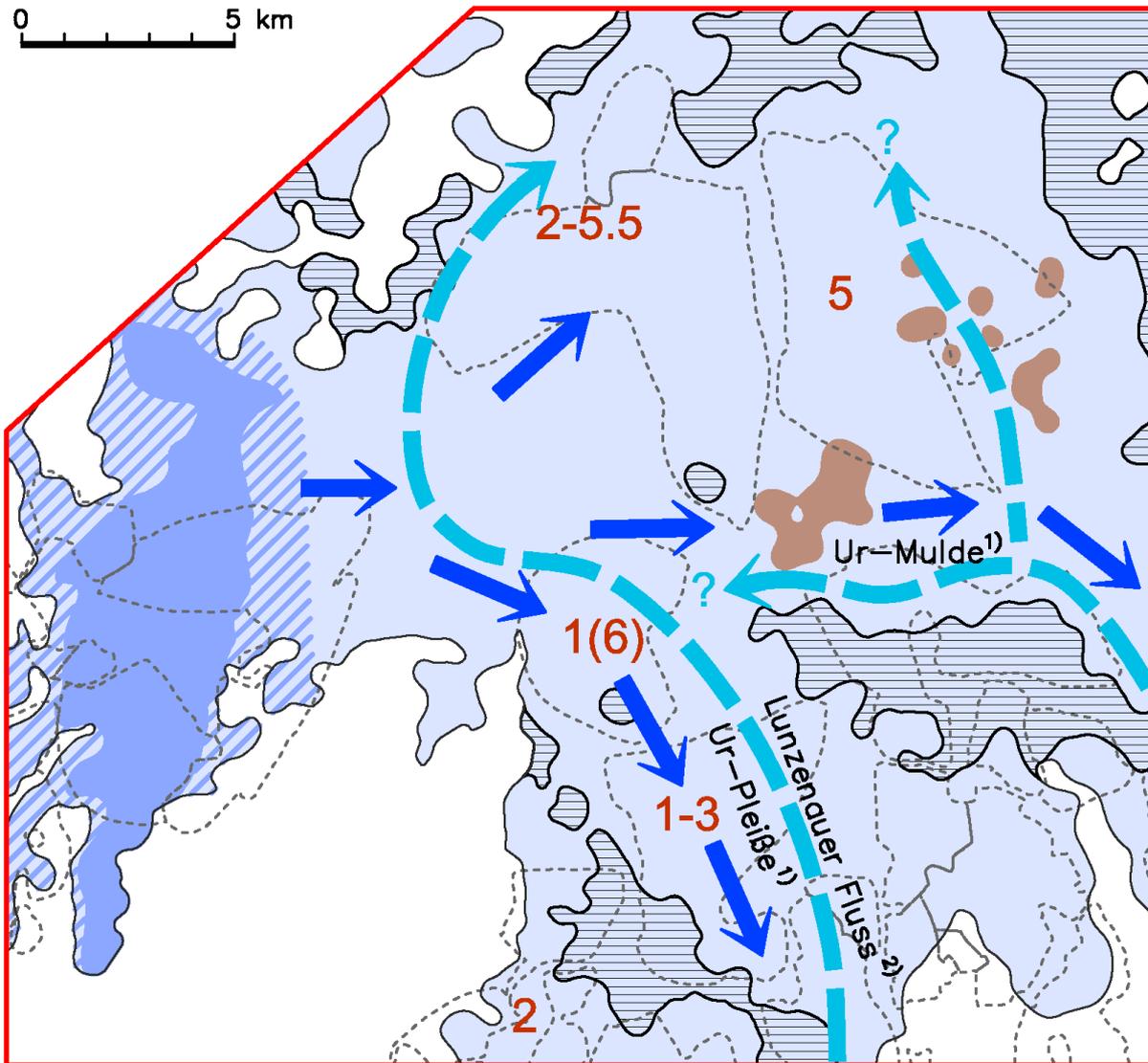
-  Braunkohlentagebau
-  Horizontverbreitung
-  Hauptflöz-Paläomoor (zwischenmittelfrei)
-  paralischer Ablagerungsraum (Wechsel marin/ästuarin/terrestrisch)
-  subrosiv beeinflusste Mächtigkeit GWL 4.2
-  mariner Einfluss
-  fluviale Hauptabflussbahnen
-  Ton/Schluff
-  Sand
- 1-2** C/S-Verhältnis

Abbildung 75: Paläogeographische Situation: Obereozän (Priabonum, SPP 18) Bruckdorf-Schichten (Sedimente im Hauptflözkomplex)



- Braunkohlentagebau
 - Horizontverbreitung
 - Aufspaltungslinie Hauptflözkomplex in Flöze 23u und 23o
 - Zwischenmittelfreier Hauptflözkomplex
 - abgespaltene Flöze 23o1 bis 23o2
 - paralischer Ablagerungsraum (Wechsel marin/ästuarin/terrestrisch)
 - mariner Einfluss
 - vermuteter Sedimenteintrag in das Paläomoor
 - fluviale Hauptabflussbahnen
- | | |
|---------|---------------------------|
| K-A-P-M | vorherrschende Moorfazies |
| 1-2 | C/S-Verhältnis |
| 11.5 | CaO/MgO-Verhältnis |

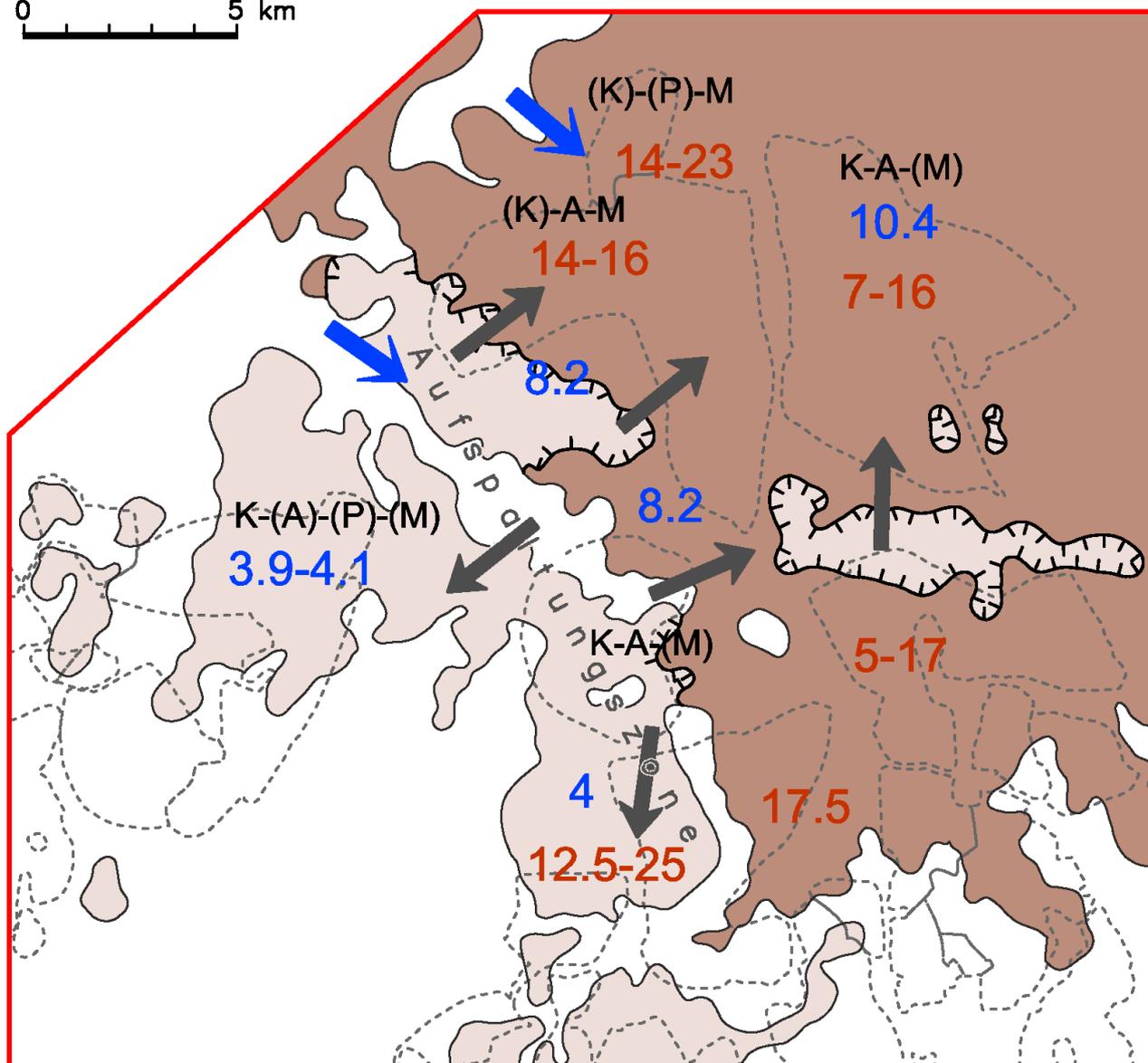
Abbildung 76: Paläogeographische Situation: Obereozän (Priabonium, SPP 18), Bruckdorf-Schichten (Flözkomplex 23o)



-  Braunkohlentagebau
 -  Horizontverbreitung
 -  marine Domsener Sande (> 10 m mächtig)
 -  paralischer Ablagerungsraum (Wechsel marin/ästuarin/terrestrisch)
 -  Paläomoor (Flöz Zöschen)
 -  Mittel zwischen Haupt- und Oberflözkomplex nur (Haselbacher) Ton
 -  mariner Einfluss
 -  fluviale Hauptabflussbahnen
- 1) nach STANDKE (2008a)
 2) nach RICHTER (1963)
- 1-2 C/S-Verhältnis

Abbildung 77: Paläogeographische Situation: Obereozän (Priabonium, SPP 19+20A/B), Domsen- und Gröbers-Schichten (Sedimente zwischen Haupt- und Oberflözkomplex)

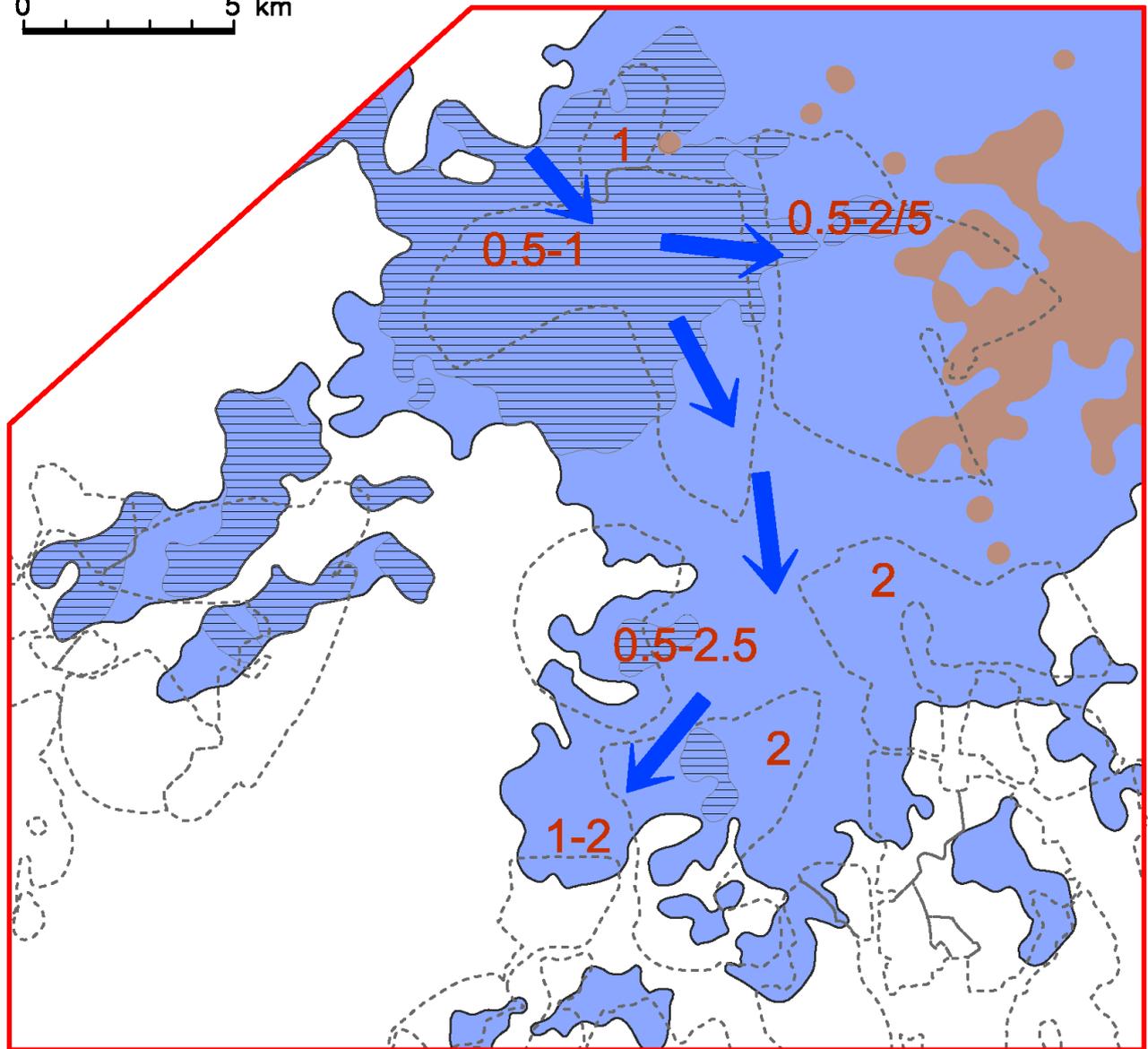
0 5 km



- Braunkohlentagebau
 - Horizontverbreitung
 - Aufspaltungslinie Oberflözkomplex
 - zwischenmittelfreier Oberflözkomplex
 - aufgespaltener Oberflözkomplex (Flöze 4u, 4o1-4o3)
 - mariner Einfluss
 - vermuteter Sedimenteintrag in das Paläomoor
- | | |
|---------|---------------------------|
| K-A-P-M | vorherrschende Moorfazies |
| 1-2 | C/S-Verhältnis |
| 11.5 | CaO/MgO-Verhältnis |

Abbildung 78: Paläogeographische Situation: Unteroligozän (Rupelium, SPP 20A-C), Gröberschichten (Oberflözkomplex)

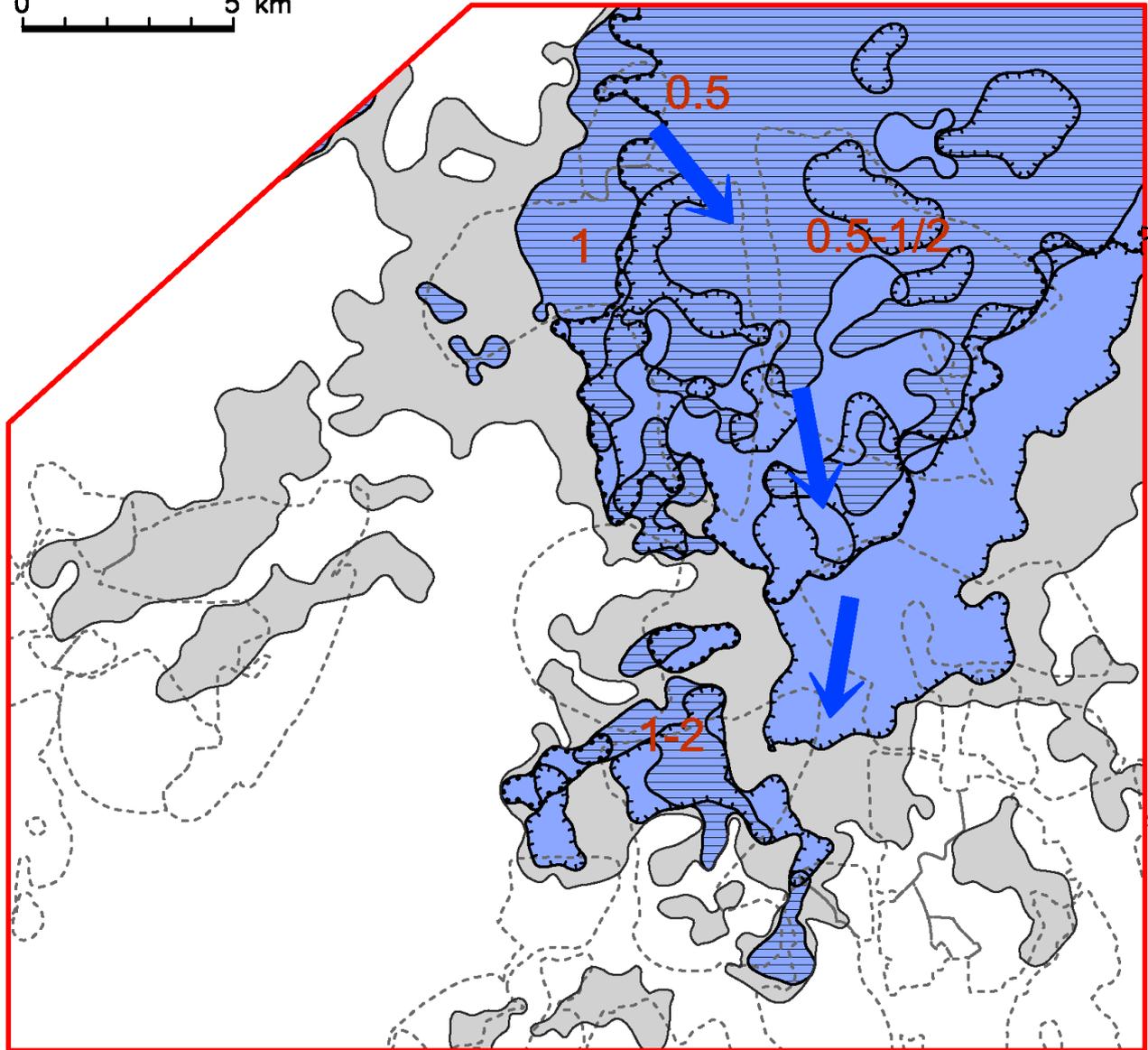
0 5 km



-  Braunkohlentagebau
-  Horizontverbreitung
-  marine Rupelsande (Grauer und Brauner Sand)
-  Paläomoor (Flöz y)
-  mariner Einfluss
-  mariner Bänderschluiff
- 1-2** C/S-Verhältnis

Abbildung 79: Paläogeographische Situation: Unteroligozän (Rupelium), Espenhain-Zwenkau-Schichten

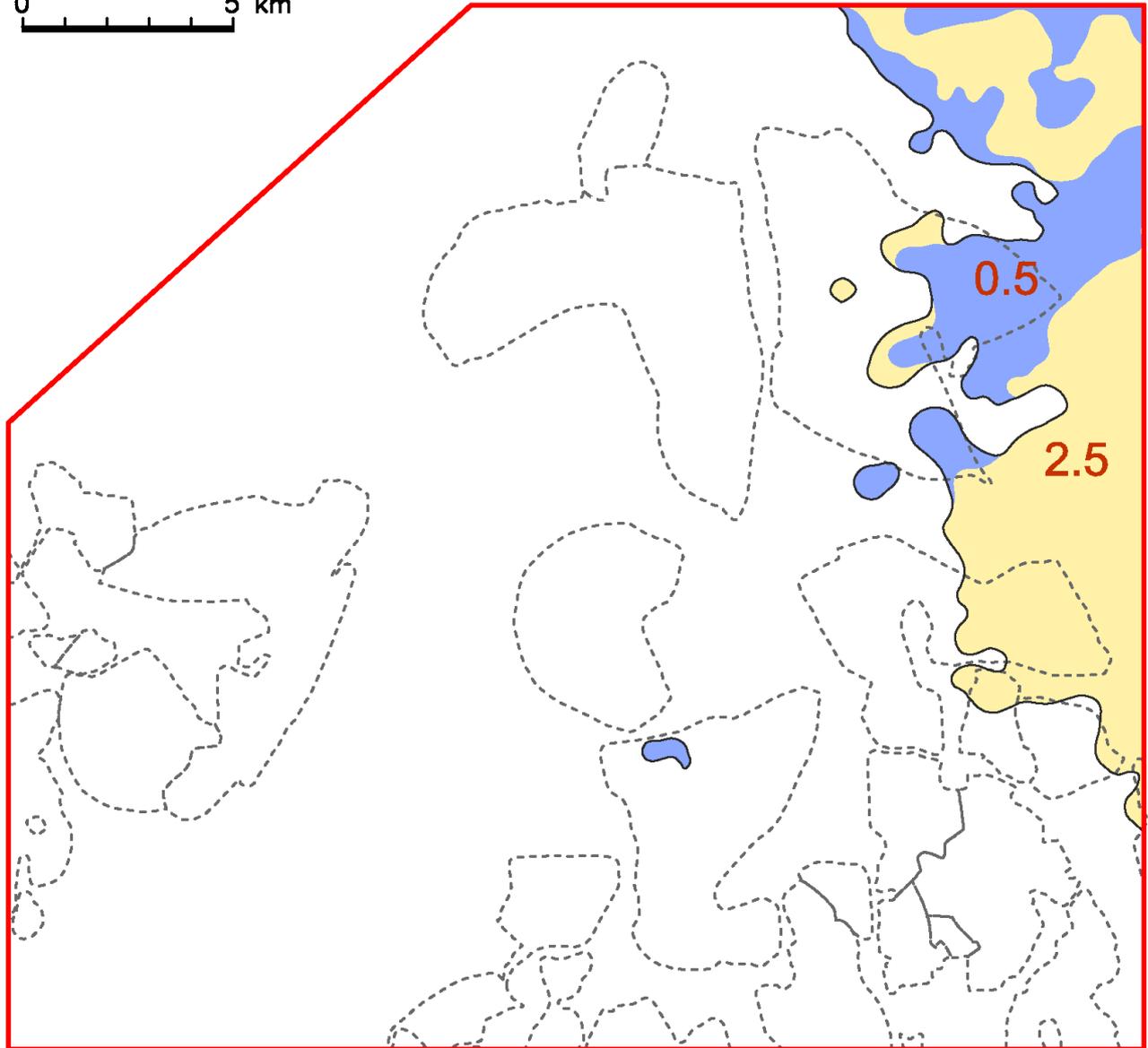
0 5 km



-  Braunkohlentagebau
-  Horizontverbreitung
-  Horizont Septarienton-/ Espenhain-Zwenkau -Schichten
-  mariner Einfluss
-  mariner Muschelschluff
-  mariner Muschelsand (GWL 2.4)
-  mariner Formsand (GWL 2.5)
-  C/S-Verhältnis

Abbildung 80: Paläogeographische Situation: Unteroligozän (Rupelium), Septarienton-Schichten

0 5 km



-  Braunkohlentagebau
-  Horizontverbreitung
-  marine Glimmersande
-  Thierbacher Flusssystem
-  1-2 C/S-Verhältnis

Abbildung 81: Paläogeographische Situation: Oberoligozän (Chattium), Glimmersand-Schichten

Merseburg-Schichten (Horizontkarte 1, Bartonium, Abbildung 71)

Im Untersuchungsgebiet beginnt die tertiäre Sedimentation mit terrestrischen Ablagerungen. Im GWL 6 wechseln rollige und bindige Schichten ab. Eine Korrelation der schluffig-tonigen Stauer in diesem Grundwasserleiter ist flächenübergreifend schwierig. Das trifft auch für die in einigen Bereichen auftretenden Braunkohlenbildungen zu: Unter dem Flöz x verbergen sich sehr wahrscheinlich stratigraphisch unterschiedliche Flöz-niveaus. Diese Kohlen sind die vermutlich einzigen limnisch-telmatischen Flözbildungen im Untersuchungsgebiet überhaupt. Belege dafür fehlen allerdings.

In diesem terrestrisch geprägten Raum dringt temporär die Paläonordsee zumindest bis in den Raum Profen vor und hinterlässt bioturbate, marine Sande, die später von der fluviatilen Entwicklung wieder erodiert werden (vgl. Kap. 4.3.1). Nach den geochemischen Daten reicht die temporäre marine Überprägung des GWL 6 nach Südosten möglicherweise sogar bis in das Kohlenfeld Groitzscher Dreieck.

Wallendorf-Schichten/Unterflözkomplex (Horizontkarte 2, Bartonium; Abbildung 72)

Der Flöz 1-Komplex zeigt im Untersuchungsgebiet die erste flächendeckende Vermoorung an. Die Flözmächtigkeit des Flözkörpers wird in den Räumen Profen und Schleenhain/Peres durch Subrosion im Untergrund beeinflusst (sog. Flözkessel, vgl. Anlage 2.1).

Der Unterflözkomplex ist bisher gegenüber dem paralischen Haupt- und Oberflözkomplex eher als limnisch-telmatisch angesehen worden. Diese Aussage bringen auch die geochemischen Indikationen mit Ausnahme der Flözverbreitungen im Raum Schleenhain. Die dortigen niedrigeren C/S- bzw. CaO/MgO-Verhältnisse stehen möglicherweise in Zusammenhang mit einer temporären syngenetischen marinen Beeinflussung. Es wäre allerdings auch eine Überprägung durch den überlagernden paralischen GWL 5 (Abbildung 73) denkbar.

Moorfaziell herrschen oligotrophe Wald- und Buschmoore (K-, A-Fazies) vor. Im östlichen Verbreitungsgebiet konnten auch ombrotrophe Torfe nachgewiesen werden, die zu einer günstigen lokalen kohlenchemischen Zusammensetzung führten (vgl. Kap. 6.1.2.1).

Zeitz-Schichten/GWL 5 (Horizontkarte 3, Bartonium, Abbildung 73)

Im paralischen Grundwasserleiter 5 lassen sich SO-NW- und NW-SO-verlaufende fluviatile Abflussbahnen erkennen. Entlang dieser Zonen drang die Paläonordsee temporär weit nach Südosten bis in den Raum Groitzscher Dreieck-Schleenhain bzw. nach Nordwesten bis Espenhain vor.

Bruckdorf-Schichten/Hauptflözkomplex (Horizontkarten 4-6, Priaborium, Abbildung 74 bis 76)

Der den GWL 5 überlagernde Luckauer Ton (Liegendton des Hauptflözkomplexes, noch zu den Zeitz-Schichten gestellt) ist flächendeckend ausgebildet. Er muss nach den C/S-Verhältnissen als terrestrisch bis brackisch beeinflusst eingestuft werden. Innerhalb des Tones tritt lokal eine initiale Vermoorung (Flöz Schwerzau, Anlagen 2.3) auf, der später das weit verbreitete Hauptflöz-Paläomoor folgt.

Der Hauptflözkörper wird entlang einer NW-SO-verlaufenden ästuarinen Zone in zahlreiche einzelne Flöze aufgespalten (vgl. dazu Kap. 4.3.4 bis 4.3.6, Anlagen 2.5 bis 2.7). Diese Zone hat für die lithofazielle Ausbildung des Schichtkomplexes entscheidende Bedeutung:

- Im Zeitabschnitt des Flöz 23u-Komplexes ist entlang dieser Zone mit temporären marinen Beeinflussungen des Paläomoores zu rechnen (Abbildung 74).

- Während der Ablagerung des „Hauptmittels“ zwischen den Flözen 23u und 23, dem GWL 4.2, ist ein stärkerer mariner Einfluss bis in den Bereich Schleenhain sowohl sedimentologisch (STANDKE et al. 2010) als auch geochemisch belegt (Abbildung 75). Darauf sind auch synsedimentäre Quarzitlagen innerhalb dieser Mittelsedimente im Übergang in den Torf(Kohle-)-Komplex zurückzuführen (Kap. 5.4, Abbildung 40).
- Auch während der Flöz 23o-Bildung ist marine Beeinflussung des Flözkörpers vorhanden (Abbildung 76).

Während im zwischenmittelfreien Flöz 23 mehr oder weniger vollständig entwickelte Moorfazies-Zyklen dominieren (A-P-M, Fazies), sind in den abgespaltenen Flözen 23u und 23u eutrophe Wald- und Buschmoore (K-, A-, Fazies) mit einer größeren ökologischen Amplitude bzw. der Vernässungs- und Nährstoffverhältnisse vorherrschend.

Domsen- und Gröbers-Schichten/GWL 3 (Horizontkarte 7, Obereozän/Unteroligozän, Abbildung 77)

Zur Zeit der obereozänen Domsen-Schichten dehnt sich der marine Einfluss in östliche und südöstliche Richtung, teilweise auch nach Nordosten, weiter aus. Im östlichen Untersuchungsgebiet sind schon marine Sedimente (Domsener Sande) vertreten, während der östliche Bereich aus paralischen Ablagerungen, d. h. fluviale und marine Schichten im zeitlichen Wechsel, besteht. Lokal kam es zu paralischen Braunkohlenbildungen (Flöz Zöschen).

Der paralische Bereich wird dort, wo er vorwiegend rollig ausgebildet ist, von fluvialen Abflussbahnen durchzogen. Während in den vorangegangenen Zeitabschnitten die Entwässerung vorwiegend nach Nordosten erfolgte, ist jetzt erstmals ein Umbiegen der Fluviale nach Norden/Nordosten zu vermerken. Das wird besonders deutlich im Falle des sog. Lunzenauer Flusses (Ur-Pleiß), der im Bereich des Kohlenfeldes Zwenkau, bedingt durch die nordwestlich vorhandene Höhenlage des Plackwitzer Grauwackenrückens, zuerst in nördliche und dann in nordöstliche Richtung abbiegt.

Marine Beeinflussungen sind geochemisch bis weit nach Südosten und Westen zu erkennen. Sehr wahrscheinlich besteht der obere Teil des GWL 3 bereits flächendeckend aus marinen Sedimenten (mdl. Mitteilung STANDKE) aus dem Nachweis von Sedimenten im Raum Witznitz annimmt, die lithofaziell den Domsener Sanden im Raum Profen gleichen.

Gröbers-Schichten/Oberflözkomplex (Horizontkarte 8, Rupelium, Abbildung 78)

Der kompakte Oberflözkomplex im Raum Espenhain-Zwenkau-Witznitz wird von Westen bzw. Nordwesten durch Tone, im Bereich Zwenkau mit eingeschalteten Sanden, in mehrere Flözbänke aufgespalten (vgl. Kap. 4.3.8).

Bei den Tonen handelt es sich sowohl um marin beeinflusste als auch um mehr limnische Bildungen. Der marine Einfluss geht bis in den Raum Schleenhain deutlich zurück. Am westlichen Rand des Tagebaus Zwenkau konnten im Niveau der Flözaufspaltung marine, gezeitengeschichtete Sande nachgewiesen werden (mdl. Mitteilung STANDKE).

Der Flözkörper selbst wird durch die nachfolgende Transgression der marinen Rupelsande ebenfalls beeinflusst (hohe Schwefelgehalte, Quarzitbildung, vgl. Kap. 6.1.4.1). Moorfaziell überwiegen in den abgespaltenen Flözen Waldmoor-Kohlen, während im nordöstlich verbreiteten zwischenmittelfreien Flöz die Entwicklung meist bis zur hochmoorähnlichen M-Fazies verläuft.

Espenhain-Zwenkau- und Septarienton-Schichten (Horizontkarte 9, Rupelium, Abbildung 80)

Mit der Rupeltransgression (Espenhain-Zwenkau- und Septarienton-Schichten) gerät das gesamte Untersuchungsgebiet unter Meeresbedeckung. Die Ausbildung der basalen Folge des GWL 2 (Abbildung 79) zeigt eine deutliche Abnahme der Marinität von Nordosten nach Südwesten und Osten. Dieser Trend ist auch innerhalb der Septarienton-Schichten (Abbildung 80) zu erkennen.

Aus den Verbreitungskarten der Espenhain-Zwenkau-Schichten wird die deutliche W-O-„Staffelung“ der Faziesräume deutlich:

- bindige marine Ablagerungen (Bänderschluft) im Westen
- flachmarine Graue (Graubraune) und Braune Sande sind weit nach Osten/Südosten verbreitet
- Flözbildung (Flöz y) als kurzzeitige regressive Phase ist ebenfalls vornehmlich im östlichen Untersuchungsgebiet verbreitet. Paläogeographisch handelt es sich hierbei vermutlich um einen Küstenbereich mit vorgelagerter Inselkette (STANDKE et al. 2010).

Eine ähnliche Konfiguration ergibt sich für die Septarienton-Schichten, nur dass die bindigen Schichtglieder noch weiter nach Osten übergreifen und telmatische Bildungen nicht mehr auftreten.

Glimmersand-Schichten (Horizontkarte 10, Chattium, Abbildung 81)

Von der oberoligozänen transgressiven Phase (Glimmersand-Schichten) sind im Untersuchungsgebiet nur Erosionsreste erhalten, die aber über ihre geochemischen Eigenschaften den marinen Charakter erkennen lassen.

Dafür unterscheiden sich diese Sedimente deutlich von denen des Thierbacher Flusssystem, wobei nach den geochemischen Indikationen in diesen fluviatilen Ablagerungen brackischer Einfluss nicht auszuschließen ist.

Literaturverzeichnis

- AHRENS, H.; LOTSCH, D.; ROHDE, G & STEINKE, K. (1974): Zur Herkunft der Sedimentschüttungen des westelbischen Tertiärs auf der Basis von Schwermineraluntersuchungen.
- ALISCH, U. (1990): Die moorfazielle Entwicklung des Bitterfelder Flözhorizontes in seinem südlichen Verbreitungsgebiet. - Z. geol. Wiss., 18 (10): 875-881; Berlin.
- BELLMANN, H.-J. (1967): Zur Tertiärquarzitbildung im Weißelsterbecken. - Z. angew. Geol., 13 (3): 155-156; Berlin.
- BERNER, R. A. (1984): Sedimentary pyrite formation: An update. - Geochim. Cosmochim. Acta, 48, 605-615.
- BÖNISCH, R. (1983): Zur Gliederung der faziellen Abfolgen und Zwischenmittel im 2. Lausitzer Flözhorizont. - Z. angew. Geol. 29, 9: 434-441, Berlin.
- BOUSKA, V. (1981): Geochemistry of coal. - Prague (Academy): 1-284.
- BRAUSE, H.; RASCHER, J. & SEIFERT, A. (1989): Transgressionsgeschichte und Kohlenqualität im Miozän der Lausitz. - Geoprofil, 1: 18-30, Freiberg.
- DARBINJAN, F. (1989): Geochemie der Braunkohlen der DDR am Beispiel des ostelbischen Kohlereviers. - Unveröff. Diss.: 1-89, Bergakademie Freiberg, Freiberg.
- DILBAT, M. & HOTH, N. (2006): Forschungskomplex Geochemische Vorfeldbilanzierung. - in RASCHER et al. (2006), 75-96, Freiberg.
- DOLEZYCH, M. & SCHNEIDER, W. (2007): Taxonomie und Thaphonomie von Koniferenhölzern und Cuticulae dispersae im 2. Lausitzer Flözhorizont (Miozän) des Senftenberger Reviers. - Palaeontographica, Abh. B, 276: 1-95, Stuttgart.
- DOLL, G. (1982): Zur geologischen Entwicklung des östlichen zentralen Weißelsterbeckens unter besonderer Berücksichtigung der Braunkohlenfelder Peres, Grotzischer Dreieck und Schleenhain. - Unveröff. Diss., Karl-Marx-Universität Leipzig; Leipzig.
- EISSMANN, L. (1968): Überblick über die Entwicklung des Tertiärs in der Leipziger Tieflandsbucht. - Sächsische Heimatblätter, 14 (1): 25-37, Dresden.
- EISSMANN, L. (1970): Geologie des Bezirkes Leipzig (Eine Übersicht). - Natura regionis Lipsiensis, Naturwissenschaftliches Museum, Leipzig.
- EISSMANN, L. (1984): 50 Millionen Jahre Subrosion - über Persistenz und Zyklizität von Auslaugung im Weißelsterbecken. - Geophys. Geol. III (2): 31-65; Berlin.
- EISSMANN, L. (2005): Graphische Kompilationen zum Tertiär Mitteldeutschlands (Paralipomena I). - Mauriana, 19 (2): 283-288, Altenburg.
- EISSMANN, L. & LITT, T. (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.
- ELLENBERG, J. & DOLL, G. (1983): Zur Sedimentation des Domsener Sandes (Obereozän) im Raum Profen. - Kurzfassung Vortrag zur 30. Jahrestagung der GGW, Mitt. Ges. f. Geol. Wiss., 11 (2/3): 23-24; Berlin.
- ERTEL, S. (2006): Lithofazielle Charakteristik von Braunkohlenbegleitschichten im Südraum Leipzig und in der Niederlausitz. - Unveröff. Diplomarbeit: 1-143, TU Bergakademie Freiberg; Freiberg.
- ESCHER, D.; FISCHER, J.; MEIER, J.; RASCHER, J.; KÄSTNER, S. & DUTSCHMANN, U. (1998-2002): Lithofazieskarten Tertiär Nordwestsachsen 1:50.000, Einheitsblätter Zeitz (2665), Mittweida (2666), Leipzig (2565), Wurzen (2566), Bitterfeld (2465), Eilenburg (2466). - Sächs. Landesamt f. Umwelt u. Geologie (Hrsg.), **GEOMontan GmbH Freiberg**, Freiberg.
- ESCHER, D.; FISCHER, J.; RASCHER, J.; KÄSTNER, S.; CZUBKA, R.; RASCHER, M.; HÜBNER, A. & SOMMER, D. (2009): Ergebnisbericht zu den Erkundungsmaßnahmen 2006/2007 im Zukunftsfeld Lützen-Süd. - Unveröff. Bericht i. A. MIBRAG mbH Zeitz, **GEOMontan GmbH Freiberg**: 1-173, Freiberg.

- ESCHER, D.; GEIßLER, M.; HÜBNER, A.; RASCHER, J.; RASCHER, M.; SOMMER, D. & SPINDLER, L. (2010): Aktualisierung des Lagerstättenkatasters Braunkohle im FIS Rohstoffe, Datenrecherche Kohlenqualität: Abschlussbericht. - **GEO**montan GmbH Freiberg i. A. Sächs. Landesamt f. Umwelt u. Geologie, 1-20, Freiberg.
- FISCHER, E. (1950): Pflanzenabdrücke aus dem Alttertiär von Mosel bei Zwickau in Sachsen. - Abh. Geol. Dienst Berlin, Neue Folge., 221: 1-28; Berlin.
- FISCHER, J.; ESCHER, D.; KÄSTNER, S. & RASCHER, J. (2005): Stratigraphische Überarbeitung der Lagerstätten-datei Schwerzau. – Unveröff. Bericht i. A. MIBRAG mbH Theißen, **GEO**montan GmbH Freiberg: 1-16, Freiberg.
- FRIEDEL, C.-H. & BALASKE, P. (Hrsg.) (2005): Das Tertiär im mitteleuropäischen Ästuar, Stand und aktuelle Probleme. - Exkurs.f. u. Veröff. Dt. Ges. Geowiss., 230: 1-52, Berlin, Hannover.
- FRIEDRICH, A. & SCHELLENBERGER, H. (2009): Lithofazielle Kartierung ausgewählter Profile der Grundwasserleiter 5 und 6 im Tagebau Profen. - Unveröff. Diplomkartierung: 1-193, TU Bergakademie Freiberg; Freiberg.
- FUHRMANN, R. (2008): Der Bitterfelder Bernstein - seine Herkunft und Genese. - *Mauritiana*, **20** (2): 207-228; Altenburg.
- HAQ, B. U.; HARDENBOL, J. & VAIL, P. R. (1987): The chronology of fluctuating sea level since the Triassic. - *Science*, 269: 483-489; Washington.
- HÄRTEL, H. & SPRINGER, A. (1988): Ergebnisbericht Erkundung Braunkohlenlagerstätte Peres 1985-1987. - Unveröff. Bericht, VEB Braunkohlenbohrungen und Schachtbau Welzow; Welzow.
- HAUSDORF, W.; KÄSTNER, S.; RASCHER, J. & SCHEFFLER, S. (2000): Geologische Stoßkartierung und ingenieur-geologische Probenahme im 2. Schnitt des Tagebaues Vereinigtes Schleenhain. - Unveröff. Ber., **GEO**montan GmbH Freiberg, Fachbüro für Consulting und Bodenmechanik GmbH Espenhain im Auftrag Mitteldeutsche Braunkohlengesellschaft Theißen; Espenhain, Freiberg.
- HELBIG, C.; RASCHER, J. & HIRTH, D. 1989: Beispiele zur Flözmodellierung für Rohstoffbewertung und Vorratsberechnung von Braunkohlen bei der Erkundung. – *Neue Bergbautechnik* **19**, S. 374-377, Berlin.
- HOTH, N. (2004): Modellgestützte Untersuchungen zur Grundwassergüteentwicklung in Braunkohleabraumkippen und deren Abstrom unter Berücksichtigung natürlicher Rückhalt- und Abbauprozesse. - *Schriftenreihe für Geowissenschaften*, 15: 1-214.
- HOTH, N.; SIMON, A. & RASCHER, J. (2010): Ermittlung des geogenen Potentials der Grundwasserversauerung in Folge von Stoffumwandlungsprozessen in Kippmischböden und Ableitung technologischer Gegenmaßnahmen in den Abbaufeldern Schleenhain und Peres des Tagebaues Vereinigtes Schleenhain. - Unveröff. Abschlussbericht, MIBRAG-Projekt (055/4510179116)-TUBAF Projekt Nr. 03110271, 1-86, Freiberg.
- HOTH, N., SIMON, A., RASCHER, J., KNÖLLER, K., KASSAHUN, A. & DREBENSTEDT, C. (2011): Minderung des Sulfat- und Eisenaustrags aus Kippen – technische Maßnahmen und natürliche Prozesse vor Abschluss des Grundwasserwiederanstiegs. - *Proceedings des DGFZ e.V.*, H. 45: 217-230.
- HOTH, N.; WAGNER, S. & HÄFNER, F. (1998): Entwicklung eines numerischen Modells zur Beschreibung und Simulation instationärer hydrogeochemischer Transportprozesse im Grundwasser der Kippe des Tagebaus Jänschwalde und in deren Abstrom. - Unveröff. Abschlußbericht, Wi.-Techn. Projekt im Auftrag der LAUBAG, TU Bergakademie Freiberg, Inst. f. Bohrtechnik u. Fluidbergbau, 1-97.
- HÜBNER, J. (1979): Zusammenhänge zwischen Geologie, Flözbildung und Kohlenqualität, dargestellt am Flöz Bruckdorf der Braunkohlenlagerstätte Wallendorf. - Unveröff. Diplomarbeit, Bergakademie Freiberg; Freiberg.
- HUNGER, R. (1939): Biostratonomie und Paläobotanik der Blätterkohlenvorkommen des eozänen Humodils des Zeitz-Weißenfelser Reviers. - Diss., Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, 1939, Halle, Knapp 1939. - Dasselbe 1939 in: *Braunkohlen-Archiv*, 51: 33-69.
- HUNGER, R. (1957): Makro- und mikropetrographische Flözcharakteristik der Braunkohle des Bornaer Reviers. - *Freiberg. Forsch.h.*, C 37: 7-21, Freiberg.
- JUDOVIC et al. (1985): *Elementy - primesi v iskopaemych ugljach*. Nauka, Leningrad.

- JUNGE, F. W. & BÖTTGER, T. (2005): Zur Landschafts- und Flußdynamik im obereozän-unteroligozänen Schwemmfächer des Weißelsterbeckens – Beispiele aus den Großtagebauen südlich Leipzig. - Exkurs.f. u. Veröfftl. DGG, 230:11-12; Berlin, Hannover.
- JUNGE, F. W. & EIBSMANN, L. (2007): Domsener Schichten und Tertiärquarzite im Tagebau Profen (Sachsen-Anhalt). Mit einem Einblick in die wichtigsten Störungserscheinungen des erschlossenen Gebietes. - Beitr. Geol. Thüringen, N. F., 14: 187-213, Jena.
- JUNGE, F. W.; DOLEZYCH, M.; WALTHER, H.; BÖTTGER, T.; KÜHL, A.; KUNZMANN, L.; MORGENSTERN, P.; STEINBERG, T. & STANGE, R. (2005): Ein Fenster in Landschaft und Vegetation vor 37 Millionen Jahren: Lithologische, sedimentgeochemische und paläobotanische Befunde aus einem Paläoflußsystem des Weißelsterbeckens. - *Mauritiana*, 19 (2): 185-273; Altenburg.
- JUNGE, F. W.; DUCKHEIM, W.; MORGENSTERN, P. & MAGNUS, M. (2001): Sedimentologie und Geochemie obereozän - unteroligozäner Typusprofile aus dem Weißelsterbecken (Tagebau Espenhain). - *Mauritiana*, 18 (1): 25-59; Altenburg.
- JUNGE, F. W.; MORGENSTERN, P.; BÖTTGER, T. & DUCKHEIM, W. (2002): Geochemische Indikatoren (C_{org} , S, Fe, $d^{13}C_{org}$) zur Abschätzung von Fazies und Ablagerungsbedingungen in obereozän-unteroligozänen Sedimenten Mitteldeutschlands. - *Leipziger Geowissenschaften*, 14: 71-105; Leipzig.
- JURASKY, K. A. (1936): Deutschlands Braunkohlen und ihre Entstehung. - Reihe Deutscher Boden, II: 1-165, Berlin.
- KAMISCHKE, J. (1989): Kohlenpetrologische Untersuchungen zur Klärung der Rohstoffqualität in Abhängigkeit geologischer Einflussfaktoren im Hauptflöz des Weißelsterbeckens. - Unveröff. Studienarbeit, Institut für Geologie, TU Bergakademie Freiberg.
- KÄSTNER, S. (1999): Aufschlusskartierung im Tagebau Zwenkau. – Unveröff. Bericht i. A. LfUG, **GEO**montan GmbH Freiberg, 1-27, Freiberg.
- KOLBE, H. (1939): Aufbau und Bildung der mitteleozänen Braunkohlenflöze in Mitteldeutschland. - *Das Braunkohlenarchiv*, 53: 1-47, Halle.
- KRAMER, H.-J.; MÜHLMANN, R.; GROßE, R.; KREHER, M.; MARSKI, M.; WÜNSCHE, M.; HIRTH, D.; TREVIRANUS, U. & HELBIG, C. (1987): Ergebnisbericht Braunkohle Espenhain/Störmthal. - Unveröff. Ber., VEB Geologische Forschung und Erkundung Freiberg; Freiberg.
- KRUTZSCH, W. (2000): Stratigraphische Tabelle Oberoligozän und Neogen (marin-kontinental). - *Berliner geowiss. Abh.*, E 34: 153-165, Berlin.
- KRUTZSCH, W. (2008): Die Bedeutung der fossilen Pollengattung *Mediocolpopollis* Krutzsch 1959 (*fam. Santalaceae*) für die Gliederung des Obereozän im mitteldeutschen Ästuar. - *Hallesches Jahrbuch für Geowissenschaften*, 25: 1-103, Halle.
- KRUTZSCH, W. (2011a): Stratigraphie und Klima des Paläogens im Mitteldeutschen Ästuar im Vergleich zur marinen nördlichen Umrahmung. - *Z. dt. Ges. Geowiss.*, 162/1: 19-46, Stuttgart.
- KRUTZSCH, W. (2011b): Antwort. - In: Forum Stratigraphie und Klima des Paläogens im Mitteldeutschen Ästuar im Vergleich zur marinen nördlichen Umrahmung (W. Krutzsch, *ZDGG* 162/1: 19-46). - *Z. dt. Ges. Geowiss.* 164/4: 460-463, Stuttgart.
- KRUTZSCH, W.; BLUMENSTENGEL, H.; KIESEL, Y. & RÜFFLE, L. (1992): Paläobotanische Klimagliederung des Alttertiärs (Mitteloazän bis Oberoligozän) in Mitteldeutschland und das Problem der Verknüpfung mariner und kontinentaler Gliederungen (klassische Biostratigrafien – paläobotanisch-ökologische Klimastratigraphie – Evolutionsstratigraphie der Vertebraten). - *N. Jb. Geol. Paläont. Abh.*, 186: 137-253, Stuttgart.
- KUNZMANN, L. (1995): Rekonstruktion einer tertiären Flusslandschaft, geologische und makropaläobotanische Untersuchungen am paläogenen Zwickau-Altenburger Flußsystem im Weißelsterbecken, NW-Sachsen. Methoden, Möglichkeiten, Grenzen. - *Abh. Staatliches Museum für Mineralogie u. Geologie*, 41: 73-95; Dresden.

- KUNZMANN, L. (1998): *Trigonobalanopsis* KVAČEK & WALTHER, *Alnus* MILLER und *Salix* LINNÉ im Unteroligozän Nordwestsachsens. - Abh. Staatliche Museum für Mineralogie u. Geologie, 43/44: 227-238; Dresden.
- KUNZMANN, L. & WALTHER, H. (2002). Eine obereozäne Blätterflora aus dem mitteldeutschen Weißelster-Becken. - Paläont. Z., 76 (2): 261-282; Stuttgart.
- KVAČEK, Z. & WALTHER, H. (2001): The Oligocene of Central Europe and the development of forest vegetation in space and time based on megafossils. - Palaeontographica Abt., 259 (1/6): 125-148; Stuttgart.
- LAUER, D. (1984): Analyse der faziellen Entwicklung des Känozoikums im Weißelsterbecken zur Ableitung eines Genesemodells für das Leipziger Braunkohlenrevier. - Unveröff. Diss., Bergakademie Freiberg; Freiberg.
- LOTSCH, D.; KRUTZSCH, W.; MAI, D. H.; KIESEL, Y. & LAZAR, E. (1969): Stratigraphisches Korrelationsschema für das Tertiär der Deutschen Demokratischen Republik. - Abh. Zentrales Geologisches Institut, 12: 1-438, Berlin.
- MAI, D. H. & WALTHER, H. (1969): Über eine neue Tertiärflora im Braunkohlentagebau Haselbach bei Altenburg. - Abh. Staatliches Museum für Mineralogie und Geologie 13: 71-76; Dresden.
- MAI, D. H. & WALTHER, H. (1983): Die fossilen Floren des Weißelsterbeckens und seiner Randgebiete. - Halle-sches Jahrbuch für Geowissenschaften, 8: 59-74; Halle.
- MAI, D. H. & WALTHER, H. (1985): Die obereozänen Floren des Weißelsterbeckens und seiner Randgebiete. - Abh. Staatliches Museum für Mineralogie u. Geologie, 33: 1-260; Leipzig.
- MAI, D. H. & WALTHER, H. (1991): Die oligozänen und untermiozänen Floren NW-Sachsens und des Bitterfelder Raumes. - Abh. Staatliches Museum für Mineralogie und Geologie, 38: 1-230; Dresden.
- MAI, D. H. & WALTHER, H. (2000): Die Fundstellen eozäner Floren des Weißelsterbeckens und seiner Randgebiete. - Altenburger Naturwiss. Forsch., 13: 1-59, Altenburg.
- MEYER, G. (1951): Der Einfluß der geologischen Strukturen im Meuselwitz-Bornaer Braunkohlenrevier auf Planung und Abbau. - Freib. Forsch.-H., 1: 49-51, Freiberg.
- MORSE, J. W.; MILLERO, F. J.; CORNWELL, J. C. & RICKARD, D. T. (1987): The chemistry of the Hydrogen Sulfide and Iron Sulfide Systems in natural waters. - Earth-Science Reviews, 24, 1-42.
- MÜHLMANN, R. (1982): Zu Problemen der paläogeographischen Entwicklung des Prätertiärs im südlichen Weißelsterbecken und Beziehungen zwischen Prätertiär und Tertiär. - Unveröff. Diss., Karl-Marx-Universität Leipzig; Leipzig.
- MÜLLER, A. (1983): Fauna und Palökologie des marinen Mitteloligozäns der Leipziger Tieflandsbucht. - Altenburger Naturwiss. Forsch., 2: 1-162; Altenburg.
- MÜLLER, A. (2008): Obereozäne bis oligozäne marine Faunen Mitteldeutschlands - eine Übersicht. Mit einer lithostratigraphischen Neugliederung des Unteroligozäns im Südraum Leipzig. - Z. Dt. Ges. Geowiss., 159 (1): 23-79; Stuttgart.
- NOWEL, W., BÖNISCH, R., SCHNEIDER, W. & SCHULZE, H. (1994): Geologie des Lausitzer Braunkohlenreviers. - Starke & Sachse GmbH, Großenhain.
- RAISWELL, R. & BERNER, R. A. (1985): Pyrite formation in euxinic and semi-euxinic sediments. - Amer. Journal of Science, 285: 710-724.
- RASCHER, J. (1982): Wechsel der Kohlenfazies des 2. Lausitzer Flözes im südöstlichen Verbreitungsgebiet unter dem Einfluß der geologischen Verhältnisse. - Unveröff. Diss., Bergakademie Freiberg, Freiberg.
- RASCHER, J. (2008): Flözkartierung im Tagebau Profen-Süd zur Abklärung der Aufspaltungen im Hauptflözkörper (Flöz 23). - Unveröff. Bericht i. A. MIBRAG mbH Theißen, **GEOMONTAN** GmbH Freiberg: 1-9, Freiberg.
- RASCHER, J. (2009): Braunkohlen. - In: Pälchen, W. (Hrsg.): Geologie von Sachsen II. Georessourcenpotenzial und -risiken. - E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung: 24-51, Stuttgart.
- RASCHER, J.; ESCHER, D. & FISCHER, J. (2008): Zur stratigraphischen Gliederung des obereozänen Hauptflöz-komplexes (Thüringer und Bornaer Hauptflöz) in der Leipziger Bucht. - Z. Dt. Ges. Geowiss., 159 (1): 105-116, Stuttgart.

- RASCHER, J.; ESCHER, D.; FISCHER, J.; DUTSCHMANN, U. & KÄSTNER, S. (2005): Geologischer Atlas Tertiär Nordwestsachsen 1 : 250 000. - **GEOmontan** GmbH Freiberg, Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie (Hrsg.): 1-22, Dresden.
- RASCHER, J.; ESCHER, D.; FISCHER, J.; DUTSCHMANN, U.; SCHNEIDER, G.; VOLKMANN, N.; STIEWE, J.; HOTH, N. & DILBAT, M. (2006): Unveröff. Abschlussbericht zum FuE-Vorhaben: Lithofazielle Modellierung tertiärer Faziesseinheiten in Bergbaufolgelandschaften. - **GEOmontan** GmbH Freiberg, TU Bergakademie Freiberg i. A. Sächs. Landesamt f. Umwelt u. Geologie, 1-102, Freiberg.
- RASCHER, J.; ESCHER, D.; FISCHER, J.; HOTH, N.; DARBINJAN, F.; UEBERFUHR, J. & VOLKMANN, N. (2009a): FuE-Vorhaben Modellierung tertiärer Faziesseinheiten und geochemischer Faktoren in Bergbaufolgelandschaften (Südraum Leipzig). - Unveröff. Zwischenbericht 2009. - **GEOmontan** GmbH Freiberg, 1-17, Freiberg.
- RASCHER, J.; ESCHER, D.; FISCHER, J.; HOTH, N.; DARBINJAN, F.; UEBERFUHR, J. & VOLKMANN, N. (2010): FuE-Vorhaben Modellierung tertiärer Faziesseinheiten und geochemischer Faktoren in Bergbaufolgelandschaften (Südraum Leipzig). – Unveröff. Zwischenbericht 2010, **GEOmontan** GmbH Freiberg, 1-17, Freiberg.
- RASCHER, J.; ESCHER, D.; FISCHER, J.; HOTH, N.; DARBINJAN, F.; UEBERFUHR, J. & VOLKMANN, N. (2011): FuE-Vorhaben Modellierung tertiärer Faziesseinheiten und geochemischer Faktoren in Bergbaufolgelandschaften (Südraum Leipzig). Unveröff. Zwischenbericht 2011, **GEOmontan** GmbH Freiberg, 1-14, Freiberg.
- RASCHER, J.; ESCHER, D.; RASCHER, M. & VOLKMANN, N. (2009b): Geologische und kohlenpetrologische Untersuchungen zur Qualifizierung des geologischen Strukturmodells im ÖGP Hydrierwerk Zeitz. – Unveröff. Bericht i. A. MDVV Bitterfeld, **GEOmontan** GmbH Freiberg: 1-35, Freiberg.
- RASMUSSEN, E.; DYBKJAER, K. & PIASECKI, S. (2010): Lithostratigraphy of the Upper Oligocene-Miocene succession of Denmark. – Geological Survey of Denmark and Greenland Bulletin 22: 1-92, Copenhagen.
- RICKARD, D.T. (1975): Kinetics and mechanism of pyrite formation at low temperatures. - Amer. Jour. of Science, 275, 636-652.
- RÖSLER, H.-J. & LANGE, H. (1975): Geochemische Tabellen. – Verl. f. Grundstoffindustrie, Leipzig.
- SCHNEIDER, W. (1969): Cuticulae dispersae aus dem 2. Lausitzer Flöz (Miozän) und ihre fazielle Aussage. - Freiburger Forsch.-H., C 222: 1-75, Leipzig.
- SCHNEIDER, W. (1978): Zu einigen Gesetzmäßigkeiten der faziellen Entwicklung im 2. Lausitzer Flöz.- Zeitschr. f. Angew. Geol., 24, 3: 125-130, Berlin.
- SCHNEIDER, W. (1980): Mikropetrographische Faziesanalyse in der Weichbraunkohle.- Neue Bergbautechnik, 10, 12: 670-675, Leipzig.
- SCHNEIDER, W. (1990): Floral successions in miocene bogs of Central Europe. - Proc. Symp. "Paleofloristic and Paleoclimatic Changes in the Cretaceous and Tertiary, 1989", 205-212, Prag.
- SCHNEIDER, W. (1995): Palaeohistological studies on Miocene brown coals of Central Europe. - Int. J. Coal. Geol. **28** (2-4): 229-248, Amsterdam.
- SCHNEIDER, W. (2001): Ältere und jüngere Moorflora im Tertiär Mitteleuropas. - Beitragskurzfassung der 29. Jahrestagung des Arbeitskreises Paläobotanik und Palynologie, Utrecht: 26, Utrecht.
- SCHNEIDER, W. (2010): Kutikularanalytische Untersuchungen an Blattfossilien aus dem flözführenden Eozän von Stolzenbach: *Doliosstrobos*, *Myrica* und Lauraceae. - In: Die eozänen Braunkohlenschichten aus dem Untertagebau Stolzenbach bei Kassel (PreußenElektra, Niederhessen). - Documenta naturae, 181: 1.27, München.
- SCHNEIDER, W. (2013): Zur Paläobotanik des Krantzites - Beiträge und Schlussfolgerungen zur Bernstein-genese.- Exkurs.f. und Veröff. DGG,249: 90-103, Hannover.
- SEIFERT, A. (1979): Methoden und Ergebnisse regionaler kohlenpetrologischer Untersuchungen zur Vergelung der Braunkohlen des Raumes Leipzig. - Unveröff. Diss.: 1-131, Bergakademie Freiberg; Freiberg.
- SONTAG, E. (1963): Mikrobotanische und spektrochemische Untersuchungen am 2. Niederlausitzer Flözhorizont ("Lausitzer Unterflöz"). – Unveröff. Diss., Bergakademie Freiberg, Freiberg.

- STANDKE, G. (1997): Die Hainer Sande im Tagebau Witznitz. Ergebnisse der geologischen Aufschlusddokumentation stillgelegter Braunkohlentagebaue in Sachsen. - *Mauritiana*, 16 (2): 241-259 Altenburg.
- STANDKE, G. (2001): Thierbacher Schichten und Hainer Sande (Oligozän-Eozän) im ehemaligen Braunkohlentagebau Bockwitz südlich von Leipzig. - *Mauritiana*, 18 (1): 61-89 Altenburg.
- STANDKE, G. (2002): Das Tertiär zwischen Leipzig und Altenburg. - *Beitr. Geol. Thür., N. F.*, 9: 41-73; Jena.
- STANDKE, G. (2008a): Paläogeografie des älteren Tertiärs (Paleozän bis Untermiozän) im mitteldeutschen Raum. - *Z. Dt. Ges. Geowiss.*, 159 (1): 81-103 Stuttgart.
- STANDKE, G. mit einem Beitrag von Suhr, P. (2008b): Tertiär. - In: Pälchen, W.; Walter, H. (Hrsg.) (2008): *Geologie von Sachsen. Geologischer Bau und Entwicklungsgeschichte*. - E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung: 358-419, Stuttgart.
- STANDKE, G. & RASCHER, J. (2011): Kommentar. - in: *Forum Stratigraphie und Klima des Paläogens im Mitteldeutschen Ästuar im Vergleich zur marinen nördlichen Umrahmung* (W. Krutzsch, *ZDGG* 162/1: 19-46). - *Z. dt. Ges. Geowiss.* 164/4: 453-458, Stuttgart.
- STANDKE, G. & SUHR, P. (1998): Vulkane - Flüsse - Küstenmoore: Die fazielle Vielfalt am Südrand der Nordwest-Europäischen Tertiärsenke. - *Terra Nostra*, Schriften der Alfred-Wegener-Stiftung 98/4, Exkursionsführer zur Jahrestagung der Deutschen Geologischen Gesellschaft 06.-09.10.1998, Exkursion A 10: 79-98; Berlin.
- STANDKE, G.; ESCHER, D.; FISCHER, J. & RASCHER, J. (2010): Das Tertiär Nordwestsachsens. Ein geologischer Überblick. - *Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie* (Hrsg.): 1-156, Dresden.
- STANDKE, G.; SUHR, P.; STRAUSS, C. & RASCHER, J. (1992): Meeresspiegelschwankungen im Miozän von Ostdeutschland. - *Geoprofil* 4: 43-48, Freiberg.
- STIEWE, J. (2006): Lumineszenzmikroskopische Untersuchungen an Weichbraunkohlen aus dem Weißelsterbecken/Südraum Leipzig (Obereozän/Unteroligozän) zur moorfaziellen und feinstratigraphischen Charakteristik der angetroffenen Flöze. - Unveröff. Diplomarbeit, TU Bergakademie Freiberg, 1-69, Freiberg.
- STREIF, H. (1998): Die geologische Küstenkarte von Niedersachsen 1 : 25 000 – eine neue Planungsgrundlage für die Küstenregion. – *Z. angew. Geol.*, **44**, 4: 183-194; Stuttgart.
- TEICHMÜLLER, M. (1958): Rekonstruktion verschiedener Moortypen des Hauptflözes der niederrheinischen Braunkohle.- *Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf.*, 2: 599-612, Krefeld.
- TONDERA, D. (1987): Kohlenpetrologische Untersuchungen an Veredlungskohlen des Weißelsterbeckens. - Unveröff. Diplomarbeit, Bergakademie Freiberg.
- TU BAF (2000): Untersuchungen zur Prognose der Güteentwicklung von Grundwässern und Oberflächenwässern in durch Kippen geprägten Braunkohlenfolgelandschaften. TP 1: Experimentelle und modellgestützte Untersuchungen zum Stoffumsatz und Stofftransport im Kippenkörper. - Abschlußbericht des BMBF Themas 02 WB 9669/0, 1-311, Freiberg.
- VINKEN, R. (Ed.) (1988): *The Northwest European Tertiary Basin*. - *Geologisches Jahrbuch A* 100: 1-508; Hannover.
- VOLKMANN, N. (1982): Die Anwendung fluoreszenzmikroskopischer Arbeitsmethoden in der Petrologie von Weichbraunkohlen, *Freiberger Forschungshefte C* 377: 129-152, Leipzig.
- VOLKMANN, N. (1983): Petrologische Kennzeichnung bitumenreicher Weichbraunkohlen. - Unveröff. F/E-Bericht Sektion Geowissenschaften, Bergakademie Freiberg.
- VOLKMANN, N. (1984): Die Phytobitumina der Weichbraunkohlen.- Lumineszenzmikroskopische und genetische Untersuchungen an Weichbraunkohlen ausgewählter Lagerstätten der Deutschen Demokratischen Republik. - Unveröff. Dissertation, Bergakademie Freiberg.
- VOLKMANN, N. (1990): Zur Anwendung der Lumineszenzmikroskopie in der Faziesdiagnose von Weichbraunkohlen. - *Z. geol. Wiss.*, 18, S. 871-874, Berlin.
- VOLKMANN, N. (1991): Mikroskopie von Kohle und Koks. In: BAUMANN, L. & LEEDER, O.: *Einführung in die Auflichtmikroskopie*. - *Dt. Verl. f. Grundstoffindustrie*: 279-325, Leipzig.

- WAGENBRETH, O. (1959): Die Geologie des Tagebaues Profen. - Station der Jungen Naturforscher und Techniker des Kreises Zeitz: 1-27, Zeitz.
- WALTER, H. (1997): Zur Palökologie der Böhlen-Folge im Tertiär des Weißelsterbeckens. - Leipziger Geowissenschaften, **5**: 25-66; Leipzig.
- WUNDERLICH, J. (1977): Kohlenpetrologische Untersuchungen zur vertikalen Lithotypenabfolge des Böhlener Oberflözes im Tagebau Zwenkau. - Unveröff. Ingenieurpraktikumsarbeit, Bergakademie Freiberg, Freiberg.
- WÜNSCHE, M. (1974): Die bodenphysikalischen, -chemischen und mineralogischen Eigenschaften der Abraumsschichten und ihre Eignung für die Wiederurbarmachung im Braunkohlenrevier südlich von Leipzig. - Unveröff. Forschungsbericht, VEB GFE Halle, BT Freiberg: 1-192, Freiberg.
- ZEHNDER, A. J. B. & ZINDER, S. H. (1980): The sulfur cycle. - In HUTZINGER, O.: The natural environment and the biogeochemical cycles. - In the collection: The handbook of environmental chemistry. - Springer Verlag, Vol. 1, Part A: 105-141.
- ZIMMERMANN (1986): F/E Staatsplanaufgabe "Lagerstättengeologische Forschung Braunkohle", Teilthema 11: Projekt für regionale Untersuchungen zur Spurenelementführung in Braunkohlenlagerstätten. - VEB Geol. Forschung u. Erkundung Halle.
- ZIMMERMANN (1992): Die Spurenelementführung westelbischer Braunkohlen und deren Beziehung zur Braunkohlenlagerstätten-genese. - Unveröff. Diss.: 1-99, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg.

Herausgeber:

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG)
Pillnitzer Platz 3, 01326 Dresden
Telefon: +49 351 2612-0
Telefax: +49 351 2612-1099
E-Mail: lfulg@smul.sachsen.de
www.smul.sachsen.de/lfulg

Autoren:

Dr. Jochen Rascher, Dieter Escher, Joachim Fischer, Matthias Rascher
GEOmontan Gesellschaft für angewandte Geologie mbH Freiberg
Am St. Niclas Schacht 13, 09599 Freiberg
Telefon: + 49 3731 781-333; E-Mail: freiberg@geomontan.de

Dr. Friederike Darbinjan
Gea Saxonia Dr. Darbinjan & Partner GbR
Agricolastraße 24, 09599 Freiberg
Telefon: + 49 3731 20 0798; E-Mail: info@gea-saxonia.de

Dr. Nils Hoth
TU Bergakademie Freiberg, Institut für Bergbau und Spezialtiefbau
Gustav-Zeuner-Straße 1a, 09599 Freiberg
Telefon: +49 3731 781-333; E-Mail: Nils.Hoth@tu-freiberg.de

Prof. Dr. Norbert Volkmann
TU Bergakademie Freiberg, Institut für Geologie,
Gustav-Zeuner-Straße 12, 09599 Freiberg
Telefon: +49 3731 39-2067; E-Mail: Norbert.Volkmann@tu-freiberg.de

Dr. Gerda Standke
LfULG, Abteilung Geologie/Referat Geologische Kartierung, Geophysik

Redaktion:

Dr. Gerda Standke
LfULG, Abteilung Geologie/Referat Geologische Kartierung, Geophysik
Halsbrücker Straße 31a, 09599 Freiberg
Telefon: + 49 3731 294-1216
E-Mail: Gerda.Standke@smul.sachsen.de

Titel:

Ehemaliger Braunkohlentagebau Espenhain 1995: Unverritzte Böschung –
wassergefüllter Randschlauch – Schüttrippen der Innenkippe (Foto: LMBV)

Redaktionsschluss:

20.08.2013

ISSN:

1867-2868

Hinweis:

Die Broschüre steht nicht als Printmedium zur Verfügung, kann aber als PDF-
Datei unter <https://publikationen.sachsen.de/bdb/> heruntergeladen werden.

Verteilerhinweis

Diese Informationsschrift wird von der Sächsischen Staatsregierung im Rahmen ihrer verfassungsmäßigen Verpflichtung zur Information der Öffentlichkeit herausgegeben.

Sie darf weder von Parteien noch von deren Kandidaten oder Helfern im Zeitraum von sechs Monaten vor einer Wahl zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für alle Wahlen.

Missbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist auch die Weitergabe an Dritte zur Verwendung bei der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die vorliegende Druckschrift nicht so verwendet werden, dass dies als Parteinahme des Herausgebers zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte.

Diese Beschränkungen gelten unabhängig vom Vertriebsweg, also unabhängig davon, auf welchem Wege und in welcher Anzahl diese Informationsschrift dem Empfänger zugegangen ist. Erlaubt ist jedoch den Parteien, diese Informationsschrift zur Unterrichtung ihrer Mitglieder zu verwenden.