

FREIBERGER FORSCHUNGSHEFTE

C 187 Mineralogie-Lagerstättenlehre

1965

Helmut Tonndorf

**Beiträge zur Geochemie des randnahen Zechsteins
in den Mulden von Zeitz-Schmölln und Borna
unter besonderer Berücksichtigung
der Stratigraphie, Fazies und Paläogeographie**

FFH
C 187
b

XVI 1142 b

Bücherei
Bergakademie
Freiberg



TU BERGAKADEMIE FREIBERG



XV XVI1142.C187B b



FREIBERGER FORSCHUNGSHEFTE

Herausgegeben vom Rektor der Bergakademie Freiberg

C 187

Mineralogie-Lagerstättenlehre

**Beiträge zur Geochemie des randnahen Zechsteins
in den Mulden von Zeitz-Schmölln und Borna
unter besonderer Berücksichtigung
der Stratigraphie, Fazies und Paläogeographie**

Von

Helmut Tonndorf

Mit 50 Bildern, 24 Tabellen und 8 Anlagen



VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie · Leipzig 1965



XVI 1742

(C 187)

b

Manuskriptannahme: Bergakademie Freiberg, Arbeitsgruppe Publikationen

92 Freiberg, August-Bebel-Str. 5

Eingang des Manuskriptes: 6. 1. 1965

„Freiberger Forschungshefte“, Schriftenreihe für alle Gebiete der Montanwissenschaften. Herausgeber: Der Rektor der Bergakademie Freiberg, Prof. Dr.-Ing. habil. Joachim Wrana. — Verlag: VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, 7031 Leipzig 31, Karl-Heine-Str. 27 (Fernruf 444 41). — Die Freiberger Forschungshefte erscheinen in zwangloser Folge in den Reihen A, B, C und D. Ausführliches Verzeichnis aller lieferbaren Hefte von der Bergakademie Freiberg oder vom VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie. — Vertrieb: In der Deutschen Demokratischen Republik durch den Buchhandel; in der Deutschen Bundesrepublik und in Westberlin durch den Buchhandel (Auslieferung KUNST UND WISSEN, Erich Bieber, Stuttgart 8, Wilhelmstr. 3-6); in Österreich durch den Globus-Buchvertrieb, Wien I, Salzgries 16; im übrigen Ausland durch eine Importbuchhandlung, den Deutschen Buch-Export und -Import, GmbH, 701 Leipzig 1, Postschließfach 160, oder den Verlag. Gesamtherstellung: VEB Druckerei „Thomas Müntzer“ Bad Langensalza. — VLN 152-915/106/65. — Kartengenehmigung des Mdi der DDR Nr. 380/65 u. 954/65. — Printed in Germany. — Alle Rechte vorbehalten. — ES: Nr. 18 F 2 — EVP 24,40 MDN.

(6.005)

INHALT

1.	Vorwort	7
2.	Einführung	9
3.	Zusammenfassung der bisherigen Vorstellungen über den Zechstein zwischen Crimmitschau und Geithain	11
4.	Problem- und Aufgabenstellung für die vorliegende Arbeit	13
5.	Methodik der Arbeit	14
5.1.	Stratigraphisch-paläogeographisch-fazielle Analyse	14
5.2.	Geochemische Analysenmethodik	16
6.	Zur Stratigraphie und Paläogeographie des Zechsteins in den Mulden von Zeitz-Schmölln und Borna	21
6.1.	Der erste Sedimentationszyklus (Z1)	21
6.1.1.	Die Basalschichten	21
6.1.2.	Der Werradolomit (Ca1)	21
6.1.3.	Die Kontinentalfazies des Werradolomites (Proluvium)	23
6.1.4.	Die Regressionssedimente (Z1r) des ersten Sedimentationszyklus	24
6.2.	Der zweite Sedimentationszyklus (Z2)	25
6.2.1.	Der marin beeinflusste Horizont (2. graue Folge)	25
6.2.2.	Die kontinental beeinflussten Äquivalente der 2. grauen Folge	25
6.2.3.	Die Regressionssedimente (Z2r) des zweiten Sedimentationszyklus	26
6.3.	Der dritte Sedimentationszyklus (Z3)	26
6.3.1.	Die Basalschichten (T3)	26
6.3.2.	Der Plattendolomit (Ca3)	28
6.3.3.	Die Oberen Letten (zo ₃)	29
7.	Die wesentlichsten paläogeographischen Grundzüge des Zechsteins zwischen Crimmitschau und Geithain	30
8.	Zur Geochemie des Zechsteins in den Mulden von Zeitz-Schmölln und Borna	30
8.1.	Vorbemerkung	30
8.2.	Die Metallgehalte in den grauen, marin beeinflussten Horizonten des Z1, Z2 und Z3	31
8.2.1.	Die Basalsedimente des Zechstein 3 mit dem „Unteren Buntmetallhorizont“	31
8.2.1.1.	Die Gehalte des T3-Horizontes im Beckeninneren (Raum Finne-Unstrut- Südharz)	31

8.2.1.2.	Die Gehalte des T3-Horizontes („Sandsteinschiefer“ <i>E. Zimmermanns</i>) in Beckenrandnähe (Raum Gera)	32
8.2.1.3.	Die Gehalte des T3-Horizontes am Beckenrande (Raum Altenburg)	32
8.2.2.	Über die Verteilung der Buntmetalle in den Basalschichten längs der Uferzone zwischen Crimmitschau und Geithain	33
8.2.3.	Über regionale geochemische Faziesunterschiede in den Buchten von Crimmitschau und Frohburg-Geithain	41
8.2.4.	Die Metallgehalte in den Immersionssedimenten (z_{02}) der Leineserie (Z3) (Untere Zone des Plattendolomites)	47
8.2.5.	Die Regressionssedimente der Leineserie (z_{02}/z_{03}) mit dem „Oberen Buntmetallhorizont“	48
8.2.6.	Über vertikale geochemische Faziesunterschiede im Profil des „Oberen Buntmetallhorizontes“	49
8.3.	Die Metallgehalte in den grauen, marin beeinflussten Schichten des Zechstein 1 und Zechstein 2	54
8.3.1.	Die graue Serie des Zechstein 2	54
8.3.2.	Die graue Serie des Zechstein 1	56
8.4.	Die Metallgehalte in den rotbraun gefärbten, überwiegend kontinentalen Ablagerungen	58
8.5.	Das allgemeine geochemische Zechsteinprofil	59
9.	Kurze petrographische Beschreibung der Sandsteine, Dolomite und Schiefertone des Zechstein 3	60
9.1.	Die Sandsteine der alluvialen Schwemmkegel	60
9.2.	Die Dolomite aus dem Horizont Ca3 (Plattendolomit)	60
9.3.	Die Schiefertone des Unteren und Oberen Buntmetallhorizontes	61
10.	Über eine ähnliche Zechsteinfazies am Ostrande des Rheinischen Schiefergebirges	63
11.	Zusammenfassung der Ergebnisse	64
	Literatur	71
	Bilderteil	73
	Anlagen	

1. Vorwort

Die Auffindung von dispersverteilten Elementen in fossilen Sedimenten gehört zu den schwierigsten erkundungsgeologischen Aufgaben. Die vielen Faktoren, die zu lokalen Anreicherungen führen können, sind so heterogen, daß sie ohne Kenntnisse und Studien auf den Gebieten der Stratigraphie, Paläogeographie, der petrographischen und geochemischen Fazies sowie chemischer und physikochemischer Parameter, wie Löslichkeit, Redoxpotential und pH-Wert, nicht übersehen und für eine genetische Aussage wirksam gemacht werden können. Ein ausgezeichnetes Beispiel, wie eine solche komplexe geochemisch-fazielle Betrachtung und Untersuchung zum Erfolg führt, zeigt die Arbeit von Dr. Tonndorf. Aus ihr sind sowohl zahlreiche Hinweise für die praktische Erkundungsarbeit als auch wesentliche Impulse für die theoretische Durchdringung geochemischer Vorgänge im marin-sedimentären Bereich enthalten. Obwohl das fazielle Milieu der untersuchten randnahen Zechsteinhorizonte nicht dem des Kupferschiefers entspricht, drängen sich zahlreiche Anregungen und Analogien auf, die ein neues Durchdenken der Frage der Elementzufuhr und -fixierung lohnend erscheinen lassen.

Der Leitung des Industriezweiges Wismut sei auf diesem Wege für ihre großzügige Bereitschaft gedankt, die Ergebnisse dieser Arbeit einem großen Kreis von auf dem Gebiet der Erkundung und Untersuchung sedimentärer Lagerstätten arbeitenden Fachkollegen zugänglich zu machen.

Prof. Dr. H. J. Rösler

2. Einführung

Seit der Heraushebung des Varistischen Gebirges war Mitteleuropa Festland. Nach seiner allmählichen Einebnung im Oberkarbon und Rotliegenden und einer nachfolgenden epirogenen Absenkung der Erdkruste drang zu Beginn der Zechsteinzeit ein flaches Schelfmeer von Nordwesten her in Mitteleuropa ein. Die Überflutung war in Deutschland nicht vollständig. Zur Zeit der maximalen Ausdehnung des Meeres verlief die Küstenlinie längs dem Ostrande des Rheinischen Schiefergebirges in Süd-Südwestrichtung etwa bis Mannheim. Von da an bog sie nach Nordosten um und erstreckte sich über Würzburg, Bamberg, Hof zum Nordwestrande des Erzgebirges und schließlich weiter bis tief hinein nach Polen.

Die heute allgemein üblichen Grundvorstellungen über den damaligen Sedimentationsablauf zwischen Böhmischer und Rheinischer Masse gehen auf Untersuchungsergebnisse *R. Richters* zurück, die er in den Jahren 1941 und 1942 erzielte.

Danach vollzog sich die Ablagerung des Zechsteins in vier großen Zyklen. Sie begannen jeweils mit einer Einschwemmung von tonig-sandigem Material, setzten sich sofort mit der Ausscheidung chemischer Sedimente, wie Kalkstein, Dolomit und Anhydrit, und endeten schließlich nach der Abscheidung von Steinsalz- und Kaliflözen.

Während des ersten Zyklus (Z1) entstand die Werraserie. Ihre klastische Basis ist das Zechsteinkonglomerat (Z1 c) mit dem Kupferschiefer (T1). Darüber ordnen sich nacheinander der Zechsteinkalk (Ca1), der ältere Anhydrit (A1) und schließlich das älteste Steinsalz (Na1) mit den beiden Kaliflözen „Thüringen“ und „Hessen“ an. Der zweite Zyklus (Z2) führte zur Ausbildung der Staßfurtserie. Als ihr klastischer Fuß wird der Braunrote Salzton (T2) aufgefaßt. Die Serie setzt sich mit dem Hauptdolomit (Ca2) bzw. Stinkschiefer fort und reicht weiter über den Basalanhydrit (A2), das ältere Steinsalz (Na2) und das Kaliflöz „Staßfurt“ (K2) bis an die Basis des Grauen Salztones (T3).

Der dritte Zyklus (Z3) setzt mit dem Grauen Salzton (T3) ein und umfaßt Plattendolomit (Ca3), Hauptanhydrit (A3), das Jüngere Steinsalz (Na3) sowie die Kaliflöze „Ronnenberg“ und „Riedel“. Er endet unter dem Roten Salzton (T4), und dieser leitet die vierte und jüngste Salinarfolge ein, der der Pegmatitanhydrit (A4), das jüngste Steinsalz (Na4) und schwache Kalivorkommen angehören. Beide Zyklen (Leine- und Allerserie) faßte *G. Richter* (1941) zur Niedersachsenserie zusammen.

Der Sedimentationsraum für die vier Salinarfolgen war nicht einheitlich, sondern durch Schwellen und Tröge untergliedert, die ihre Lage allmählich änderten. Deshalb sind die Zyklen nicht überall vollständig und gleichartig entwickelt. Ihre salinaren Teile kamen z. B. immer nur im jeweiligen Muldentiefsten zur Ausbildung. Auf Schwellen und randlichen Flachwassergebieten setzten sich dagegen mächtige Karbonat- und Anhydritkomplexe ab. Auf diese Weise verzahnen sich nach *G. Richter* (1941) die Schichten seitlich im gleichen Sinne, wie sie sich vertikal überlagern. So herrscht im Beckeninnern die Fazies der Steinsalz- und Kaliflöze vor, während auf Schwellen innerhalb des Beckens und an dessen randlichen Bezirken die Karbonat- und Anhydritfazies in den Vordergrund tritt. Am äußersten Beckensaum, in Richtung zur Zechsteinküste, werden letztere allmählich durch ufernahe rotbunte Schiefertone, Mergel und Sandsteine ersetzt. Jenseits des marinen und marin-kontinentalen Übergangsbereiches wurden örtlich mächtige terrestrische, überwiegend konglomeratische Schuttmassen angehäuft.

Die beckenrandnahe Ausbildung ist zuerst am Ostrande des Rheinischen Schiefergebirges bekannt geworden, weshalb man sie auch als „Hessische“ Fazies bezeichnet. Einige Horizonte führen dort erhöhte Buntmetallgehalte. Zeitweilig wurden bergbauliche Gewinnungsarbeiten durchgeführt, wie z. B. am Stätebergflöz bei Frankenberg und den Kupferletten von Geismar.

In gleicher oder zumindest ähnlicher Fazies liegt der Zechstein in Südostthüringen und Sachsen vor. Er gelangte am unmittelbaren Nordwestrande der Böhmisches Masse zur Ablagerung und ist nicht mehr überall erhalten. Sein Vorhandensein oder Fehlen hängt hauptsächlich von der saxonischen Tektonik ab. Deren beherrschende Bauelemente in Südostthüringen und Sachsen sind nach *P. Engert* (1957) der Geraer Vorsprung und der Altenburger Sporn.

Auf ihnen wurde der Zechstein abgetragen, soweit eine Sedimentation dort stattgefunden hat. In den Einmuldungen dazwischen ist er erhalten geblieben. Es handelt sich um die zwischen dem Geraer und Altenburger Vorsprung gelegene Mulde von Zeitz-Schmölln (Nordwestausgang des Erzgebirgischen Beckens) und die Mulde von Frohburg-Borna an der Nordostflanke des Altenburger Sporns (Bild 1). Der Zechstein im Südosten beider Mulden, im Bereiche der geologischen Blätter Ronneburg, Meerane-Crimmitschau, Altenburg, Frohburg-Köhren, Rochlitz-Geithain und Lausick-Borna war Objekt der Untersuchungen, deren Ergebnisse im Rahmen vorliegender Arbeit dargelegt werden.

3. Zusammenfassung der bisherigen Vorstellungen über den Zechstein zwischen Crimmitschau und Geithain (Zeitz-Schmöllner Mulde, Borna-Frohburger Mulde)

Untersuchungen im Zechstein dieses Gebietes wurden wiederholt aufgenommen. Zu einer Beobachtung der Großzyklen kam es durch die geringe Zahl von Aufschlüssen zunächst nicht, wohl auch wegen fast vollständigen Fehlens salinärer

Ablagerungen, die im Beckeninnern die Abgrenzung der Serien ermöglichten. Deshalb diente die auf *K. Th. Liebe* zurückgehende und für den Geraer Raum aufgestellte Gliederung in Oberen (z_{03} , z_{02} , z_{01}), Mittleren (z_m) und Unteren Zechstein (z_{u2} , z_{u1}) als Vorbild.

Die ersten Bearbeitungen erfolgten durch *K. Th. Liebe*, *Br. Dammer* und *Th. Siegert* in den Jahren 1892 bis 1906. Sie führten zur richtigen stratigraphischen Einordnung der Oberen Letten (z_{03}) und des Plattendolomites (z_{02}). Im Liegenden traf man meist rotbraune, mehr oder weniger gut geschichtete, fein- bis mittelkörnige, zuweilen auch grobkörnige Sandsteine an. Deren Einstufung war bereits problematisch, denn sie paßten nicht mehr in den Rahmen des marinen Zechsteinprofils, wie es noch für die Gegend von Gera charakteristisch ist. Man faßte sie schließlich als „Stufe der dolomitischen Sandsteine“ zusammen und schrieb ihr oberstes Rotliegendalter zu. Auf den geologischen Karten 1 : 25 000 erscheinen sie heute noch unter der Bezeichnung „ ro_3 “. Unterer und mittlerer Zechstein, wie auch die Unteren Letten des Oberen Zechsteins sind nach dieser Vorstellung nicht zur Ablagerung gelangt.

Es schließen sich rotbraune, konglomeratische Sandsteine, die sogenannten „Kleinstückigen Konglomerate“ mit dem Symbol „ ro_2 “ an. In den folgenden, vorherrschend als Schieferletten ausgebildeten Schichten vermutete man die untersten Ablagerungen des Oberrotliegenden („ ro_1 “).

30 Jahre später stellte *A. Schuster* diese Gliederung in wesentlichen Punkten um. Das „ ro_1 “ rückte in das Unterrotliegende, da die Saalische Diskordanz, die Oberrotliegendes und Unterrotliegendes voneinander trennt, im Hangenden von „ ro_1 “ liegt. Die vor allem bei Crimmitschau gut zu beobachtenden, bis zu 20 m mächtigen tonigen Sandsteine und sandigen Schiefertone der obersten Partien von „ ro_3 “ wurden zum Oberen Zechstein gestellt und wegen ihrer Lage unter dem Plattendolomit als „Untere Letten“ (z_{01}) erkannt. Damit war die Angliederung an das westlich gelegene Geraer Oberzechsteinprofil vollzogen. Die „Dolomitischen Arkose-sandsteine“ im Liegenden von z_{01} stufte *A. Schuster* gleichfalls in den Zechstein ein und deutete sie richtig als terrestrische Fazies des Unteren und Mittleren Zechsteins am Rande des Erzgebirges, vergleichbar mit der grobklastischen Zechsteinfazies am Ostfuß der Rheinischen Masse. Das „Kleinstückige Konglomerat“ (ro_2) wurde nun zum Oberrotliegenden. Da eine Grenze zwischen letzterem und den hangenden „Dolomitischen Arkosesandsteinen“ nicht immer leicht zu ziehen ist, faßte *A. Schuster* die gesamte kontinentale Folge zwischen Saalischer Diskordanz und Unteren Letten auf dem Bergaer Sattel, in der Frohbürger Mulde und im Mügelnier Becken zum „Grenzkonglomerat“ (ro_1+z_{0g}) zusammen.

Man schiebt ihr eine Mächtigkeit von etwa 100 m zu und nimmt an, daß es sich um fluviatile Bildungen handelt. *V. Freyberg*, *E. Spengler* und *A. Schuster* vertraten die Auffassung, daß sie einer Schotterebene angehören, die sich während des Unteren und Mittleren Zechsteins an die Meeresküste anschloß, die man östlich und nördlich von Gera annahm. Den gleichen Autoren zufolge wurde die

Tabelle 1. Gliederung des Zechsteins im Südostteil der Zeitz-Schmöllner Mulde (Crimmitschau-Meerane-Altenburg) nach *Br. Dammer, Th. Siegert* und *A. Schuster*

Alte Gliederung (<i>Br. Dammer, Th. Siegert, 1906</i>)		Stratigraphische Neugliederung (<i>A. Schuster, 1938</i>)			
Unterer Buntsandstein (su)					
Oberer Zechstein	Obere Letten	zo ₃	zo ₃	Obere Letten	Oberer Zechstein
	Plattendolomit	zo ₂	zo ₂	Plattendolomit	
Oberrotliegendes	Dolomitische Sandsteine	ro ₃	zo ₁	Untere Letten	Unterer und Mittl. Zechstein
			zm + zu	Konglomeratische Arkosesandsteine	
	Kleinstückige Konglomerate	ro ₂	ro	Kleinstückige Konglomerate	Oberrotliegendes
Saalische Diskordanz					
	Vorherrschend Schieferletten	ro ₁	ru	Schieferletten	Lebacher Schichten

Ebene von einem Fluß durchquert, der, aus dem erzgebirgischen Hinterlande kommend, nördlich oder auch nordwestlich von Altenburg, zwischen Zeitz und Grotzsch, in das Meer mündete.

Neuen Auftrieb erhielten die Untersuchungen, nachdem sich die Aufschlußverhältnisse in der Zechsteinrestscholle auf dem Bergaer Sattel zu Beginn des vergangenen Jahrzehnts entscheidend verbessert hatten. Nun stellte sich heraus, daß der von *A. Schuster* als durchgehend terrestrisch angenommene Zechstein unter dem Plattendolomit zwischen Gauern und Sorge-Settendorf zwei graue Horizonte enthält, die, wie der Plattendolomit selbst, marine Überflutungen andeuten.

Für den bis 65 m mächtigen und diskordant auf altpaläozoischen Tonschiefern liegenden Zechstein von Culmitzsch stellte *E. Rockhausen* (1959) unter Verwendung der alten Geraer Drei-Gliederung (zo, zm, zu) nachstehende Schichtenfolge auf:

Unterer Buntsandstein, bis 22 m mächtig	Rötliche bis gelbbraune, z. T. auch helle, gebleichte Sande und Kiese, mit reichlich Kaolin und z. T. noch unzersetzten Feldspäten, besonders im Liegenden
Obere Rote Serie (zo ₃), bis 15 m mächtig	Rote bis rötlichgelbe, sandige, lettige Schiefertone, z. T. schwach verfestigte Sandsteine
Plattendolomit (zo ₂), bis 5 m mächtig	Graugelber, plattiger, klüftiger Dolomit. Im Hangenden bis 1 m mächtiger manganreicher Rückstandston
Obere Graue Serie (zo ₁), bis 8 m mächtig	Im Hangenden rotbraune Schiefertone und feinkörnige Sandsteine (etwa 6 m). An der Basis graue Schiefertone mit organischer Substanz und Dolomitkonkretionen (etwa 2 m)

Untere Rote Serie (zmo), bis 24 m mächtig	Dünnbankige, rötliche Sandsteine mit Schiefer-tonlagen (zmo ₃ ; bis 7 m) Dickbankiger feldspatführender, z. T. konglomeratischer Sandstein (Arkose) (zmo ₁ , bis 10 m) Wechselagerung rotbrauner Schiefertone mit Dolomitbänken (zmo ₂ , bis 7 m)
Untere Graue Serie (zmm), bis 9 m mächtig	Wechselagerung von hellen, sandigen, z. T. dunklen Schiefertonen mit hellen, karbonatischen Sandsteinen und Dolomiten
Basalkonglomerat (zmu), bis 9 m mächtig	Grüngraues Konglomerat
Phycodenserie	Graugrüne, phyllitische Tonschiefer

Von 1957 bis 1962 wurde die Erforschung des Zechsteins von Südostthüringen und Sachsen durch *H. Ullrich* fortgeführt. Er gelangte zu einer neuen, wesentlich verfeinerten Gliederung der Culmitscher Schichtenfolge, die er erstmals mit dem marinen Zechsteinprofil von Gera parallelisierte. Dabei ergab sich, „daß in Culmitsch ein faziell stark abgewandeltes, jedoch recht vollständiges Profil vorliegt, dessen Aufbau drei deutliche Sedimentationszyklen zeigt, die dem Zechstein 1, Zechstein 2 und Zechstein 3 zugeordnet werden können“ (*H. Ullrich*, 1962, S. 182). Dieses für den randnahen Bereich als klassisch zu bezeichnende Culmitscher Profil mit überwiegend kontinentaler Sedimentation und drei kurzfristigen marinen Überflutungen war in den Aufschlüssen, die im fraglichen Gebiet zwischen Crimmitschau und Geithain bisher zugänglich waren, in dieser typischen Ausbildung nicht nachweisbar. Der Zechstein erscheint hier weniger stark gegliedert, eine Parallelisierung mit Culmitsch und Gera gelang nur andeutungsweise. Die Ursachen dafür vermutete *H. Ullrich* weniger in den mangelhaften Aufschlußverhältnissen als in den paläogeographischen Bedingungen am Beckenrande, denn „im Bereiche des vorwiegend kontinentalen Zechsteins können Stufengrenzen (z. B. Untere Rote Folge/Culmitscher Sandstein) und selbst Zyklen rasch an Schärfe verlieren“.

Den neuesten Stand der Zechsteinstratigraphie von Südostthüringen und Sachsen enthält Bild 2.

4. Problem- und Aufgabenstellung für die vorliegende Arbeit

Während der vergangenen vier Jahre hat sich die Zahl der Aufschlüsse in den Südostteilen der Mulden von Zeitz-Schmölln und Borna durch geologische Erkundungsarbeiten wesentlich erhöht. Über den Zechstein zwischen Crimmitschau und Geithain wurde neues, umfangreiches Material zusammengetragen. Damit ergaben sich weit günstigere Voraussetzungen für eine Erkundung der Besonderheiten dieses alten Küstenabschnittes als bisher.

Marin-kontinentale Übergangszonen sind unter bestimmten Bedingungen geeignet für syndimentäre Metallanreicherungen. Erinnerung sei an den Kupferreichtum des Zechsteins am Ostrande des Rheinischen Schiefergebirges (Stätebergflöz, Geismarer Kupferletten) und die durch *E. Rockhausen* (1958) bekannt gewordenen

Metallanreicherungen bei Culmitzsch und Sorge-Settendorf. Es war daher von Interesse, auch aus dem Raum Altenburg etwas darüber zu erfahren, zumal zur Geochemie dieses Gebietes keinerlei Angaben vorlagen. Eventuelle überdurchschnittliche Konzentrationen aufzufinden, sie abzugrenzen, graphisch darzustellen und geochemisch zu deuten wurde somit als Hauptziel der Untersuchungen festgelegt.

Metallführung, Fazies und Paläogeographie muß man in einem bestimmten Zusammenhang sehen. Darauf verweisen u. a. *G. Gillitzer* (1936), *E. Kautzsch* (1942) und *O. W. Oelsner* (1958) in ihren Abhandlungen über den Kupferschiefer, ebenso *G. Ludwig* (1961) in seiner Arbeit über die Uranführung der Grauen Hardegseiner Schiefertone aus dem Mittleren Buntsandstein.

Davon ausgehend, konnte sich die Aufgabenstellung nicht darauf beschränken, lediglich eine Großserie von Proben aus allen zugänglichen Aufschlußpunkten zu nehmen und sie auf ihren Metallinhalt zu prüfen. Zusätzlich bedurfte es einer großräumigen lithologisch-faziellen Bearbeitung, die das Ziel verfolgte, einige jener paläogeographischen Elemente festzustellen, die für ein Meer-Festland-Übergangsmilieu charakteristisch sind und Buntmetallkonzentrationen bedingen können. Gedacht ist vor allem an Buchten, Lagunen und deltaartige Schwemmkegel in der unmittelbaren Uferzone.

Wiederholtes Wandern der Uferlinie über das Untersuchungsgebiet (Crimmitschau-Geithain) hinweg führte zu einem Übereinander mehrerer Küstenablagerungen im Vertikalprofil. Das hängt mit dem durch Transgressionen und Regressionen verursachten zyklischen Aufbau des Zechsteins im regionalen Maßstabe zusammen. Es bedeutet eine nicht geringe Komplizierung der geochemischen Problematik und machte auch stratigraphische Betrachtungen unumgänglich. Diese hatten vor allem auf die Ersetzung der alten Dreiteilung des Zechsteins durch eine moderne Gliederung abzielen, die den Sedimentationszyklen Rechnung trägt. Damit wurde zugleich einer für Ostthüringen und Sachsen allgemein erhobenen Forderung entsprochen (*J. Jungwirth*, 1958; *H. Gärtner*, 1958) und die Ergebnisse *H. Ullrichs* (1962) aus dem Raum Culmitzsch erweitert und ergänzt.

Vorliegende Arbeit mag als Bereicherung und Vertiefung der Erkenntnisse *A. Schusters* und *H. Ullrichs* aufgefaßt werden. Um Wiederholungen zu vermeiden, wird von einer nochmaligen Beschreibung der bereits seit langem bekannten Aufschlüsse von Langenreinsdorf, Crimmitschau, Meerane, Frohburg und Geithain abgesehen (siehe dazu die ausführlichen Darstellungen *A. Schusters*, 1933, und *H. Ullrichs*, 1962).

5. Methodik der Arbeit

5.1. Stratigraphisch-paläogeographisch-fazielle Analyse

Die im ersten Hauptabschnitt dargelegten Resultate ergaben sich nach einer überwiegend auf äußeren Kennzeichen beruhenden Beschreibung aller zur Verfügung stehenden Bohrkerne. Es wurde sorgfältig zwischen transgressiven und regressiven

H2

J

Deutung
d. hier
Aufschlüsse

Ablagerungen unterschieden. Dazu eignete sich neben texturellen und strukturellen Merkmalen am besten die Farbtönung des Materials. Sieht man einmal von sekundären Oxydationen ab, so entstehen rotbraun gefärbte Sedimente vorzugsweise unter Festlandseinfluß bei aridem und semiaridem Klima. Ein Beispiel dafür ist die weitverbreitete Fazies der Red-Beds. Im Zechsteinprofil des Untersuchungsgebietes spielen rotbraune Sandsteine, Schiefertone und Konglomerate eine nicht zu übersehende Rolle. Sie sind horizontbeständig und nehmen in Richtung zur Erosionsbasis an Mächtigkeit und Grobkörnigkeit kontinuierlich zu. Beckenwärts vergesellschaften sie sich mit Anhydrit. Es handelt sich offenbar um eine Fazies, die in Zeiten der Regression auf dem Festlande oder dessen unmittelbarer Nähe zur Ablagerung kam. Die zwischengeschalteten grauen Sandstein-, Schiefertone- und Dolomithorizonte deuten dagegen marinen Einfluß während transgressiver Perioden an.

In diesem Sinne zerfällt der Zechstein im Südosten der Mulden von Zeitz-Schmölln und Borna in jene drei scharf voneinander trennbaren Sedimentationseinheiten, die aus dem Raum Culmitzsch bereits bekannt sind und dort den drei Großzyklen aus dem Beckeninnern gleichgestellt wurden. Für letzteres steht der volle Beweis wegen fehlender Aufschlüsse in den angrenzenden, überwiegend salinaren Faziesgebieten noch aus. Bei mündlichen Aussprachen stellten sich Bedenken zu dieser Gleichstellung ein (*Seidel*). Trotzdem wurde eine Parallelisierung mit dem Zechstein 1 (Werraserie), Zechstein 2 (Staßfurtserie) und Zechstein 3 (Niedersachsenserie) auch in dieser Arbeit vorgenommen, da es durch die scharfe Dreigliederung des Profils von Culmitzsch bis Borna erforderlich war.

Die faziell-paläogeographischen Karten entstanden nach lithologischen Betrachtungen unter besonderer Berücksichtigung fazieller Übergänge. Es wurde auf solche Kennzeichen wie Kreuz-, Schräg- und Feinschichtung sowie Farbe, Steinsalzpseudomorphosen, Rippelmarken, Trockenrisse, inkohlter Pflanzenhäcksel u. a. geachtet. Eine systematische Verfolgung dieser Merkmale innerhalb der zu untersuchenden Horizonte von Aufschluß zu Aufschluß gestattete die Abgrenzung folgender fünf Faziesgebiete:

a) Kontinentalfazies (Proluvium)

Rotbraune, meist schlecht geschichtete Konglomerate, Sandsteine und Schiefertone. Sie umfassen im wesentlichen das Proluvium im Sinne von *L. B. Buchin* (S. 354).

b) Kontinental-marine Übergangsfazies

ba) Schwemmkegelfazies (Alluvium-Delta)

Grau gefärbte, oft schräg geschichtete Sandsteine, Konglomerate und Schiefertone mit inkohltem Pflanzenhäcksel

bb) Lagunärfazies

Feingeschichtete, sandige Schiefertone mit dünnen Dolomit- und Sandsteinzwischenlagen

bc) Sonstige ufernahe Ablagerungen, die nicht weiter unterschieden wurden.

Es sind grau gefärbte, überwiegend horizontal geschichtete, sandige Schiefertone.

c) Marine Ablagerungen
Dolomite mit Schiefertonzwischenlagen

5.2. Geochemische Analysenmethodik

Das zu bearbeitende Material wurde aus Bohrkernen sächsischer Bergbaubetriebe und des VEB Geologische Erkundung – West, ebenso aus Kalischächten (Roßleben, Wangen, Bleicherode) und Steinbrüchen (Caaschwitz, Wünschendorf, Langenberg, Geithain, Crimmitschau u. a.) entnommen. Mit einer Probe (je nach Zustand der Bohrkerns bzw. des anstehenden Gesteins als Schlitz- oder Pickprobe gewonnen) wurde in der Regel niemals mehr als eine makroskopisch erkennbare Sedimentationseinheit erfaßt. Die Masse betrug nach Möglichkeit nicht weniger als ein Kilogramm.

Die Bestimmung der Buntmetalle erfolgte spektralanalytisch. Nur so gelangte man relativ schnell in den Besitz eines umfangreichen Zahlenmaterials, das zur Klärung der geochemischen Problematik eine unbedingte Voraussetzung war. Das Analysenverfahren selbst wurde der Zielstellung der Arbeit und auch den gegebenen Labormöglichkeiten angepaßt. Danach stand nicht die Forderung nach absolut genauen Werten an erster Stelle, wohl aber nach deren Vergleichbarkeit. Das schloß die Anregung des Probematerials in seiner ursprünglichen, unveränderten Zusammensetzung aus, denn im Falle eines derart vereinfachten Analysenverfahrens würde wegen des wechselnden Chemismus der Proben der relative Fehler so stark anwachsen, daß vorhandene, jedoch nur geringe regionale und vertikale Abweichungen verwischt würden. Da eine Lösungsspektralanalyse durch zeitraubende Vorbereitungsarbeiten nicht in Betracht kam, war eine chemische Vorbehandlung des in der Hauptsache sandig-tonigen Materials mit dem Ziel einer weitgehenden chemischen Angleichung unumgänglich. Dies wurde durch die Entfernung der Kieselsäure aus allen Proben und deren nachfolgende Umwandlung in ein Gemisch von Oxiden und Sulfaten angestrebt. Die Spektren der so vorbehandelten Substanzen zeichnen sich, ganz im Gegensatz zum unveränderten Ausgangsmaterial, durch ein einheitliches Aussehen und einen hellen Untergrund aus. Sie sind, nicht zuletzt auch durch das Fehlen der lästigen Siliziumlinien, gut überschaubar und garantieren, konstant bleibende Aufnahmebedingungen vorausgesetzt, vergleichbare Analysenwerte.

Die chemische Vorbehandlung bewirkte eine Anreicherung der Buntmetalle um das 1,5- bis 2,5fache. Leider sind die Anreicherungsfaktoren durch nicht immer zu vermeidendes Verspritzen der Substanz auf dem Sandbad und im Muffelofen mit einem Fehler behaftet. Die sich auf das kieselsäurefreie Gemisch beziehenden Gehalte ließen jedoch bereits eine befriedigende Abhängigkeit von Fazies und Paläogeographie erkennen. Um diese Beziehungen durch das Einschleppen zusätzlicher unkontrollierbarer Fehler nicht zu verzerren, wurde die Umrechnung auf die Ausgangsproben unterlassen, dafür aber die Werte mit dem zugehörigen Anreicherungsfaktor versehen. Dies erschien um so gerechtfertigter, als der absolute Fehler der Methode, die in ihren Grundzügen schon mehrfach am Institut für

Mineralogie und Lagerstättenlehre der Bergakademie Freiberg angewandt wurde, noch bei 100 % liegt. Der Korrekturbetrag würde in den meisten Fällen noch innerhalb der Grenzen des Gesamtfehlers liegen, so daß die in der Arbeit angegebenen Zahlen auf das Ausgangsmaterial bezogen werden können. Im einzelnen wurde folgender Analysengang unverändert eingehalten:

Zerkleinerung:

Die Zerkleinerung der Proben bis zur Analysenfeinheit erfolgte mittels Backenbrecher und Walzenmühle.

Vorbereitung zur Spektralanalyse:

Zur Entfernung der Kieselsäure wurden je 2 g Probesubstanz in Platintiegeln mit je 30 cm³ Flußsäure (pa) versetzt und danach auf dem Sandbade eingedampft. Die Zugabe einiger Tropfen konzentrierter Schwefelsäure (pa!) führte zur Austreibung der Flußsäure und verhinderte die Bildung von Fluoriden. Die nun kieselsäurefreie Sulfatsubstanz wurde 90 Minuten bei 750 °C im Muffelofen geglüht. Dabei werden die Elemente Arsen, Zinn und Germanium flüchtig, Aluminium, Eisen und eine Reihe von Schwermetallen gehen in die Oxidform über. Der Anreicherungs-faktor schwankte im allgemeinen zwischen 1,5 und 2,5, je nach ursprünglichem Kieselsäure- und Karbonatgehalt. Er ergab sich aus dem Verhältnis der Einwaage vor der Behandlung der Proben zur Auswaage nach dem Glühen.

Ausführung der spektralanalytischen Aufnahmen:

Die nun in einer analysierbaren Form vorliegenden Substanzen wurden in einem Achatmörser zwecks weiterer Homogenisierung und besserer Anregbarkeit der Metalle mit RWB-Kohlepulver im Volumenverhältnis 1 : 1 vermischt, darauf in die Bohrung von Kohleelektroden gefüllt und als Pulverproben im Wechselstrom-dauerbogen des Abreißbogenerzeugers „ABR 3“ von Carl Zeiss Jena zur spektralen Anregung gebracht. Der benutzte Spektralapparat war ein Q 24 des VEB Carl Zeiss Jena. Folgende Aufnahmebedingungen erwiesen sich als am günstigsten:

Lichtbogen, Wechselstrom: 7 A, Belichtung: 90 s; Blende: 3,2; Spalt: 0,01 mm; Spektralplatten: Blau-extra-hart von VEB ORWO, Wolfen.

Die Ermittlung der Gehalte:

Mit den zu untersuchenden Proben zusammen wurden auf jeder Platte Vergleichs-proben aufgenommen, welche die zu bestimmenden Metalle in bekannten, genau abgestuften Mengen enthielten. Mit Hilfe dieser Vergleichsmischungen, einer Schwärzungsskala und aufgestellter Durchschnitts- und Spezial Eichkurven wurden die Metallgehalte der Proben ermittelt. Um wirklich vorhandene Unterschiede nicht zu verwischen, empfahl es sich, die Werte so in die Arbeit zu übernehmen, wie sie sich aus den Eichkurven ergaben, ohne eine starke Aufrundung vorzunehmen.

Die Herstellung der Vergleichssubstanz:

Als Vergleichssubstanz diente, dem Grundchemismus der vorbehandelten Proben entsprechend, ein Gemisch aus Al_2O_3 , Na_2SO_4 , CaSO_4 , MgSO_4 und Fe_2O_3 . Dessen quantitative Zusammensetzung entsprach zunächst einem Schiefertone mit 57,1 % $\text{SiO}_2 + \text{TiO}_2$, 19,04 % Al_2O_3 , 8,4 % Fe_2O_3 , 1,05 % CaO , 2,69 % MgO , 0,17 % Na_2O , 5,36 % K_2O und 3,5 % Glühverlust vor der chemischen Behandlung und 39,7 % Al_2O_3 , 19,7 % K_2SO_4 , 17,8 % Fe_2O_3 , 16,8 % MgSO_4 , 5,3 % CaSO_4 und 0,8 % Na_2SO_4 danach. Der Vergleich des Spektrums einer solchen Grundsubstanz mit denen einer Reihe vorbehandelter Proben aus dem Untersuchungsgebiet befriedigte jedoch noch nicht. Die Eisenlinien erschienen zu stark, die des Calciums in den meisten Fällen zu schwach. Es bedurfte daher einer Korrektur an der Grundsubstanz, die schließlich eine Zusammensetzung erhielt, wie sie in der folgenden Tabelle 2 angegeben ist. Den Chemismus einer Vergleichssubstanz für nicht vorbehandelte Dolomitproben enthält dieselbe Tabelle.

Tabelle 2. Die chemische Zusammensetzung der Vergleichssubstanzen

Komponente	Schieferton— Schiefermergel [%]	Dolomit [%]
SiO_2	0,5	2,0
Fe_2O_3	6,0	—
Al_2O_3	30,1	—
MgSO_4	23,6	34,0 MgCO_3
CaSO_4	26,8	64,0 CaCO_3
K_2SO_4	11,9	—
Na_2SO_4	1,1	—
Summe	100,0	100,0

Beiden Grundmischungen wurden die Metalle Mn, Ti, Pb, Zn, Cu, Co, Ni, Cr, Sr, Br, Mo, Ga, Ag, Be und Bi in abgestuften Gehalten zugegeben (Tabelle 3). Zur Auswertung gelangten folgende Spektrallinien (Tabelle 4).

Es wurde in fast allen Zechsteinproben aus dem Gebiete zwischen Crimmitschau und Geithain Blei, Zink, Kupfer, Kobalt, Nickel, Chrom, Gallium, Arsen, Vanadium, Beryllium, Zirkon, Barium, Strontium, Mangan und Titan nachgewiesen. Nach einer Reihe von Voruntersuchungen stellte es sich heraus, daß von diesen vor allem Blei, Zink, Kupfer, Kobalt, Silber und Molybdän empfindlich auf lithologisch-fazielle Veränderungen reagieren. Da, abgesehen von Zink, auch ihre Nachweisgrenzen niedrig liegen (0,3 bis 0,1 g/t), wurden nur sie in den engeren Kreis der geochemischen Untersuchungen einbezogen. Zink, dessen Analysenlinien erst bei einer Konzentration von 100 g/t an sichtbar sind, war nur im Falle entsprechend starker Anreicherungen erfaßbar.

Tabelle 3. a) abgestufte Gehalte [%] in der Vergleichssubstanz für chemisch vorbehandelte Schiefertone und Mergel

Elemente	1	2	3	4	5	6	7
Mn, Ti, Pb, Zn, Cu, Co, Ni	1,0	0,3	0,1	0,03	0,01	0,003	0,001
Ba, Sr, V	0,3	0,1	0,03	0,01	0,003	0,001	0,0003
Cr, Mo	0,1	0,03	0,01	0,003	0,001	0,0003	0,0001
Ga, Ag, Be, Bi	0,03	0,01	0,003	0,001	0,0003	0,0001	0,00003

b) Abgestufte Gehalte [%] in der Vergleichssubstanz für Dolomite

Elemente	1	2	3	4	5	6	7
Fe, Mn, Ti Cu, Pb, Zn	1,0	0,3	0,1	0,03	0,01	0,003	0,001
Ba, Sr	0,3	0,1	0,03	0,01	0,003	0,001	0,0003
Co, Ni, V, Ga, Mo, Cr, Be, Ag	0,1	0,03	0,01	0,003	0,001	0,0003	0,0001

Tabelle 4

Element	Spektrallinien [10^{-10} m]
Pb	2833,07
Cu	3273,96 und 2824,37
Co	3453,00
Ni	3050,82
Cr	4254,35 und 2835,63
V	3118,38
Mo	3170,35
Ag	3280,68
Ba	2335,22
Sr	4607,33
Mn	2933,06
Ti	2521,25
Be	2348,61
Ga	2943,64

Die Tabellen 10 und 13 enthalten Zahlen, die sich auf den Gesamthorizont am gegebenen Aufschlußpunkt beziehen. Sie kamen durch die Verrechnung mehrerer Einzelwerte nach dem Beispiel der Tabelle 4a zustande:

Tabelle 4a. Profil durch den Horizont „T₃“ am Aufschlußpunkt 57

Proben-Nr.	[cm]	Pb	[g/t·cm]	Co	[g/t·cm]	Mo	[g/t·cm]	Ag	[g/t·cm]	Cu	[g/t·cm]	Zn	[g/t·cm]	AF	AF cm
146/61	150	100	15000	23	3450	1,2	180	1,7	255	65	9750	100	15000	1,6	240
147/61	200	60	12000	13	2600	1,0	200	0,8	160	270	54000	100	20000	1,5	300
148/61	150	160	24000	85	12750	4,0	600	5,0	750	65	9750	100	15000	1,9	285
149/61	100	150	15000	19	1900	3,2	320	1,7	170	46	4600	100	10000	1,5	150
150/61	100	250	25000	19	1900	1,8	180	0,6	60	160	16000	320	32000	2,0	200
Σ g/t·cm	700		91000		22600		1480		1394		94100		92000		1175
$\frac{\Sigma \text{ g/t·cm}}{\Sigma \text{ cm}}$			130		32		21		2,0		134		131		1,7

AF Anreicherungsfaktor

Das arithmetische Mittel dieser Werte von allen Aufschlußpunkten ergab, auf der Grundlage von Tabelle 10, den durchschnittlichen Metallgehalt [g/t] des Horizontes an Blei, Zink, Kobalt, Molybdän, Silber und Kupfer. Er wurde, getrennt für verschiedene Gebiete, in den Tabellen 5 und 9 angegeben.

6. Zur Stratigraphie und Paläogeographie des Zechsteins in den Mulden von Zeitz-Schmölln und Borna

6.1. Der erste Sedimentationszyklus (Z 1)

6.1.1. Die Basalschichten

Bei Schmölln und Borna lagern diskordant über altpaläozoischen Tonschiefern, unterrotliegenden Porphyren und Porphyrtuffen graue Ablagerungen, die im Liegenden gewöhnlich grob- und im Hangenden feinklastisch ausgebildet sind. Es ist eine Folge von Konglomeraten, Sandsteinen und Schiefertonen, deren Mächtigkeit zwischen 0 und 10 m schwankt, durchschnittlich aber etwa 4 m beträgt. Nur wenig weiter ost- und südostwärts verkümmert sie rasch. In der Bornaer Mulde grenzt sie an Porphyre des Unterrotliegenden, östlich und südöstlich von Schmölln verzahnt sie sich mit rotbraun gefärbten und geröllführenden Sandsteinen einer terrestrischen Fazies (Bild 3). Es handelt sich offenbar um die küstennahen Basalsedimente des Zechsteinmeeres, das allmählich auf das sächsische Festland übergriff. Im Raume Culmitzsch kam es etwa gleichzeitig zur Ablagerung des „Basalkonglomerates“ und der „Unteren Grauen Folge“ (Bild 2). Vermutlich sind diese Transgressionsprodukte nur wenig jünger als das Zechsteinkonglomerat und der Kupferschiefer.

6.1.2. Der Werradolomit (Ca1)

Im Hangenden schließt sich ein Dolomithorizont an (Bild 3). Er besteht aus 5 bis 8 cm starken Bänken, die durch dünne Tonfilme, nicht selten auch durch cm-starke graue Schiefertonlagen voneinander getrennt sind. Vorzugsweise in den oberen Zonen wird der Dolomit dickbankig, strukturlos und oolithisch. Fast immer ist er grau bis lichtgrau, nur selten dunkelgrau gefärbt und wohl nirgends im Untersuchungsgebiete bituminös. Es ist der Hauptdolomit des Mittleren Zechsteins nach der alten Geraer Dreigliederung, in seinem oberen Teil die Dolomitzone Ca1d *H. Ullrichs* (1962) von Culmitzsch (Bild 2) und schließlich, im Sinne der Zyklenaufgliederung, der Werradolomit (Ca1) aus der Zechsteinserie. Seine Mächtigkeit erreicht westlich Löbichau (AP 49), an einem der am weitesten nach dem Beckeninnern vorgeschobenen Aufschlußpunkte der Zeitz-Schmöllner Mulde, 25 m. In östlicher und südöstlicher Richtung keilt er ziemlich plötzlich aus; schon nordöstlich von Weißbach (P 36) ist er nur noch 10 m mächtig, und in Übereinstimmung

mit allen zur Verfügung stehenden Aufschlußpunkten verzahnt er sich auf der Linie Mannichswalde–Thonhausen–Schmöll–Illsitz mit rotbraun gefärbten terrestrischen Sandsteinen, Schiefertonen und Konglomeraten, den „dolomitischen Arkose-sandsteinen“ A. Schusters (Bild 3).

Jenseits des Altenburger Vorsprunges, ungefähr 3,5 km nordwestlich von Borna (P 143), wird der Werradolomit 22 m mächtig. Bereits unmittelbar bei Borna selbst (P 155) liegt nur noch eine graue, sandig-tonige Übergangsfazies mit wenigen Dolomitlagen vor (siehe auch Bohrung Borna, Bild 2). Im Gegensatz zum Zeitz–Schmöllner Raum fehlen in der Bornaer Mulde jenseits der Uferzone kontinentale Ablagerungen. Die Küste bestand hier aus unterrotliegenden Porphyren.

Nach Archivunterlagen des VEB Geologische Erkundung – West (Jena) traf eine Tiefbohrung aus dem Jahre 1905 unmittelbar bei Meuselwitz keinen Werradolomit an. Die Unteren Letten mit Anhydrit, roten Mergeln und roten Sandsteinen liegen diskordant auf Altpaläozoikum. Das läßt auf eine Heraushebung des Altenburger Sporns schon zu Beginn des Zechsteins schließen, was mit der Auffassung E. Wettigs (1928, S. 16) übereinstimmt, wonach der „Kohren–Altenburger Quersattel“ (Altenburger Vorsprung) eine jungpaläozoische Anlage besitzt.

Nimmt man also, der marin-kontinentalen Faziesgrenze folgend, die Küstenzone auf der Linie Mannichswalde–Illsitz–Borna an, so ist mit einer weiten nordwestgerichteten Ausbuchtung des Festlandes zwischen Illsitz und Borna zu rechnen.

Nicht überall ist der Werradolomit in der oben beschriebenen Normalausbildung vorhanden. In der Nähe der Ortschaften Weißbach, Lohma, Löbichau und Schlössig (Zeitz–Schmöllner Mulde) werden seine unteren und mittleren Partien durch graue Konglomerate, Sandsteine und Schiefertone ersetzt, die sich vertikal und horizontal miteinander verzahnen. Häufig beobachtet man Schrägschichtung und inkohlten Pflanzenhäcksel (Bild 4). Die grobsandigen und konglomeratischen Lagen sind wenig geschichtet wie auch mangelhaft klassiert und sortiert. Alles deutet auf Fluvialfazies hin. Die Art ihrer regionalen Ausdehnung entspricht einem deltaartigen Schwemmkegel, der sich von Süden her zungenförmig in den Werradolomit hineinschiebt. Seine nordwestliche Begrenzung ist durch fehlende Aufschlüsse noch nicht hinreichend gesichert. Um ihn herum zieht sich ein Saum stark tonig-sandigen Dolomites. Die mehr oder weniger überall vorkommenden Schiefertonlagen häufen sich hier besonders auffällig. Einen ähnlichen Schwemmkegel läßt ein allerdings recht lückenhaftes Material etwa östlich von Borna vermuten. Sollte er zu den grauen Sandsteinen Verbindung haben, die an der entsprechenden Stelle des Profils am Aufschlußpunkte 69 (Bild 5) vorkommen, ist seine Fortsetzung nach Südosten, längs der Nordostflanke des Altenburger Sporns sehr wahrscheinlich.

Einen zusammenfassenden Überblick über die faziell-paläogeographische Situation vermittelt Bild 5. Ein Vergleich mit der paläogeographischen Karte des Zechsteins von Sachsen und Thüringen aus dem Jahre 1949 führt zu der Erkenntnis, daß die marin beeinflussten Ablagerungen des Zechsteins 1 um vieles weiter nach Osten reichen, als man früher vermutete. Damit wird die stratigraphische Stellung der „Plattendolomite“ bei Vollmershain und weiter im Süden zwischen Mannichswalde

und Thonhausen fragwürdig. Dies um so mehr, als nur wenige Kilometer von Vollmershain entfernt, unmittelbar am Abbruch des Geraer Sporns, 25 m mächtiger Werradolomit auftritt, und östlich von Thonhausen ein stratigraphisch höher gelegener und mit allen Merkmalen des Plattendolomites versehener Horizont zutage ausstreicht. Handelt es sich zwischen Vollmershain und Thonhausen, wie das stark zu vermuten ist, um den Werradolomit (Ca1), so gehören die hangenden, rotbraun gefärbten und geröllführenden Sandsteine bei Thonhausen und Mannichswalde nicht, wie bisher angegeben, zum Buntsandstein, sondern zum Zechstein. Es sind Vertreter der „Unteren Serie“ von Culmitzsch und des „Culmitzscher Sandsteins“ im Sinne von Bild 2.

Wenig glaubhaft erscheint auch die stratigraphische Auslegung des Bohrprofils von Buchheim durch *H. Ullrich* (Bild 2). Es ist fast ausgeschlossen, daß an einem so weit südöstlich gelegenen Punkt der Bornaer Mulde noch Werradolomit vorkommt. Nirgends in diesem Raum, auch nicht in der nächsten Nähe der Bohrung Buchheim, wurde an den dort zahlreich entstandenen Aufschlußpunkten ein derartiges vollständiges Zechsteinprofil festgestellt. Da die Bohrung Buchheim an der Halleschen Störung niedergebracht wurde, mag zweimaliges Auftreten des Plattendolomites zu dieser Auffassung geführt haben.

6.1.3. Die Kontinentalfazies des Werradolomites (Proluvium)

Östlich der Dolomitverzahnungszone schließt sich im Bereiche der Zeitz-Schmöllner Mulde die erwähnte Kontinentalfazies des Zechsteins 1 an. Es sind einheitlich rotbraun gefärbte klastische Ablagerungen mit Merkmalen des Proluviums im Sinne von *L. Ruchin* (1958, S. 354). Charakteristisch ist z. B. die wechselhafte Ausbildung dieser Serie. Plötzliche laterale und vertikale Übergänge von vorherrschend konglomeratischen zu feinkörnigen Sandsteinen und sogar Schiefer-tonen sind häufig. Besonders laterale Übergänge verraten einen geringen Reife-grad, d. h., sie bestehen aus einem Gemisch von Mineral- und Gesteinsdetritus mit unterschiedlicher chemischer und physikalischer Widerstandskraft gegenüber Verwitterung und Transport. Solch ungenügender Sortierung entspricht die schlechte Klassierung der Gemengteile. Toniges Material und feinsandige Partikel sind in jedem beliebigen Verhältnis mit grobkörnigem Sand- und Konglomerat-schutt vermischt. Daraus ergibt sich die ungeschichtete, massige Struktur der Ge-steine.

Einem erhöhten Feldspatgehalt und örtlich stark dolomitischem Bindemittel ver-danken sie in der Literatur den Namen „Dolomitische Akosensandsteine“. *E. Speng-ler* (1949) vermutete deren Ablagerung auf einer Schotterebene, die sich östlich an die Meeresküste anschloß. Man vermag diese Schichten kaum vom Rotliegen-den zu trennen, in das sie ohne Schichtlücke allmählich übergehen. Die Mächtigkeit des gesamten kontinentalen Schichtenstoßes zwischen Unterrotliegendem und den

Unteren Letten (zo_1) schwankt bei Crimmitschau zwischen 50 und 80 m. In Richtung nach Westen und Nordwesten verringert sie sich rasch, und im Bereich der Aufschlußpunkte 49, 48 und 115 (Bild 3) geht sie auf 0 m zurück.

Die sich anschließende Schichtenfolge zwischen Werradolomit und Plattendolomit entspricht den Unteren Letten von Gera. Für letztere nimmt *H. Ulrich* (1962), unter Berücksichtigung alter und neuer Erkundungsbohrungen des VEB Geologische Erkundung – West, folgende Farbgliederung vom Hangenden zum Liegenden an:

Zone f	grau	Mit feinkörnigen Sandsteinen in den obersten 1 bis 2 m („Sandsteinschiefer“ <i>E. Zimmermanns</i>)
Zone e	rot	
Zone d	grau-rot	Gips (Gipsmergel, Mergel, Schiefertone), kann primär oder durch Auslaugung fehlen
Zone d	grau	Mit Kalkkonkretionen, Schwefelkies, Toneisensteinknollen, Pflanzenresten, Glyptomorphosen nach Steinsalz, Schaumspat (Gipsschmitzen), tieferer Teil schwach sandig (?)
Zone b	rot	
Zone a	grau	Mächtigkeit nur unbedeutend (1 bis 2 m)

Die Gesamtmächtigkeit des aus \pm sandigen Schiefertonen bestehenden zo_1 beträgt ohne Gips (ohne Zone d) etwa 19 bis 25 m.

Diese Einteilung wird deshalb der weiteren stratigraphischen Beschreibung vorangestellt, weil sie überraschend gut mit der Farbgliederung zwischen Werradolomit und Plattendolomit im Untersuchungsgebiet übereinstimmt.

6.1.4. Die Regressionssedimente des ersten Sedimentationszyklus (Z 1 r)

Das Hangende des Werradolomits besteht aus den gleichen Schichten, die ihn jenseits der Uferzone im Raum Schmölln vertreten. Es ist ein rotbraun gefärbter Horizont, dessen proluvial-kontinentale Merkmale sich in Richtung nach Osten und Südosten mehren. Über der marin-kontinentalen Verzahnungszone wird die Stufe 14 m mächtig, in der Mulde von Borna erreicht sie 21 m. Unter ständiger Abnahme der Schichtendicke gehen diese jüngeren Vertreter der „Dolomitischen Arkosesandsteine“ nach Nordwesten zu in fein- bis mittelkörniges Material über. Noch weiter im Westen, wie z. B. bei Löbichau (Zeitz-Schmöllner Mulde) und nordwestlich von Borna, besteht der Horizont nur noch aus 5 bis 10 m mächtigen rotbraun gefärbten sandigen Schiefertonen. Diese münden vermutlich in die Zone b der Unteren Letten (zo_1) von Gera ein (Bild 6). Lokal kommen im Untersuchungsraum zwischen Werradolomit und der roten Serie 1 bis 2 m mächtige graue Schiefertone vor (z. B. P. 49, 148, in Bild 3). Sie wären folgerichtig der Zone a von Gera gleichzusetzen (Bild 6).

Die rote Fazies verweist auf das Ende des ersten Sedimentationszyklus. Das Meer hatte sich unter Zurücklassung kleiner, allmählich verlandender Restseen, in denen die oben erwähnten grauen Schiefertone zur Ablagerung kamen, weitgehend aus

Sachsen und Südostthüringen zurückgezogen. Ein kontinentaler Schuttfächer (die rote Serie!) stieß nun von Osten und Südosten her weit nach Nordwesten gegen das Beckeninnere vor, offenbar zur gleichen Zeit, da sich im Zentrum des austrocknenden Beckens die Anhydrite und Salze des Zechsteins 1 abschieden. Deshalb, und nicht zuletzt in Übereinstimmung mit der Weiträumigkeit dieser Regression, die sich auch bei Culmitzsch in Gestalt der „Unteren Roten Folge“ und des „Culmitzscher Sandsteins“ zu erkennen gibt (Bild 2), empfiehlt es sich, die Grenze zwischen Z 1 und Z 2 in die obersten Lagen dieser Schichten zu legen.

6.2. Der zweite Sedimentationszyklus (Z 2)

6.2.1. Der marin beeinflusste Horizont (2. graue Folge)

Über dem Proluvium von Z 1 macht sich erneut schroffer Fazieswechsel bemerkbar. Graue feinkörnige Sandsteine und Schiefertone, dünne Dolomitlagen und ein Anhydrit Horizont deuten auf einen zweiten Sedimentationszyklus. Das Meer war wieder in den Untersuchungsraum eingedrungen.

An den am weitesten beckenwärts gelegenen Aufschlußpunkten der Zeitz-Schmöllner Mulde wird diese 2. graue Folge des Zechsteinprofils 16 m mächtig. Weiter im Osten, z. B. bei Crimmitschau, sind es nur noch etwa 5 m. Östlich der Pleiße verzahnt sie sich mit rotbraun gefärbten kontinental-beeinflußten Schiefertönen und Sandsteinen. Letzte marine Ausläufer sind die durch *H. Ullrich* (1962) beschriebenen carneol- und geröllführenden Dolomite bei Crimmitschau.

Entsprechende Verhältnisse liegen in der Bornaer Mulde vor. Ungefähr 3,5 km nordwestlich von Borna ist die Serie 32 m mächtig, 1,2 km südlich von Borna sind es nur noch 15 m, und östlich der Linie Frauendorf-Elbisbach ist sie in marin-beeinflußter Fazies nicht mehr nachweisbar.

Die Ursache der starken Mächtigkeitszunahme in Richtung zum Beckeninneren ist ein Anhydritlager, das sich etwa von der Linie Schmölln-Borna an in die oberen Partien der grauen Serie schiebt und bereits 1 km nordöstlich von Löbichau 16 m und 3,5 km nordwestlich von Borna 29 m Schichtendicke erreicht.

Vermutlich kehren die grauen feinklastischen Schichten in der Zone c und die Anhydrite in der Zone d der Unteren Letten (zo₁) von Gera wieder (Bild 6). Im Raume Culmitzsch entspricht der gesamten Serie die „Obere Graue Folge“ (Bild 2).

Einen zusammenfassenden Überblick über die faziell-paläogeographische Situation im Untersuchungsraum gibt die schematische Karte, Bild 7.

6.2.2. Die kontinental beeinflussten Äquivalente der 2. grauen Folge

Östlich der in Bild 7 als „Uferlinie“ markierten marin-kontinentalen Verzahnungszone finden sich rotbraune sandige Schiefertone und tonige, fein- bis mittelkörnige Sandsteine. Man beobachtet sie zwischen Crimmitschau und Gablenz, ebenso west-

lich von Meerane. Es handelt sich wahrscheinlich um die gleichen „rotbraunen, wenig grau oder gelbgrau-streifigen und fleckigen, dünn-schichtigen, feinkörnigen Sandsteine“, die *H. Ullrich* (1962) aus einem Aufschluß westlich des Gehöftes Frankenhausen Nr. 211 beschreibt. Es ist denkbar, daß sie in kleinen, flachen Seen auf einer dem Meere vorgelagerten Küstenebene sedimentiert wurden. Die grobklastische proluviale Kontinentalfazies schloß sich wohl östlich dieser Zone an und ist der Abtragung anheimgefallen.

6.2.3. Die Regressionssedimente des zweiten Sedimentationszyklus (Z2r)

Das Zechsteinprofil setzt sich im Hangenden der 2. grauen Folge mit rotbraun gefärbten Schiefertonen, feinkörnigen und geröllführenden Sandsteinen fort (Bild 3 und 6). Wie jene aus dem Zechstein 1 besitzen sie im Osten und Südosten der Schmöllner Mulde eindeutig proluvial-kontinentale Züge. Bis etwa zur Linie Thonhausen-Lehdorf sind es überwiegend grobkörnige und geröllführende Sandsteine, die noch westlich von Crimmitschau Mächtigkeiten von 8 bis 16 m erreichen und faziell noch den „Dolomitischen Arkosesandsteinen“ *A. Schusters* angehören. Westlich dieser Linie gehen sie unter Mächtigkeitsverringerung in eine Sandstein-Schiefertonwechsellagerung und schließlich in mehr oder weniger gut geschichtete sandige Schiefertone über. In der Bornaer Mulde schwankt die Mächtigkeit zwischen 1 und 6 m.

In diesem rotbraun gefärbten Horizont gibt sich der 2. proluvial-terrestrische Schuttfächer zu erkennen. Im Culmitscher Profil entspricht ihm der untere Teil der „Oberen Roten Folge“ (Bild 2). Wie jener aus der regressiven Phase des 1. Sedimentationszyklus hat sich auch dieser vom östlichen Festlande aus weit nach Westen und Nordwesten vorgeschoben. Er beendet den 2. Sedimentationszyklus. In der Zone e der Unteren Letten von Gera sind seine letzten Ausläufer zu vermuten (Bild 6). Die Steinsalz- und Kalilager des Z2 stellen möglicherweise das zugehörige Beckenäquivalent dar.

6.3. Der dritte Sedimentationszyklus (Z 3)

6.3.1. Die Basalschichten (T3)

Das Hangende von Z2r besteht aus grauen Schiefertonen und Sandsteinen, deren Mächtigkeit im allgemeinen zwischen 2,0 und 8,0 m schwankt (Bild 3). Sie sind das Produkt einer dritten Überflutung und zeitliche Äquivalente des Grauen Salztones (T3) bzw. der „Grauen Sandsteinschiefer“ *E. Zimmermanns* (Zone f der Unteren Letten, Bild 6). Im Hauptteil vorliegender Arbeit werden sie einer regionalen geochemischen Betrachtung unterzogen. Daher ist ein Einblick in die paläogeographische Situation zur Zeit ihrer Ablagerung von besonderem Nutzen.

Aus einer Reihe nachfolgend angeführter Beobachtungen und Literaturhinweise geht hervor, daß sich der Untersuchungsraum erneut im Bereiche einer marin-kontinentalen Übergangszone befand:

- a) Einer Beschreibung *Br. Dammers* zufolge lagern bei Altenburg – das ist das Gebiet des Altenburger Vorsprunges – über rotliegenden Porphyren „Untere Letten“, die nur wenige Dezimeter mächtig sind und „aus dunkelroten, rotbraunen und gelblich grünen, meist sandigen Schieferletten bestehen“. Eine Bohrung bei Kosma südwestlich von Altenburg (P 145) durchteufte gleichfalls nur rotbraun gefärbte Schichten.
- b) An Aufschlußpunkten, die 2 bis 3 km weiter südlich liegen (AP 119, 60, 65), ist der T3-Horizont in seiner normalen grauen Ausbildung vorhanden und wird bis 8 m mächtig. Noch mehr nach Süden zu (P 51, 41) verkümmert er und verzahnt sich mit rotbraunen Schiefertonen und Sandsteinen.
- c) Im Culmitscher Profil sind keine grau gefärbten T3-Schichten bekannt. Sie werden dort durch die Obere Rote Folge vertreten (Bild 2). Vorherrschende Rotfärbung ist auch längs dem Nordostabbruch des Geraer Sporns nachweisbar, z. B. an den Aufschlußpunkten 115, 114 und 101.
- d) Im Osten des Geraer Sporns, z. B. an den Aufschlußpunkten 6, 19, 26, 137 und 138, liegt der T3-Horizont wieder in der grauen, eindeutig marin beeinflussten Fazies vor.
- e) Im Südosten der Mulden von Zeitz-Schmölln und Borna verzahnt er sich längs der Linie, die durch die Aufschlußpunkte 146, 137, 41, 51, 123, 131, 130, 97 und 128 gegeben ist, mit rotbraun gefärbten Sandsteinen und Schiefertonen.

Der Verlauf der Verzahnungsgrenze zwischen rotbraunen kontinental beeinflussten und grauen marinen Ablagerungen gestattet die Annahme je einer Bucht bei Crimmitschau, Lehdorf und Frohburg-Geithain. Die Sporne von Gera und Altenburg waren dagegen zumindest zeitweilige, nach Nordwesten vorspringende Landzungen. Die marin-kontinentale Verzahnungszone wurde in Bild 9 als Uferlinie dargestellt. Daß es sich im Falle der Buchten bis zu einem gewissen Grade auch um lagunäre Gebilde gehandelt haben mag, bestätigt Bild 8. Es hat die Auswertung aller neu geschaffenen Aufschlußpunkte zur Grundlage.

Der T3-Horizont besteht im marin beeinflussten Faziesbereich aus sandigen Schiefertonen mit nur wenigen Dolomitzwischenlagen. An verschiedenen Stellen, hauptsächlich aber in der Nähe der Buchten, häufen sich fein- bis mittelkörnige, nicht selten schräg-, örtlich auch schlecht geschichtete und geröllführende Sandsteinlagen. Auf Schichtflächen liegt reichlich inkohlter Pflanzenhäcksel. Offenbar hat man es ähnlich wie beim Werradolomit des Z1 mit deltaähnlichen Schwemmkegeln zu tun, mit einer „Alluvialfazies“, die sich in Zeiten verstärkter Süßwasserzufuhr von den Buchten aus in die marin-litorale Zone ausdehnte. Der größte Schwemmkegel dieser Art nimmt weite Flächen zwischen Frohburg und der Halleschen Störung ein (Bild 9). Er wurde sehr gut aufgeschlossen und läßt sich daher in drei Teile gliedern: Ein innerer, landwärts gelegener Kern besteht aus

grobkörnigen geröllführenden Sandsteinen (z. B. P.83, 125, 126 und 127 in Bild 9). Nach außen schließt sich eine Zone mit überwiegend feinkörnigem Material an, das schließlich in eine sandig-tonige Wechsellagerung übergeht, in der Schräg- und Feinschichtung sowie Wellenrippeln und Steinsalzglyptomorphosen zu beobachten sind. Nachzutragen bleibt, daß die grobkörnige Fazies auch unter der Sohle des Plattendolomitbruches des VEB Kalk-Ziegel-Sandwerke Geithain ausgebildet ist. Da aber über ihre Ausdehnung nichts bekannt war, wurde von einer Darstellung auf Bild 9 abgesehen. Die Mitteilung *H. Ullrichs* (1962), wonach sie durch Erkundungsbohrungen der Jahre 1954 und 1952 auch im Vorfelde des Bruches nachgewiesen wurde, läßt auf eine Verbindung mit dem nördlich gelegenen Schwemmkegel schließen.

Ein zweiter, etwas kleinerer Schwemmkegel ist an die Teilbucht von Lehndorf im Süden des Altenburger Sporns gebunden. Hier werden nur fein- bis mittelkörnige, des öfteren schräg geschichtete Sandsteine mit Schiefertonglagen festgestellt. Der grobkörnige geröllführende Anteil scheint zu fehlen, möglicherweise befand er sich weiter im Osten, im Bereiche des heute abgetragenen Zechsteins.

Eine dritte Fläche mit „Alluvialfazies“ macht sich in der Teilbucht von Crimmitschau bemerkbar. Wieder sind es fein- und grobkörnige, oft schräg geschichtete Sandsteine mit Schiefertonzwischenlagen und inkohlttem Pflanzenhäcksel. Auffallend ist die sich auf engem Raum vollziehende Verzahnung der grobkörnigen, auf den Südteil der Bucht beschränkten Ablagerungen mit der feinklastischen „Lagunärfazies“ (Übergangsfazies) im Norden (Bild 9).

6.3.2. Der Plattendolomit (Ca3)

Der 3 bis 10 m mächtige Plattendolomit bedeckt gleichförmig den T3-Horizont und greift über die roten Sandsteine und Schiefertone der alten Uferlinie nach Osten zu hinweg (Bild 3). Das Meer war demnach tiefer in das Hinterland eingedrungen, und der Untersuchungsraum lag etwas weiter vom Festlande entfernt. Da bei Crimmitschau, Meerane und Geithain noch Mächtigkeiten zwischen 4 und 6 m zu beobachten sind, nahm *E. Fulda* (1935) den nunmehrigen Küstenverlauf jenseits der Zechsteinabtragungsgrenze an, etwa auf der Linie Rochlitz–Penig–Glauchau–Werdau.

Wie es der Name ausdrückt, setzt sich der Plattendolomit aus cm- bis dm-starken Platten und Bänken zusammen, die häufig durch dünne, bis 4 cm starke Schiefertonglagen getrennt sind. Aus mehreren Steinbrüchen, die bis auf wenige Ausnahmen (Dolomitbruch Geithain und Frohburg) heute verwachsen sind, wurde er durch *Th. Siegert* und *Br. Dammer* (1901–1905) eingehend beschrieben (Geologische Erläuterungen der Blätter Meerane–Crimmitschau, Altenburg und Frohburg). Eine spätere Bearbeitung erfolgte durch *A. Schuster* (1933), *P. Krüger* (1958 u. 1962), *W. D. Oehme* (1959) und *H. Ullrich* (1962). Letzterer unterschied zwei Bereiche vorherrschender Ausbildung: im Norden (Lehndorf, Zehma, Sömmeritz, Frohburg) dünnplattige bis dünnbankige und weiter im Süden (Meerane, Langenreinsdorf, Neukirchen) dünn- bis dickbankige Dolomite. Das entspricht den Beobach-

tungen am neuesten Bohrkerndmaterial. Doch empfiehlt es sich, über diese Einteilung hinaus zwischen einer lichtgrauen bitumenarmen und einer dunklen, kohlenstofffreien Fazies (Stinkstein!) zu unterscheiden. Erstere hält sich vorzugsweise an einen küstenwärts gelegenen Streifen im Osten mit den Ortschaften Neukirchen, Langenreinsdorf, Crimmitschau, Meerane und Geithain. Letztere schließt sich beckenwärts an und ist vor allem für die Gebiete um Hopfgarten, Frohburg, Lehdorf, Schmölln und Thonhausen charakteristisch. Zwischen Hopfgarten, Elsbach und Niederfrankenhain ist sie im deutlichsten ausgeprägt, entwickelt sich aber allmählich vom Liegenden in Richtung zum Hangenden. So sind die unteren Lagen des Plattendolomites noch lichtgrau und dickbankig, die mittleren Partien dagegen schon mehr dünnplattig, dunkelfarbig und bituminös. Es ist von Bedeutung, daß diese Merkmale nach dem Hangenden zu immer auffälliger in Erscheinung treten. Gleichzeitig häufen sich graue und dunkelgraue sandige Schiefer-tonzwischenlagen. Nur wenige Meter über dem Plattendolomit stellt sich der kontinentale Buntsandstein ein. Unter Berücksichtigung dieser Tatsache lassen diese vertikalen Faziesunterschiede im Plattendolomit von Hopfgarten auf die einsetzende Regression schließen.

6.3.3. Die Oberen Letten (z₀₃)

Zwischen Plattendolomit und den ersten grobkörnigen und geröllführenden Sandsteinen des Unteren Buntsandsteins liegen 8 bis 12 m mächtige Schiefertone und Sandsteine: die Oberen Letten (z₀₃). In den westlich des Untersuchungsgebietes gelegenen Steinbrüchen von Wünschendorf, Gera, Langenberg und Caaschwitz wie auch im Osten bei Crimmitschau und Geithain sind es vorherrschend rotbraun gefärbte, sandige Schiefertone und feinkörnige Sandsteine. So auch im Süden, wo *Th. Liebe* (1878, S. 17) zwischen Mannichswalde und Wettelswalde über dem Plattendolomit eine „kaum fußhohe Folge dunkelroter Letten“ feststellte. Dagegen wird bei Thonhausen, Lehdorf, Hopfgarten, Schmölln und Borna der untere Teil dieser im allgemeinen rotbraun gefärbten Fazies durch einen 1 bis 4 m mächtigen grauen Schieferthonhorizont vertreten, in den feinkörnige Sandsteinlagen, vereinzelt auch dünne Dolomitbänkchen eingelagert sind. Im verlassenen Steinbruch am Ziegelteich bei Frohburg ist er aufgeschlossen.

Es ist anzunehmen, daß diese ringsum durch rotbraun gefärbte Schichten vertretene graue Folge im Hangenden des Plattendolomites in einem See zur Ablagerung gelangte, der nach dem Abzug des Zechsteinmeeres zurückgeblieben war. Ähnliche Verhältnisse wurden für die regressive Phase des ersten Zechsteinzyklus angenommen.

Die Fläche des „Restsees“, auf Bild 10 dargestellt, ist wegen ungenügender Zahl von Aufschlüssen noch nicht vollständig abgegrenzt worden.

Die graue Wechsellagerung geht allmählich nach dem Hangenden zu in die rotbraun gefärbten mehr oder weniger sandigen Schiefertone des z₀₃ über. *E. Spengler* (1949) deutet sie als Äquivalente der Allerserie (Z4). Man kann sie aber auch, wie die rotbraun gefärbten Ablagerungen des ersten und zweiten Zechsteinzyklus

(Zr1r u. Z2r), als Regressionsedimente des Leinezyklus (Z3) auffassen. Es ist jedoch möglich, daß die Oberen Letten die Allerserie in einer stark verkümmerten und abgewandelten Form mit umfassen.

Über den Oberen Letten (z03) lagerten sich die rotbraunen konglomeratischen Sandsteine des Unteren Buntsandsteins ab. Damit war die Zechsteinsedimentation zwischen Crimmitschau und Geithain beendet.

7. Die wesentlichsten paläogeographischen Grundzüge des Zechsteins zwischen Crimmitschau und Geithain

Wiederholter Wechsel zwischen Festland und Meer, verursacht durch mehrmaliges Vor- und Rückwärtsverlagern der Uferlinie, prägte das Bild des Zechsteins im Untersuchungsgebiet. Letzteres lag in Zeiten der Regression im Bereich ausgedehnter proluvialer Schuttkegel („Dolomitische Arkosesandsteine“ A. Schusters), die sich vom östlichen und südöstlichen Festland aus weit nach dem Beckeninnern vorschoben. In transgressiven Perioden war es unmittelbare Küstenzone. Da sich dieser Wechsel im dreimaligen Rhythmus vollzog, sind im Vertikalprofil insgesamt drei Uferlinien feststellbar. Die älteste (Werradolomit Ca1), im Profil zu unterst gelegen, verläuft im Westen etwa auf der Linie Borna-Schmölln, die jüngste (T3-Horizont) zog sich weiter östlich entlang, ungefähr von Crimmitschau über Lehn-dorf nach Geithain. Das entspricht einem immer weiteren Vordringen des Meeres nach Osten und Südosten von Zyklus zu Zyklus. Der jeweilige marin-kontinentale Übergangsbereich war nicht einheitlich, sondern gliederte sich auf in Buchten, Landzungen und Lagunen.

8. Zur Geochemie des Zechsteins in den Mulden von Zeitz-Schmölln und Borna

8.1. Vorbemerkung

Abgesehen vom Kupferschiefer, der seit langem einer ständigen geochemischen Bearbeitung unterzogen wird, sind auch in anderen Ablagerungen des Zechsteins schon mehrfach Spurenelemente bestimmt worden. Diese Untersuchungen konzentrierten sich hauptsächlich auf die salinaren Gesteine und die Salztone des Zechsteinbeckeninnern; wie z. B. die Spurenelementsbestimmungen von W. Biltz und E. Marcus (1911–1912); desgleichen Arbeiten, die später von Göttingen aus durchgeführt wurden, weiterhin A. G. Hermanns (1958) Untersuchungen an Kalisalz-lagerstätten des Südhazes und das umfangreiche geochemische Zahlenmaterial R. Langbeins (1963) über die Salztone des Südhaz-Kalireviers.

Über den Spurenmechanismus des vorwiegend klastischen und randnah abgelagerten Zechsteins von Südostthüringen und Sachsen liegen Angaben von P. Krüger (1958), E. Rockhausen (1959, unveröff.) und H. Ullrich (1962) vor. Sie beziehen

sich aber nur auf wenige Probenahmestellen und lassen daher keine Betrachtungen zur regionalen Verteilung der Buntmetalle zu. Im engeren Arbeitsgebiet selbst wurden bisher keinerlei Untersuchungen dieser Art durchgeführt.

Die neue Aufgabe verlangte die regionale Darstellung der Metallgehalte; nur so werden eventuelle Beziehungen zu der im vorigen Abschnitt behandelten Paläogeographie erkennbar. Da man hierzu möglichst viele Proben benötigt, gestattete die zur Verfügung stehende Zeit keine Bearbeitung aller drei Zechsteinserien im gleichen Umfang. Die Wahl des Schwerpunktes fiel auf die Leineserie, denn sie wurde im Untersuchungsgebiet am weitgehendsten aufgeschlossen. In der beckenwärts gelegenen Gegend von Wünschendorf, Gera, Langenberg und Bad Köstritz ist sie in einer Reihe von Steinbrüchen ebenfalls zugänglich. Im Beckeninnern wurde sie vielerorts durch Bohrungen und Kalischächte freigelegt, so daß außer einer Darstellung der Metallverteilung längs der Uferzone auch ein Vergleich mit den Gehalten im Beckeninnern möglich ist.

8.2. Die Metallgehalte in den grauen, marin beeinflussten Horizonten des Z 1, Z 2 und Z 3

8.2.1. Die Basalsedimente des Zechstein 3 mit dem „Unteren Buntmetallhorizont“

8.2.1.1. Die Gehalte des T3-Horizontes im Beckeninnern (Raum Finne-Unstrut-Südharz)

Von zwei auf der Finne niedergebrachten Bohrungen wie aus den Kalischächten Bleicherode, Wangen und Roßleben wurden 40 T3-Proben entnommen. Die Ergebnisse der Spektralanalysen sind in der Tabelle 6 zusammengefaßt. Alle Tone enthielten Blei, Kobalt und Kupfer in nachweisbaren Mengen. Die Bleigehalte bewegen sich zwischen 5 und 85 g/t. Die Werte für Kobalt schwanken zwischen 10 und 120 g/t, bei Kupfer zwischen 10 und 250 g/t. Molybdän und Silber hatten im Rahmen der Methode eine Nachweisgrenze von 0,1 bis 0,5 g/t. Ersteres wurde in 19, letzteres in 6 von 40 Proben festgestellt. Im Grauen Salzton der beiden Finnebohrungen („Hohengosserstedt“ und „Borgau 2“) steigt die Konzentration von Blei, Kobalt, Molybdän und Kupfer vom Liegenden in Richtung zum Hangenden an, so daß die Maximalwerte im allgemeinen unmittelbar unter dem Plattendolomit auftreten. Für den Gesamthorizont des Grauen Salztones ergibt sich aus den Zahlen der Tabelle 6 ein Gehalt von 20 g Blei, 35 g Kobalt, 2,5 g Molybdän, 0,4 g Silber und 40 g Kupfer je Tonne Gestein. Das durchschnittliche Mengenverhältnis von Kupfer zu Blei beträgt etwa 2 : 1. *Langbeins* Gehalte für den Grauen Salzton des Südharzreviers bewegen sich etwa innerhalb der gleichen Grenzen, sieht man von den tonig-karbonatischen Äquivalenten des Plattendolomites (der Magnesitbank und magnesitischen Wechselfolge) ab, in denen er maximal 1000 bis 3000 g/t Kupfer fand. Legt man sein Zahlenmaterial zugrunde, ergeben sich für das Liegende der magnesitischen Wechselfolge im Durchschnitt 7 g/t Blei, 25 g/t Kobalt und 30 g/t Kupfer. Molybdän und Silber sind nur

in Spuren vorhanden. Das Durchschnittsverhältnis von Kupfer zu Blei liegt bei 4 : 1. *K. B. Krauskopf* (1955) gibt für Schiefertone im Mittel 20 g Blei, 10 bis 50 g Kobalt, 1 g Molybdän, 0,1 g Silber und 30 bis 150 g Kupfer je Tonne Gestein an. Das entspricht ungefähr den Konzentrationen im Grauen Salzton des Beckeninnern.

8.2.1.2. Die Gehalte des T3-Horizontes („Sandsteinschiefer“ *E. Zimmermanns*) in Beckenrandnähe (Raum Gera)

In der Umgebung von Gera wurden anhand von 29 Proben aus den Plattendolomitbrüchen von Langenberg, Wünschendorf und Caaschwitz die „Sandsteinschiefer“ *E. Zimmermanns* (Zone f der Unteren Letten nach *H. Ullrich*, 1962) untersucht. Leider sind sie dort durch den Steinbruchbetrieb nicht vollständig aufgeschlossen worden. Die Analysenergebnisse enthält die Tabelle 7. Eine Erhöhung der Metallgehalte ist erkennbar. Die Maximalwerte für Blei liegen bei 250 g je Tonne gegenüber 85 g/t im Beckeninnern. Kupfer verhält sich entsprechend wie 380 g/t zu 250 g/t. Das Mittel für den Horizont ergibt sich aus den Zahlen der Tabelle 7 zu 80 g Blei, 115 g Kupfer, 40 g Kobalt, 3 g Molybdän und 0,4 g Silber je Tonne. Das entspricht einer Bleianreicherung um das Vierfache und für Kupfer um das Dreifache gegenüber den zeitlich äquivalenten Ablagerungen im Finne-Unstrut-Gebiet. Kobalt und Molybdän sind nur leicht erhöht, Silber zeigt sich unverändert. Das Kupfer-Blei-Verhältnis schwankt um 1,4 : 1. Auffällig ist auch hier die ansteigende Tendenz der Gehalte vom Liegenden zum Hangenden. So sind in den Dolomitbrüchen von Caaschwitz und Langenberg die Höchstkonzentrationen an die Nähe der Plattendolomitunterkante gebunden. Vergleiche dieser Art zum Grauen Salzton sind allerdings nur bedingt zulässig, da über die tieferen Lagen der Geraer Salztonäquivalente keine Angaben vorliegen.

P. Krüger (1958) gibt für die Unteren Letten der Steinbrüche Langenberg, Lemnitz und Wünschendorf 20 bis 30 g/t Blei und 4 bis 20 g/t Kupfer an. Diese Zahlen sind verhältnismäßig niedrig, doch stützen sie sich nur auf 9 untersuchte Proben und ergaben sich durch ein anderes Analysenverfahren. Das mag die Abweichung erklären.

8.2.1.3. Die Gehalte des T3-Horizontes am Beckenrande (Raum Altenburg)

Zur Untersuchung der Salztonäquivalente zwischen Lehdorf und Altenburg (Bucht von Lehdorf) standen 80 Proben aus 13 Aufschlußpunkten zur Verfügung. Die Analysenergebnisse sind in Tabelle 8 zusammengestellt. Danach enthält hier der „Graue Salzton“ Lagen mit Bleiwerten von maximal 1000 bis 3000 g/t. Kupfer erreicht stellenweise 3000 und 4000 g/t. Silber wurde in fast allen Proben gefunden, ebenso Zink, das erst ab 100 g/t mit Sicherheit nachweisbar ist. Nach den Zahlen der Tabelle 8 führt der Horizont im Durchschnitt 210 g/t Blei, 250 g/t Kupfer, 250 g/t Zink, 22 g/t Kobalt, 2 g/t Silber und 2 g/t Molybdän. Das bedeutet

gegenüber dem Beckeninnern eine Anreicherung um das Zehnfache für Blei, das Sechsfache für Kupfer und das Fünffache für Silber. Das durchschnittliche Kupfer-Blei-Verhältnis ist 1,2 : 1. Kobalt und Molybdän sind ziemlich unverändert. An anderen Stellen der Uferlinie wurden jedoch Partien mit 40 g/t Molybdän und 250 g/t Kobalt festgestellt. Diese relativ hohen Konzentrationen an Cu, Pb, Zn, Ag, Co und Mo gestatten die Einführung des Begriffes „Unterer Metallhorizont“ der Leineserie.

Eine Zusammenfassung der Zahlenangaben dieses Abschnittes enthält die Tabelle 5. Die Veränderung der Metallführung vom Beckeninnern aus in Richtung zur Altenburger Zechsteinküste veranschaulicht Bild 11. Die Gehalte der Proben selbst sind in den Tabellen 6, 7 und 8 angegeben.

Tabelle 5

Durchschnittsgehalte [g/t]	Pb	Co	Mo	Ag	Cu	Zn	AF
in Schiefertönen nach <i>K. B. Krauskopf</i> (1955)	20	10 bis 50	1	0,1	30 bis 150	50 bis 300	
im Grauen Salzton (T3) zwischen magnesit. Wech- selfolge und Deckstein- salz (nach <i>R. Langbein</i> , 1963)	7	25	Sp	Sp	30	n. b.	
im Grauen Salzton (T3) nach Tabelle 6	20	35	2,5	0,4	40	n. b.	1,6
in den „Sandsteinschie- fern“ bei Gera, nach Tabelle 7	80	40	3,1	0,4	115	n. b.	2,2
im T3-Horizont bei Alten- burg, nach Tabelle 8	210	22	2,0	2,0	250	250	1,9

AF Anreicherungsfaktor; Sp Spuren; n. b. nicht bestimmt

8.2.2. Über die Verteilung der Buntmetalle in den Basal- schichten längs der Uferzone zwischen Crimmitschau und Geithain

J. Walther, Pompeckj und *B. Freyberg* äußerten sich als erste maßgeblich zur Frage der Herkunft der Metalle im Unteren Zechstein (Kupferschiefer). Sie nahmen deren Zufuhr vom Festlande an, gleichzeitig mit dem Verwitterungsmaterial. Nach *B. Freyberg* (1924) sind diese Elemente „genau wie die übrigen Baustoffe der Schichtenfolge von den Landgebieten eingespült, sie sind wie jene Baustoffe Verwitterungsprodukte dieser Gesteine“. Aus dieser bis heute allgemein anerkannten

Auffassung ergibt sich die Schlußfolgerung *G. Gillitzers* (1936), wonach die Randgebiete des Kupferschiefermeeres als die höffigsten Zonen für eine syngenetische Erzanreicherung zu betrachten sind.

Es spricht nichts gegen die Übertragung solcher Gedankengänge auf den Oberen Zechstein. Daß die Bedingungen für eine Metallanreicherung in Ufernähe auch dort gegeben waren, zeigen die Kupferletten von Geismar am Ostrande des Rheini-

Tabelle 6. Gehalte [g/t] im Grauen Salzton (T3), Raum Finne

a) „Hohengosserstedt“, Finne

Proben Nr.	M [cm]	Gestein	Pb	Co	Mo	Ag	Cu	AF
Hangendes: zO_2								
T 418	55	ST, grau, blättrig, bröcklig	85	75	22	—	55	1,8
T 419	55	dasselbe	70	65	14	Sp	80	1,9
T 420	110	ST, grau, stellenweise bräunlich	55	120	7	—	55	1,4
T 421	110	ST, durchgehend grau	14	40	Sp	—	25	1,6
T 422	110	ST, überwiegend schokol.-braun	14	40	Sp	5,5	11	1,6
T 423	110	dasselbe	28	40	3	17	44	1,4
T 424	140	dasselbe	14	32	3	—	11	1,6
T 425	250	ST, schokol.-braun, blättrig	18	46	3	—	16	1,4
T 426	250	dasselbe	14	46	5	3,4	16	1,0
T 427	250	dasselbe mit gr. Zwischenlage	22	32	3	—	30	1,5
T 428	150	ST, rotbraun	22	32	14	3,4	25	1,5
T 429	150	ST, rotbraun, feinsand. Schrägsch.	18	22	—	—	16	1,6
T 430	150	ST, gr. m. einer (20cm) rotbr. Lage	18	32	3	—	36	1,5
T 431	200	ST, dunkelgr. m. Anhydritlagen	14	32	—	Sp	25	1,4
T 433	100	ST, gr. m. Steinsalzlagen	5	—	—	3,4	11	1,1
T 434	70	dasselbe	5	13	—	—	36	1,1

Liegendes: Decksteinsalz und Kalilager „Staßfurt“

M Mächtigkeit; ST Salzton

b) „Borgau 2“

Proben Nr.	M [cm]	Gestein	Pb	Co	Mo	Ag	Cu	AF
Hangendes: zO_2								
T 622	30	ST, grau, blättrig, bröcklig	44	120	28	—	110	1,4
T 623	100	dasselbe	14	32	—	—	250	1,8
T 624	100	dasselbe	14	40	Sp	—	25	2,3
T 625	200	dasselbe	10	22	—	1,8	20	1,8
T 626	200	dasselbe	10	22	—	—	25	2,6
T 627	200	ST, grau, wenig Anhydrit	10	32	—	—	36	1,4
T 628	100	dasselbe	5	13	—	—	16	1,3
T 629	100	ST, grau, zahlr. Anhydritlagen	55	130	3	—	65	1,6

Liegendes: Decksteinsalz und Kalilager „Staßfurt“

c) Bleicherode (1)

Proben Nr.	M [cm]	Gestein	Pb	Co	Mo	Ag	Cu	AF
T 505	n. b.	Marmoranhydrit	Sp	46	—	—	11	1,1
T 506	n. b.	dasselbe	11	22	—	—	13	1,0
T 507	n. b.	Magnesitbank	10	13	7	—	80	1,0
T 508	n. b.	Sandflaserlage	44	22	Sp	—	80	1,6
T 509	n. b.	Braunroter Salzton	14	27	4	—	140	1,4
T 510	n. b.	Tonanhydrit	Sp	27	—	—	5	1,0
T 511	n. b.	Anhydritische Wechselfolge	55	46	—	—	36	2,4
T 512	n. b.	karbonat. gemaserte Anhydritf.	5	22	—	—	11	1,0

d) Bleicherode (2)

T 513	n. b.	Tonanhydrit	36	22	—	—	30	1,3
T 514	n. b.	Anhydritische Wechselfolge	22	46	—	—	16	1,4
T 515	n. b.	Braunroter Salzton	14	32	3	—	160	1,5

e) Kalischacht Wangen (Georg—Unstrut)

T 516	n. b.	Rotbrauner Salzton (T3)	22	32	3	—	25	1,4
T 517	n. b.	dasselbe	18	46	4	—	16	1,6
T 518	n. b.	Grauer Salzton (T3)	36	55	14	—	36	1,4
T 519	n. b.	dasselbe	36	46	14	—	16	1,6

f) Kalischacht Roßleben

T 520	n. b.	Sammelprobe	10	22	—	—	16	1,8
-------	-------	-------------	----	----	---	---	----	-----

M Mächtigkeit; ST Salzton; AF Anreicherungsfaktor; n. b. nicht bestimmt; Sp Spuren

sehen Schiefergebirges und nicht zuletzt die ansteigenden Metallgehalte an der Basis der Leineserie (T3) vom Beckeninnern aus in Richtung zum sächsischen Festland (Bild 11).

Es war notwendig, diesen Zusammenhängen weiter nachzugehen, doch bedurfte es dazu zusätzlicher Fakten aus der Küstenzone zwischen Crimmitschau und Geithain. Dem T3-Horizont wurden daher 330 Proben aus 98 in jenem Bereiche gelegenen Aufschlußpunkten entnommen und spektralanalytisch untersucht. Das Zahlenmaterial, das sich ergab, enthält Tabelle 10. Die Lage der Aufschlußpunkte entnehme man den Bildern 12, 14 und 17. Die graphische Darstellung der Werte läßt verhältnismäßig deutlich Beziehungen zwischen Metallverteilung und Paläogeographie erkennen. Bemerkenswert ist die Häufung maximaler Gehalte an solchen Stellen der Küstenzone, die Buchten oder Lagunen charakterisieren (Bild 9). So konzentrieren sich die in Bearbeitung stehenden Elemente in der kleinen Sonderbucht bei Crimmitschau, dann weiter nördlich in der Bucht von Lehdorf und schließlich in dem lagunenartigen Gebilde bei Geithain. Die Durchschnitts-

Tabelle 7. Gehalte [g/t] in den „Sandsteinschiefern“ E. Zimmermanns (Gera)

Proben Nr.	M [cm]	Gestein	Pb	Co	Mo	Ag	Cu	AF
---------------	-----------	---------	----	----	----	----	----	----

a) Langenberg

Hangendes: z_{0_2}

T 9	30	ST, grau	260	32	7	1,8	200	3,9
T 8	19	ST, grau, feinsandig	260	32	5	—	200	2,0
T 6	10	Sdst., gr. feink. m. Schiefert.	130	22	7	—	250	2,7
T 5	7	ST, grau	150	22	4	—	110	2,1
T 4	8	Dolomit, grau, dicht	100	46	3	—	110	2,2
T 3	30	dasselbe	50	46	3	—	95	1,7
T 2	15	ST, grau, feinsandig	75	40	4	—	110	2,5
T 1	20	Sdst., gr. feink. stark tonig	50	46	3	—	80	2,0

Sohle des Bruches (z_{0_1})

(b) Wünschendorf

Hangendes: z_{0_2}

T 36	9	ST, grüngrau	50	22	—	—	25	2,1
T 35	29	ST, grüngr. violett-rotbr.	50	32	5	—	36	2,1
T 34	12	Dolomitbank m. Tonzwischenlag.	25	10	—	—	35	1,1
T 33	77	ST, violett-rotbraun	36	27	3	—	65	2,4
T 32	43	Sdst, eisenschüssig m. 1 mm-Tonl.	50	13	5	—	80	3,0
T 31	44	St, grüngrau	36	22	—	—	25	2,5
T 30	20	ST, grüngr. rotbr. gefleckt	75	32	3	—	80	3,6
T 29	31	Sdst, feink. tonig, grau	30	22	—	2,5	16	1,8
T 28	12	ST, grüngrau	25	65	—	—	65	2,0
T 27	16	ST, rotbraun	90	65	4	—	160	2,2

Sohle des Bruches (z_{0_1})

c) Caaschwitz

Hangendes: z_{0_2}

T 64	24	ST-Mergel, dunkelgrau	150	90	5	—	140	1,8
T 63	22	dasselbe	100	90	5	—	380	1,9
T 62	20	dasselbe	100	65	5	—	300	2,0
T 61	9	Karbonatbank, grau	60	10	—	1,8	16	1,1
T 60	47	Mergelschiefer, dunkelgrau	50	65	3	—	110	1,8
T 59	23	ST, dunkelgrau-schwarz	12	10	—	2,5	110	1,8
T 58	9	dasselbe	17	46	3	—	36	1,8
T 57	7	Karbonatbank, grau, tonig	150	22	—	4,8	250	1,9
T 56	8	Mergelschiefer, dunkelgrau	36	32	—	—	55	2,0
T 55	20	dasselbe	17	40	—	—	25	1,7
T 54	9	ST, dunkelgrau	17	32	—	—	16	1,6

Sohle des Bruches (z_{0_1})

M Mächtigkeit; ST Schiefertone; Sdst Sandstein; AF Anreicherungsfaktor

Tabelle 8. Gehalte [g/t] im T3-Horizont bei Altenburg
(Bucht von Lehdorf)

Proben Nr.	M [cm]	Gestein	Pb	Co	Mo	Ag	Cu	Zn	AF
<i>AP 62</i>									
Hangendes: z_{0_2}									
100/61	100	ST, grau	36	13	—	—	32	400	2,0
101/61	60	ST, grau-dunkelgrau	70	16	—	—	13	320	1,9
102/61	60	ST, grau-dunkelgrau	27	13	—	—	46	260	1,9
103/61	160	ST, grau	27	13	1,0	—	13	210	2,1
Liegendes: Z2r									
<i>AP 58</i>									
z_{0_2}									
54/61	200	Sdst-ST, grüngrau	3000	11	11,0	3,8	100	1900	1,5
65/61	100	dass. m. ink. Pflanzenr.	250	13	11,0	3,8	160	2700	1,7
66/61	150	Sdst, gr. tonig, Pflanzenr.	130	55	4,0	3,0	270	100	2,0
67/61	30	Dolomit, grau, dicht	10	5	—	0,8	5	<100	0,8
68/61	30	ST, grüngr., sandig	50	19	1,2	1,0	1200	320	1,7
69/61	200	ST, dunkelgr., Pflanzenr.	100	16	1,5	—	340	400	1,7
Z2r									
<i>AP 55</i>									
z_{0_2}									
81/61	20	Sdst, gr., Pflanzenr.	700	16	6,0	3,8	340	210	2,7
82/61	30	ST, dunkelgr., Pflanzenr.	160	36	1,8	3,0	100	130	1,9
83/61	40	ST, dunkelgr., sandig	120	48	3,2	2,3	130	160	1,9
84/61	20	Sdst, gr., mittelkörnig	100	16	2,5	1,4	100	210	2,6
85/61	70	ST, grau, sandig	120	29	3,2	2,2	65	130	1,7
86/61	90	Sdst-ST-Dol.-Wechsel.	27	16	1,0	0,8	160	<100	1,9
87/61	120	ST, grau, feinsandig	320	29	1,0	1,4	1400	260	1,6
88/61	50	ST, dunkelgr., Pflanzenr.	160	33	1,2	1,5	160	210	1,5
89/61	50	dasselbe	100	16	0,5	—	210	400	1,2
90/61	60	dasselbe	100	75	5,0	3,2	210	260	1,5
91/61	50	ST, grau, feinsandig	36	16	1,8	—	2000	260	2,1
Z2r									
<i>AP 57</i>									
z_{0_2}									
146/61	150	Sdst, gr., m. ST-lagen	100	23	1,2	1,7	65	100	1,6
147/61	200	dasselbe	60	13	1,0	0,8	270	100	1,5
148/61	150	Sdst, gr., kohl. Substanz	160	85	4,0	5,0	65	100	1,9
149/61	100	ST, gr., stark sandig	150	19	3,2	1,7	46	100	1,5
150/61	100	ST, dunkelgr., feinsand.	250	19	1,8	0,6	160	320	2,0
Z2r									

M Mächtigkeit; ST Schiefertone; Sdst Sandstein; AF Anreicherungs faktor;
AP Aufschlußpunkt

Tabelle 8 (Fortsetzung)

Proben Nr.	M [cm]	Gestein	Pb	Co	Mo	Ag	Cu	Zn	AF
<i>AP 61</i>									
Hangendes: zo ₂									
154/61	100	<i>Sdst</i> , gr., fein-mittelk.	450	26	6,0	3,0	270	210	2,5
155/61	60	<i>Sdst</i> , gr., Pflanzenr.	250	19	1,8	2,0	160	210	2,4
156/61	230	<i>Sdst-ST</i> -Wechsel., gr.	250	19	1,8	3,4	130	130	2,7
157/61	60	<i>ST</i> , gr., feinsandig	320	65	1,2	3,0	130	160	2,0
158/61	50	dasselbe	160	65	3,2	5,0	160	210	3,2
159/61	50	dasselbe	320	85	1,8	3,8	46	210	1,5
160/61	80	<i>ST</i> , grau	70	13	1,0	3,0	32	260	1,9
Liegendes: Z2r									
<i>AP 60</i>									
zo ₂									
133/61	30	<i>Sdst</i> , gr., feink., PbS	700	42	7,5	7,0	340	400	2,9
134/61	100	<i>ST</i> , gr.-dunkelgr., sandig	200	65	1,8	7,5	270	400	2,0
135/61	100	dasselbe	250	26	1,2	8,5	160	400	2,1
136/61	230	dasselbe	250	23	1,0	3,0	32	130	1,6
137/61	120	<i>ST</i> , rotbr., sandig	27	12	1,0	1,0	100	130	1,3
138/61	200	<i>ST</i> , dunkelgr.	160	41	4,0	3,8	32	130	1,5
Z2r									
<i>AP 59</i>									
zo ₂									
170/61	100	<i>ST</i> , grau, feinsandig	100	23	1,2	10,0	340	100	1,9
171/61	150	dasselbe	325	13	1,0	—	270	160	1,8
Z2r									
<i>AP 64</i>									
zo ₂									
585/61	200	<i>ST</i> , grau	27	13	1,0	4,4	20	130	2,5
586/61	120	<i>ST</i> , dunkelgrau	320	85	9,0	2,3	1400	820	2,0
587/61	340	<i>Sdst</i> , hellgr., feinkörn.	250	14	4,0	6,5	100	400	2,3
588/61	40	<i>ST</i> , grau, feinsandig	100	16	4,0	3,0	90	160	2,0
589/61	150	<i>Sdst-ST</i> -Dol.-Wechsel.	70	26	3,2	3,0	90	<100	1,5
590/61	50	<i>ST</i> , dunkelgr., Pflanzenr.	100	36	3,2	5,7	90	<100	1,4
591/61	50	dasselbe	70	29	2,5	7,5	46	<100	1,3
593/63	50	dasselbe	100	100	1,8	10,0	90	100	1,3
594/61	50	dasselbe	200	36	2,5	10,0	65	210	1,5
595/61	70	<i>ST</i> , grau, sandig	700	29	1,2	10,0	270	160	2,1
Z2r									

AP Aufschlußpunkt; *AF* Anreicherungsfaktor; *M* Mächtigkeit; *ST* Schiefertone; *Sdst* Sandstein

Tabelle 8 (Fortsetzung)

Proben Nr.	M [cm]	Gestein	Pb	Co	Mo	Ag	Cu	Zn	AF
AP 65									
Hangendes: zo ₂									
525/61	90	Sdst, gr., mittelkörn.	160	23	1,0	0,1	32	260	0,9
526/61	180	Sdst, gr., m. ST-lagen	120	12	1,0	1,4	100	130	2,9
527/61	200	dasselbe	120	17	1,2	1,2	100	160	2,6
528/61	20	Dolomit, grau	13	10	—	—	13	<100	0,8
529/61	50	ST, dunkelgrau	50	29	1,2	0,1	65	320	3,6
530/61	80	Sdst-ST-Dol.-Wechsel.	27	12	1,0	0,8	32	<100	1,3
531/61	150	ST, gr., feinsandig	160	23	1,8	2,3	32	<100	1,5
432/61	100	dasselbe	27	14	—	—	20	130	2,1
533/61	60	ST, grüngr., örtl. rotbr.	13	12	—	—	270	130	1,6
Liegendes: Z2r									
AP 66									
zo ₂									
554/61	80	Sdst, gr., m. Tonlagen	1000	13	1,8	1,0	270	160	2,9
555/61	90	dasselbe	70	17	1,0	1,5	100	160	2,1
556/61	150	ST, gr., m. Sandsteinl.	70	13	1,0	1,4	90	130	2,5
557/61	190	dasselbe	23	11	0,5	1,0	20	<100	0,9
558/61	60	ST, dunkelgrau	50	11	0,5	0,8	100	100	1,3
559/61	60	ST, gr., stark sandig	70	17	1,0	0,6	650	130	2,3
560/61	30	dasselbe	250	16	1,0	0,4	190	100	2,3
Z2r									
AP 52									
zo ₂									
541/61	100	Sdst, gr., mittelk.	43	14	1,0	—	1700	<100	2,5
542/61	150	ST, grüngrau	120	19	1,0	—	65	260	n. b.
543/61	120	ST, rotbr., feinsandig	13	10	—	—	5	130	2,1
544/61	80	ST, dunkelgrau	23	14	1,0	—	13	160	1,6
545/61	70	ST, grau	11	16	—	—	5	160	1,8
Z2r									
AP 50									
zo ₂									
410/61	60	ST-Sdst-Wechselag., gr.	250	29	4,0	3,8	4800	160	2,0
411/61	60	dasselbe	50	13	0,5	0,1	32	160	1,6
412/61	150	ST, grüngr.-rotbr., sandig	19	16	1,0	—	20	160	n. b.
413/61	160	ST, rotbraun, sandig	200	13	1,0	0,1	5	260	n. b.
Z2r									
AP 63									
zo ₂									
578/61	350	Sdst, gr., Pflanzenreste	120	11	1,0	0,7	100	100	2,4
579/61	50	SV, grau, feinsandig	70	19	1,0	—	32	210	n. b.
580/61	150	Dol.-Sdst-Wechsel., gr.	27	13	—	4,4	32	100	0,9
581/61	60	ST, grau, feinsandig	250	29	1,0	1,0	2700	130	1,3
Z2r									

M Mächtigkeit; ST Schiefertone; Sdst Sandstein; AF Anreicherungs faktor;
AP Aufschlußpunkt

gehalte liegen auf diesen Flächen für Blei, Zink, Kupfer und Silber etwa 10mal höher als im Beckeninnern. Man ersieht es an den Werten der Tabelle 9 (sie sind das arithmetische Mittel der Zahlen aus Tabelle 10).

Tabelle 9. Metallgehalte des T3-Horizontes in den Buchten von Crimmitschau, Lehn-
dorf und Frohburg [g/t]

	Zahl der AP	Zahl der Proben	Pb	Co	Mo	Ag	Cu	Zn	AF
Bucht von Crimmitschau	29	67	120	69	3,3	2,8	913	497	2,1
Bucht von Lehn- dorf	13	80	210	22	1,9	2,1	254	240	1,9
Bucht von Frohburg- Geithain	31	117	283	38	5,6	4,8	361	n. b.	2,4

AP Aufschlußpunkt; AF Anreicherungsfaktor; n. b. nicht bestimmt

An einzelnen Aufschlußpunkten innerhalb der Buchten ist die Anreicherung noch stärker.

So kommen bei Crimmitschau stellenweise 8000 g Cu (AP 2), 700 g Pb (AP 26), 140 g Zn (AP 20), 200 g Co (AP 26), 18 g Mo (AP 9) und 9 g Ag (AP 17) je Tonne Gestein vor. Weiter nördlich, in der Bucht von Lehn-
dorf, werden 650 g/t Cu (AP 50), 950 g/t Pb (AP 58) und 1100 g/t Zn (AP 58) erreicht. In der Bucht von Geithain-Frohburg liegen die Maximalgehalte um 1200 g/t Cu (AP 85, 70), 1500 g/t Pb (AP 43), 10 000 g/t Zn (AP 74), 180 g/t Co (AP 93), 30 g/t Mo (AP 85) und 30 g/t Ag (AP 85).

Die Beziehungen, die zwischen diesen Werten und der Paläogeographie bestehen, zeigt das Bild 12 am Beispiel des Kupfers. Es enthält nach Angaben von Tabelle 10 Linien gleicher Kupfergehalte im Horizont T3. Bei der Betrachtung dieser Karte muß man sich allerdings der Tatsache bewußt sein, daß die Aufschlußpunkte ziemlich ungleichmäßig über den Untersuchungsraum verstreut sind. Im Falle eines dichteren Probenahmernetzes, das aber nicht zur Verfügung stand, ist eine gewisse Verschiebung der Kupferisolinen durchaus denkbar. Da aber nicht anzunehmen ist, daß sich das Bild grundlegend ändert, war der Versuch einer solchen Darstellungsweise trotzdem gerechtfertigt. Der Verlauf der 50 g/t-Isolinie zwischen den Buchten von Crimmitschau und Lehn-
dorf ist wegen fehlender Aufschlüsse spekulativ, doch unter Berücksichtigung der Gesamtsituation sehr wahrscheinlich.

Über das Verhalten der Metalle im Vertikalschnitt von „T3“ unterrichtet Tabelle 8. Es liegt keine gleichmäßige Verteilung der Elemente vor. Gewöhnlich sind Pb, Zn, Cu, Co, Mo und Ag nur in einer oder in wenigen dünnen Lagen stark konzentriert, die vorzugsweise tonig-sapropelitisch und nicht niveaubeständig sind. Sie keilen im allgemeinen nach einer Erstreckung von weniger als 100 m aus und gehen in sandige, meist metallarme Schichten über. Statt dessen setzen an anderer Stelle

des Profils neue bitumenreiche Lagen ein. Auf diese Weise formt sich das Bild von kleineren, über- und nebeneinander liegenden, metallhaltigen Linsen. Nach Tabelle 8 treten z. B. die maximalen Bleiwerte bald im Hangenden (AP 132, 91, 137, 146), bald im Liegenden (AP 142) und manchmal auch in der Mitte des Horizontes auf. Entsprechendes gilt für Kupfer, dessen Höchstkonzentrationen meist nicht mit denen des Bleies zusammenfallen. Solche geochemischen Verhältnisse spiegeln die unruhigen, räumlich und zeitlich wechselhaften Sedimentationsbedingungen am äußersten Küstensaume wider, einem Bereich, in dem marine und delta-fluviatile Sedimentationsvorgänge ständig ineinandergreifen.

Außerhalb der Buchten von Crimmitschau, Lehdorf und Frohburg-Geithain gehen die Konzentrationen in Richtung zu offeneren Beckenteilen schnell zurück (Tabelle 10 d). Das gilt vor allem für Kupfer, das nordwestlich der Bucht von Crimmitschau, an den Aufschlußpunkten 32, 30, 36, 39, 43 und 44, nur noch Werte um 50 g/t erreicht und damit niedriger liegt als bei Gera (Tabelle 5). Blei und Zink halten sich stellenweise noch bei 700 bzw. 2500 g/t, am Aufschlußpunkte 43 z. B. bei 1500 bzw. 1100 g/t.

Westlich der Bucht von Lehdorf fallen die Gehalte relativ schnell bis auf 70 g/t Kupfer und 150 g/t Blei ab (AP 53, 54).

Nordwestlich der Bucht von Frohburg-Geithain wurden am Aufschlußpunkt 78 noch 100 g/t Kupfer und 55 g/t Blei festgestellt. Das sind Gehalte, die für den Raum Gera üblich sind.

8.2.3. Über regionale geochemische Faziesunterschiede in den Buchten von Crimmitschau und Frohburg-Geithain

Das Zahlenmaterial der Tabelle 10 läßt es bis zu einem gewissen Grade zu, die Verteilung von Blei und Kupfer innerhalb der Buchten selbst darzustellen. Man muß sich dabei allerdings im klaren sein, daß die dafür verhältnismäßig geringe Zahl der Aufschlußpunkte und deren ungleichmäßige Verteilung zu ziemlich willkürlichen Interpolationen führt. Dem Verlauf der Isolinien liegt folglich eine schon etwas mehr als leichte Freizügigkeit zugrunde. Daher ist es angebracht, die Bilder 13-18 nur als geochemische Schemata aufzufassen. Es kommt an dieser Stelle auch nicht auf Einzelheiten an, sondern auf das Wesen der Sache, und das besteht in einer bestimmten Regelmäßigkeit, die sich in der Verteilung von Kupfer und Blei bemerkbar macht.

Es ist nicht zu übersehen, daß in der Bucht von Crimmitschau die höchsten Kupfergehalte im Süden und Südosten liegen (Bild 13), nicht weit von der Stelle, da laut faziell-paläogeographischer Karte (Bild 8) ein Süßwasserzufluß zu vermuten ist. Mit Ausnahme des Aufschlußpunktes 29, dessen Kupfer noch einmal 1000 g/t übersteigt, fallen die Konzentrationen nach Nordwesten zu, in Richtung offener Sedimentationsgebiete, bald unter 100 g/t ab. Die maximalen Bleiwerte sind dagegen an das Zentrum der Bucht und ihren nordwestlichen Ausgang gebunden

(Bild 14). Blei und Kupfer verhalten sich demnach gegensätzlich. Deutlich kommt das in Bild 15 zum Ausdruck, in welchem die Lage der maximalen Blei- und Kupfergehalte angegeben ist.

Ähnlich liegen die Verhältnisse in der Bucht von Frohburg-Geithain. Kupferkonzentrationen über 100 g/t treten hier im allgemeinen erst in einer Entfernung von etwa 0,5 bis 2,0 km von der angenommenen östlichen Uferlinie auf (Bild 16). Sie steigen ziemlich sprunghaft auf Werte um 1000 g/t an, um nach Westen zu, in Richtung offenerer Beckenteile, allmählich wieder abzufallen. An den Aufschlußpunkten 75 und 77 liegen sie bereits wieder unter 100 g/t. Nach den vorliegenden Ergebnissen sieht es so aus, als ob sich die Höchstkonzentrationen zwischen Elbisbach und Oberfrankenhain bogenförmig um einen im faziell-paläogeographi-

Tabelle 10. Der Metallinhalt des T3-Horizontes an den Aufschlußpunkten zwischen Crimmitschau und Geithain [g/t]

<i>AP</i>	<i>M</i> [cm]	Proben	Cu	Pb	Zn	Co	Mo	Ag	<i>AF</i>
-----------	------------------	--------	----	----	----	----	----	----	-----------

a) In der Bucht von Crimmitschau

19	375	6	215	156	355	73	4,7	3,5	2,5
5	730	6	866	73	142	35	1,5	2,2	1,9
7	440	4	485	46	~73	22	0,5	1,1	2,4
14	<i>n. b.</i>	1	<i>n. b.</i>	36	165	15	—	6,0	2,0
18	500	2	470	150	510	100	3,0	2,8	2,0
10	150	1	1400	50	270	34	3,8	2,6	2,1
12	260	4	124	23	259	14	—	0,3	1,5
6	230	3	1183	48	529	50	1,6	2,4	2,4
8	130	1	1900	110	420	90	1,0	5,5	2,2
11	240	2	1577	54	228	141	2,1	3,8	2,0
9	150	2	920	78	280	75	18,0	4,9	2,1
4	330	3	667	89	507	78	2,2	1,7	2,6
21	300	3	88	192	1205	31	1,9	2,5	1,6
20	220	3	100	200	1453	122	11,0	3,5	2,1
25	100	1	65	20	220	11	—	—	1,7
28	100	1	19	30	220	11	0,5	1,0	2,6
26	100	1	1400	700	1200	200	8,0	4,0	1,8
24	300	2	1123	24	485	18	2,3	1,1	2,1
22	200	2	530	62	410	62	4,0	1,6	2,1
1	240	2	410	148	454	38	0,8	1,3	2,0
23	250	1	460	50	120	26	—	0,1	1,7
29	100	1	1400	90	700	150	5,5	3,2	2,2
2	150	1	8000	160	1200	150	3,8	3,9	2,0
3	150	2	420	267	473	160	9,5	4,3	1,9
16	150	3	800	60	527	50	1,0	2,2	1,9
15	140	3	412	91	671	80	1,5	3,3	2,0
13	180	1	7	11	320	10	0,5	—	1,9
27	170	3	132	158	113	68	2,6	2,5	2,3
17	300	2	393	293	917	81	4,0	8,6	2,3

Tabelle 10 (Fortsetzung)

<i>AP</i>	<i>M</i> [cm]	Proben	Cu	Pb	Zn	Co	Mo	Ag	<i>AF</i>
b) In der Bucht von Lehdorf									
62	380	4	23	36	295	14	0,4	—	2,2
58	700	6	254	935	1065	22	5,9	2,3	1,7
55	600	11	558	158	204	31	2,1	1,6	1,8
61	630	7	138	264	182	33	2,4	3,3	2,6
57	700	5	134	130	131	32	2,1	2,0	1,7
60	780	6	101	204	210	34	2,1	4,3	1,7
59	250	2	298	235	135	17	1,1	94,0	1,8
50	440	4	668	125	199	16	1,3	0,6	1,8
52	520	5	350	51	161	15	0,5	—	2,0
63	610	4	333	106	100	14	0,8	1,6	1,9
64	1120	10	229	193	273	31	3,5	5,6	2,0
65	930	9	75	99	138	17	1,0	1,0	2,1
66	660	7	145	176	111	13	0,9	1,1	1,9

AP Aufschlußpunkt; *AF* Anreicherungs-fakten; *M* Mächtigkeit; *n. b.* nicht bestimmt

c) In der Bucht von Frohburg-Geithain

97	520	3	7	32	~57	10	0,9	0,2	2,4
96	400	2	18	26	~64	20	1,0	1,5	2,2
73	200	2	5	13	138	10	0,3	10,0	3,1
74	200	2	160	1500	10000	15	4,3	6,1	2,2
75	470	4	86	409	462	60	1,5	2,9	2,7
76	700	9	106	550	686	21	1,7	2,7	2,1
77	950	4	97	403	1316	24	1,5	6,6	2,1
67	330	5	269	140	192	37	1,8	3,3	2,1
68	170	3	461	58	285	25	0,8	1,3	2,3
69	350	4	328	358	~94	42	23,0	5,0	2,0
70	800	4	1217	36	130	15	2,1	2,2	2,7
71	450	2	5	16	~47	10	1,0	5,5	2,4
72	130	1	420	36	~50	11	1,0	3,8	2,3
79	250	2	356	1000	100	76	4,6	7,0	3,2
80	350	4	147	888	256	46	7,3	4,9	2,4
81	150	1	210	19	~50	10	1,8	2,3	2,8
89	220	4	539	50	<i>n. b.</i>	72	4,3	4,8	1,9
95	400	4	320	38	<i>n. b.</i>	23	2,3	—	1,8
94	340	4	830	334	<i>n. b.</i>	45	5,8	0,4	2,4
87	306	6	699	39	<i>n. b.</i>	18	3,3	1,8	2,3
83	220	9	519	196	<i>n. b.</i>	64	6,0	6,9	2,1
90	420	3	89	58	<i>n. b.</i>	16	6,5	2,3	2,9
84	350	6	989	235	<i>n. b.</i>	75	16,4	3,7	2,4
93	430	3	198	338	<i>n. b.</i>	183	18,0	9,3	2,1
88	700	3	65	44	<i>n. n.</i>	15	4,4	—	2,3
85	400	5	1210	972	<i>n. b.</i>	104	29,6	31,3	2,2
86	300	3	261	13	<i>n. b.</i>	9	1,7	—	2,2
92	310	4	570	104	<i>n. b.</i>	56	7,9	1,6	2,7
98	470	3	44	26	<i>n. b.</i>	10	—	—	2,6
91	610	4	514	85	<i>n. b.</i>	10	0,5	—	2,4
82	300	4	458	769	<i>n. b.</i>	36	13,2	22,4	2,6

Tabelle 10 (Fortsetzung)

<i>AP</i>	<i>M</i> [cm]	Proben	Cu	Pb	Zn	Co	Mo	Ag	<i>AF</i>
-----------	------------------	--------	----	----	----	----	----	----	-----------

d) Außerhalb der Buchten

30	380	2	43	758	357	39	8,3	1,9	2,0
31	<i>n. b.</i>	2	62	88	470	36	1,5	—	1,6
32	350	1	19	36	220	11	1,0	—	1,8
33	660	3	73	65	395	41	3,1	0,5	2,0
34	600	1	100	160	600	34	2,1	—	1,9
35	300	2	88	78	<i>n. b.</i>	33	1,5	—	1,6
36	200	1	55	55	120	65	3,0	—	1,8
37	<i>n. b.</i>	3	80	92	<i>n. b.</i>	105	7,6	—	1,6
38	460	4	75	123	<100	15	1,6	1,6	2,6
39	500	4	18	120	400	11	0,4	—	2,5
40	<i>n. b.</i>	2	648	108	<i>n. b.</i>	98	14,0	1,3	1,5
41	70	1	32	23	400	11	1,8	0,4	2,5
42	580	4	62	125	<100	22	1,4	1,9	2,3
43	850	5	43	1641	1070	23	1,8	2,5	2,2
44	550	3	46	706	2580	19	2,3	0,4	2,5
45	450	3	106	34	204	25	3,0	0,3	1,8
46	200	1	32	19	160	13	0,5	1,8	2,1
47	600	2	1	03	55	17	0,6	0,9	1,6
48	700	3	53	32	203	25	1,0	0,6	1,6
49	380	3	43	168	239	18	1,4	1,4	2,1
51	90	2	22	32	100	12	1,1	0,6	2,1
53	250	2	72	62	110	17	1,9	—	2,1
54	450	6	54	155	205	17	1,9	1,2	1,8
78	350	6	107	55	<i>n. b.</i>	87	9,2	0,2	1,9

AP Aufschlußpunkt; *M* Mächtigkeit; *AF* Anreicherungsfaktor; *n. b.* nicht bestimmt

sehen Schema (Bild 9) angegebenen Süßwasserzufluß anordnen. Die geringe Aufschlußzahl reicht jedoch nicht aus, diese Annahme voll zu bestätigen.

Die Maximalgehalte des Bleies fallen wiederum nicht mit denen des Kupfers zusammen. Nach Bild 17 liegen erstere im Bereiche der Aufschlußpunkte 74, 79, 80, 76 und 82, also weiter westlich nach den offeneren Beckenteilen zu. So läßt sich, zumindest im groben gesehen, ein uferrandnaher Kupfersaum von einem etwas mehr beckenwärts gelegenen Gebiet mit Blei-Zinkvormacht unterscheiden (Bild 18). Das entspricht weitgehend den Verhältnissen in der Bucht von Crimmitschau. Bei Lehdorf macht sich eine zonare Anordnung der Metalle nicht bemerkbar.

Wie scharf solche Differentiationen auch in anderen marin beeinflussten Horizonten des Untersuchungsgebietes ausgeprägt sind, zeigen die Schiefertonzwischenlagen des Plattendolomites im Südostteile der Mulde von Borna.

Im Bruch des VEB Kalk-, Ziegel- und Sandwerkes Geithain sind diese grau und dunkelgrau gefärbten Letten reich an Kupfer, führen aber nur Spuren von Blei, Zink, Molybdän und Silber. Nur wenige Kilometer beckenwärts in Richtung nach Nordwesten enthalten die entsprechenden Zwischenlagen bei Hopfgarten und Elbisbach sehr viel Blei, Silber, Zink und Molybdän, aber weniger Kupfer als bei Geithain (Tabelle 11 und Bild 19).

Tabelle 11. Metallgehalte in den Schiefertonzwischenlagen des Plattendolomites von Geithain und Hopfgarten [g/t]

Proben Nr.	Cu	Pb	Zn	Co	Mo	Ag
------------	----	----	----	----	----	----

a) Bei Geithain

T 490	~2400	<10	<100	11	—	—
T 492	~1700	<10	<100	16	5	—
T 494	950	<10	<100	46	4	0,6
T 495	1300	~10	<100	130	—	0,3
T 496	2000	~10	<100	11	—	0,6
T 497	800	~10	<100	11	—	0,4
T 498	300	<10	<100	300	—	1,0
T 499	650	<10	<100	25	—	0,7
T 500	550	10	<100	16	4	20,0

b) Bei Hopfgarten (AP 83)

T 113	100	~1000	<100	11	130	30,0
T 117	110	~1000	700	<i>n. b.</i>	300	30,0
T 120 a	100	~3000	~ 1%	16	100	60,0
T 120 b	100	~1000	~ 1%	16	100	60,0
T 121	100	~1000	<100	11	100	60,0
T 122	110	~3000	<100	25	100	60,0

Ursache der Differentiationen dieser Art sind vermutlich die unterschiedlichen Löslichkeitsprodukte der Sulfide ($K_L\text{Cu}_2\text{S} = \text{etwa } 10^{-50}$; $K_L\text{PbS} = \text{etwa } 10^{-28}$; $K_L\text{ZnS} = \text{etwa } 10^{-25}$).

Aus neutralem Wasser, das etwa gleiche Mengen an Blei, Zink und Kupfer gelöst enthält, fällt bei allmählich zunehmendem H_2S -Partialdruck zunächst Kupfersulfid (Cu_2S), darauf Bleisulfid (PbS) und schließlich Zinksulfid (ZnS) aus. In dieser Reihenfolge werden die Löslichkeitsprodukte der Sulfide überschritten. In der analytischen Chemie macht man sich das zur Trennung bestimmter Kationen seit langem zunutze. Ähnliches kann sich unter gewissen Voraussetzungen in der Natur, in einem marin-kontinentalen Übergangsbereiche vollziehen. Im Falle allmählicher Zunahme der S^{--} -Ionenkonzentration von der Uferlinie zum Beckeninnern und einer Zufuhr etwa gleicher Mengen an gelöstem Kupfer, Blei und Zink

vom Festlande her, muß sich jene laterale Differenzierung ergeben, die tatsächlich nachweisbar ist und oben beschrieben wurde: am äußersten Uferande Anreicherung von Kupfer und beckenwärts anschließend Konzentrierung von Blei und Zink. Die Anwesenheit von Cl-Ionen vermag die Metalltrennung durch eine starke Erhöhung der PbS-Löslichkeit noch zu verschärfen.

Diese Erwägungen bestätigen zugleich, daß Blei, Kupfer und Zink durch Süßwasser (Oberflächenwasser, Grundwasser) vom nahen Festlande her zugeführt und aus ionarer Lösung bei niedrigem Oxydationspotential in einer H₂S-haltigen Zone syngenetisch zur Ausfällung gelangten. Das schließt keineswegs parallel verlaufende Abscheidungen durch Adsorption der Spurenmetalle an organische Substanz oder feinste kolloidale Tonaufschlämmungen aus. Zu einer wirtschaftlich bedeutsamen Anreicherung kommt es jedoch bei allen Formen syngenetischer Metallabscheidung nur unter der Voraussetzung minimaler Detrituszufuhr vom Abtragungsgebiete her. Diese Bedingung war für den Untersuchungsraum nicht voll erfüllt (Bild 9).

Laterale geochemische Faziesunterschiede in marinen Ablagerungen sind keine seltene Erscheinung. Schon *G. Richter* (1941) hob das „scharf begrenzte Nebeneinander von Kupfer und Zink“ als das auffälligste Merkmal des Kupferschiefers hervor. *G. Gillitzer* (1936) berichtet im gleichen Zusammenhang über abbauwürdige Kupfergebiete, die an die Nähe der Küste gebunden sind und durch kupferarme, aber blei- und zinkreiche Zonen des offeneren Meeres abgelöst werden. *O. Eisentraut* (1939) lenkt die Aufmerksamkeit auf die Randfazies des Unteren Zechsteins in Slask (VR Polen). Ihre Kupferführung macht er von einem entsprechenden Metallangebot und „noch anderen günstigen Begleitumständen“ abhängig. *E. Kautzsch* (1942) erkennt in der Rotfäulezone des Kupferschiefers einen solchen Begleitumstand und bringt sie mit metallhaltigen sauerstoffreichen Süßwasserzuflüssen in Verbindung, die vom Festlande aus in die vorgelagerten Buchten des Meeres gelangten und ihren Metallinhalt „randlich der sauerstoffreichen Frischwasserzone in der reduzierenden Atmosphäre des Kupferschiefermeeres“ absetzen: unmittelbar am Rande der Rotfäulefazies die Hauptmenge des Kupfers, in etwas größerer Entfernung vom Zuflußkanal den größten Teil der Metalle Blei und Zink.

J. Rentzsch (1964) gelang auf der Grundlage *R. M. Garrelsscher* Forschungsergebnisse eine Untergliederung des Kupfersaumes. Er unterscheidet einen äußeren Bereich unmittelbar an der Rotfäulezone mit vorwiegender Chalkosin- und Bornitvererzung von einem inneren Gürtel, der durch das Auftreten von Chalkopyrit und Bornit gekennzeichnet ist. Als Ursachen der Differenzierung wurden Veränderungen der Oxydationspotentiale und pH-Werte von der Rotfäulezone in Richtung zum Pb-Zn-Saum erkannt.

Daß es zu lateralen geochemischen Faziesunterschieden nicht nur im Zechstein gekommen ist, geht aus den Untersuchungen *G. Ludwigs* (1961) am Grauen Hardeg-sener Ton des Mittleren Buntsandsteins im Werra-Leine-Gebiet hervor. Diese 0 bis 10 m mächtigen grauen Schichten lagerten sich unter kontinentalem Einfluß in z. T. stagnierenden und reduzierenden Wasserbereichen in einer rheinisch-gerich-

teten Spezialmulde ab. Für ein westlich gelegenes Teilbecken ergaben sich, nach Mächtigkeitbereichen getrennt, folgende maximale Metallgehalte:

0 bis 6 m Mächtigkeitlinie	1. Cu: 2000 g/t 2. Zn: 900 g/t 3. Pb: 340 g/t
6 bis 7 m Mächtigkeitlinie	1. Pb: 2600 g/t 2. Cu: 2000 g/t 3. Zn: 900 g/t
7 bis 8 m Mächtigkeitlinie	1. Pb: 5600 g/t 2. Zn: 900 g/t 3. Cu: 900 g/t
Nördlich des Spezialbeckens	1. Cu: 680 g/t 2. Zn: 530 g/t

Im Bereiche der 0- bis 6 m-Mächtigkeitgrenze, das entspricht dem Beckenrande, kam es vorwiegend zur Anreicherung von Kupfer. Zwischen der 6- bis 8 m-Isolinie, das entspricht tieferen und uferferneren Beckenteilen, schied sich hauptsächlich Blei und untergeordnet Kupfer ab. Im Nordteil des Beckens gehen die Konzentrationen allgemein zurück. Letzteres bedingt die durch Süßwasser verursachte Material- und Buntmetallzufuhr aus Südwesten, was zur Ausscheidung des größten Teils der Metalle schon am Eingang und in den zentralen Bereichen des Beckens führte.

8.2.4. Die Metallgehalte in den Immersionsedimenten (z₀₂) der Leineserie (Z3) (Untere Zone des Plattendolomites)

Die unteren Partien des Plattendolomites im Hangenden des ersten „Metallhorizontes“ sind vor allem bei Elbisbach, Hopfgarten und Niederfrankenhain (Bornauer Mulde) grau bis lichtgrau gefärbt, dickbankig, kompakt, kaum bituminös und führen Überreste von Fauna. Es handelt sich offenbar um echt marine Schichten, die in einer angemessenen Entfernung von der Uferlinie zur Ablagerung kamen. Die Küste hatte sich im Verlaufe der Transgression weiter nach Osten und Südosten verlagert. Für den Untersuchungsraum waren zu jener Zeit die günstigen Bedingungen für eine Konzentration von Buntmetallen nicht mehr gegeben. Das geht aus den Gehalten hervor, die zwischen Elbisbach, Hopfgarten und Niederfrankenhain ermittelt wurden (Tabelle 12). Gelegentliche hohe Blei-, Zink- und Kupferwerte lassen sich auf sporadische Einsprenglinge von Bleiglanz, Zinkblende und Kupferkies zurückführen, die im ganzen aber eine sehr untergeordnete Rolle spielen.

Tabelle 12. Gehalte in den unteren Lagen des Plattendolomites bei Elbisbach, Hopfgarten und Niederfrankenhain

AP	Proben Nr.	M [cm]	Pb	Co	Mo	Ag	Cu	Zn
83	T 125	100	100	22	—	—	250	<100
84	T 152	6	220	65	—	6,5	700	<100
	T 153	10	10	32	—	—	16	<100
85	T 173	130	150	22	—	2,2	55	200
89	T 375	50	480	65	—	6,5	500	<100
	T 376	50	10	22	—	—	110	<100
86	T 189	60	36	22	—	—	250	<100
87	T 209	120	10	32	—	2,5	16	<100
88	T 229	70	50	32	3,0	—	110	<100
93	T 270	70	12	22	—	—	160	<100
92	T 290	70	1700	13	—	3,0	1100	<100
91	T 312	110	55	22	—	—	20	<100
82	T 334	80	100	22	—	3,4	20	3600
90	T 351	100	—	22	—	2,5	110	<100
98	T 902	170	Sp	22	—	—	300	<100

8.2.5. Die Regressionsedimente der Leineserie (z_{02}/z_{03}) mit dem „Oberen Buntmetallhorizont“

Ungefähr von der Mitte des Plattendolomitprofils an nach dem Hangenden zu machen sich vor allem in der Umgebung von Elbisbach, Niederfrankenhain und Hopfgarten lithologische Abweichungen bemerkbar. Immer häufiger werden graue, bis 4 cm starke mehr oder weniger sandige Schiefertone, und der Dolomit selbst erscheint dünnplattiger, feinschichtiger, nimmt braune bis dunkelgraue Farbtöne an und riecht beim Anschlagen mit dem Hammer nach Bitumen. Da diese Serie schließlich dem kontinentalen Buntsandstein Platz macht, lassen sich die faziellen Veränderungen als Zeichen der beginnenden und fortschreitenden Regression des Zechsteinmeeres deuten. Offenbar geriet der Untersuchungsraum zum zweiten Male in den Bereich einer gegliederten Küste, und die fraglichen dunkelgrauen, bituminösen Dolomite und Schiefertone wurden in den Stillwasserbereichen einer Bucht oder Lagune abgelagert. Am Ende dieser Entwicklung kam es zur Sedimentation eines dunkelgrauen, sandigen Schiefertonehorizontes in einem Restsee, nachdem sich das Meer bereits aus den Mulden von Zeitz-Schmölln und Borna zurückgezogen hatte (Bild 20).

Unter solchen paläogeographischen Voraussetzungen entstand der zweite, der „Obere Buntmetallhorizont“ der Leineserie. Er hält sich mit einer durchschnittlichen Mächtigkeit von 2,0 m an die obersten Lagen des Plattendolomites und die liegenden, grau gefärbten Schiefertone der Oberen Letten (z_{03}). Er wird von überwiegend rotbraun gefärbten Schichten überlagert, die mit Annäherung an den Buntsandstein zunehmend einen proluvial-kontinentalen Charakter annehmen. Sein Metallgehalt ist in Tabelle 13 angegeben. Er ist regional sehr unterschiedlich.

Am niedrigsten liegen die Werte im Süden des Untersuchungsraumes, bei Crimmitzschau und Schmölln. Der Horizont enthält hier nur an wenigen Aufschlußpunkten mehr als 300 g/t Kupfer und Zink neben kaum erhöhten Gehalten an Blei, Kobalt, Molybdän und Silber (Tabelle 13 a). In Richtung nach Norden nehmen die Konzentrationen zu; bei Lehdorf wurde in fast allen Aufschlußpunkten mehr als 200 g/t, maximal 1200 g/t Kupfer gefunden (Tabelle 13 b). In der Bornaer Mulde, hauptsächlich zwischen Frohburg und Elbisbach, liegen Konzentrationen vor, die mit etwa 3000 g/t Kupfer, 2000 g/t Blei, etwa 100 g/t Molybdän und 20 g/t Silber an einigen Aufschlußpunkten den „Unteren Metallhorizonten“ übertreffen (Tabelle 13 c). Am Beispiel einer schematischen Darstellung der Kupferverteilung (nach Tabelle 13 c) im Südostteil der Bornaer Mulde ist erkennbar, daß die Anreicherungen an den Ostrand des „Restsees“ bzw. an die Nähe der rotbraunen Fazies im Osten gebunden sind (Bild 20).

Die hohen Mächtigkeiten an den Aufschlußpunkten 72, 80, 81, 97, 96, 75, 76 und 99 ergaben sich aus der unsicheren Abgrenzung des Horizontes an diesen Stellen nach dem Liegenden.

8.2.6. Über vertikale geochemische Faziesunterschiede im Profil des „Oberen Buntmetallhorizontes“

Nach einer spektralanalytischen Untersuchung mehrerer Kupferschieferprofile von Mansfeld widerlegte *A. Cissarz* (1930) die bis dahin übliche Meinung, wonach die Gehalte aller Schwermetalle vom Liegenden zum Hangenden abnehmen. Statt dessen unterschied er nach ihrer Lage im Profil und ihrem paragenetischen Verhalten zwei Gruppen von Elementen. Die erste umfaßt Kupfer, Kobalt, Nickel, Vanadium, Silber, Gold und Molybdän und ist für die unteren Partien charakteristisch (feine Lette, grobe Lette). Die zweite Gruppe besteht aus Zink, Cadmium und Blei und herrscht in den mittleren und oberen Zonen vor (Kammschale, Schieferkopf).

Zu ähnlichen Ergebnissen gelangte *G. Richter* (1941). Er beobachtete das Kupfermaximum an der Grenze Zechsteinkonglomerat-Kupferschiefer, die Hauptmenge des Bleies etwas weiter oben und die Höchstwerte von Zink in den Übergangsschichten zum Zechsteinkalk. Daß es sich nicht um eine Zufallserscheinung handelt, beweist die Existenz derselben Abfolge in der Mansfelder Mulde, der Sangerhäuser Mulde, im Richelsdorfer Gebirge und, nach Angaben von *O. Eisentraut* (1939), in Dólny Śląsk.

Eine diesbezügliche Untersuchung des „Oberen Metallhorizontes“ der Leineserie brachte ebenfalls vertikale geochemische Faziesunterschiede zum Vorschein, aber in der umgekehrten Reihenfolge. Die stärksten Zinkkonzentrationen sind nämlich an das Liegende gebunden, während das Kupfer sein Maximum zusammen mit Silber, Kobalt und Molybdän im Hangenden erreicht. Blei nimmt eine vermittelnde Stellung ein. Deutlich zeigt sich diese Differenzierung am Aufschlußpunkte 89 (Bild 21 und Tabelle 14).

Bemerkenswert ist in diesem Zusammenhange der lithologische Aufbau des Profils (Bild 21). Mit seinen karbonatischen Partien (Plattendolomit) im Liegenden und

Tabelle 13. Der Metallinhalt des „Oberen Metallhorizontes“ (z_{02}/z_{03}) an den Aufschlußpunkten zwischen Crimmitschau und Elbisbach [g/t]

AP	M [cm]	Proben	Cu	Pb	Zn	Co	Mo	Ag	AF
a) Bei Crimmitschau und Schmölln									
42	170	2	245	36	137	15	0,6	0,8	2,0
44	60	1	20	32	160	19	1,8	—	1,8
49	60	1	32	27	<100	13	1,0	—	n. b.
5	220	2	38	19	100	14	0,2	0,6	1,8
24	150	1	10	14	220	10	—	—	1,9
25	90	1	800	42	n. b.	17	0,5	—	2,1
28	170	1	100	26	320	5	—	—	2,3
29	210	2	219	44	588	33	0,6	1,1	2,4
21	200	1	100	110	550	50	1,0	1,6	2,0
23	110	1	460	36	120	13	0,5	—	2,0
b) Bei Lehdorf									
58	240	2	294	116	123	61	7,7	5,7	1,8
55	170	3	358	53	151	26	0,9	1,3	2,1
61	150	1	46	27	160	13	1,2	—	n. b.
57	250	2	268	36	118	19	1,0	0,5	1,9
60	270	2	1289	247	1022	66	11,7	4,3	1,3
65	200	1	100	13	130	13	1,0	0,6	1,4
66	350	2	245	61	189	30	1,0	0,6	1,9
c) Zwischen Frohburg und Elbisbach									
71	250	3	698	878	523	43	7,9	4,3	2,2
72	826	2	138	1800	2500	14	1,4	3,5	1,0
73	200	1	100	120	100	48	1,0	4,4	2,1
80	760	4	119	130	342	14	4,4	4,0	1,4
81	900	10	137	128	212	14	1,7	1,4	1,3
97	703	7	17	21	<100	12	0,8	0,4	1,6
96	880	7	207	304	700	18	3,4	5,7	1,0
75	910	8	367	113	160	17	1,5	1,9	1,3
74	?	3	122	4500	467	12	1,8	2,6	1,0
76	840	5	118	34	440	11	3,7	1,9	1,0
99	910	5	18	50	1500	14	0,5	0,6	1,0
83	220	10	935	587	n. b.	50	61,0	11,3	1,2
84	245	8	1772	437	n. b.	87	84,0	12,7	1,5
85	270	6	1301	192	n. b.	38	99,4	9,8	1,2
89	218	9	1533	449	n. b.	158	60,0	21,6	1,6
86	270	5	1073	447	n. b.	63	63,6	10,2	1,3
87	180	7	1318	510	n. b.	73	16,4	8,1	1,1
88	200	6	1067	92	n. b.	10	2,1	3,2	1,2
93	200	5	2075	764	n. b.	25	67,2	14,5	1,0
92	310	4	1147	535	n. b.	65	7,7	6,3	1,7
91	420	8	828	1580	n. b.	15	21,4	6,7	1,0
82	260	10	2840	2354	n. b.	39	83,0	21,7	1,3
90	150	3	1817	1103	n. b.	5	63,3	7,3	1,0
98	370	6	785	321	n. b.	25	1,9	1,2	1,5
95	290	5	1128	286	n. b.	25	1,2	9,5	1,0
94	190	2	868	655	n. b.	5	—	2,5	1,0

der tonigen Fazies unter dem kontinentalen Buntsandstein wirkt er wie ein umgekehrtes Spiegelbild des Kupferschiefers. (Von den größeren Mächtigkeiten und der unruhigeren, wechselhafteren Ausbildung des „Oberen Metallhorizontes“ wird in diesem Falle einmal abgesehen.)

Eine befriedigende Erklärung dieser Erscheinungen ist nicht möglich, ohne Beziehungen zu berücksichtigen, die zwischen einer Verschiebung der Uferlinie und Veränderungen der Fazies bestehen. Gleichsinnig mit einer allmählich wandernden Küste bewegen sich die ihr vorgelagerten lithologischen und geochemischen Zonen. Das gilt auch für die gesonderten Kupfer-, Blei- und Zinkgürtel, die der Zechsteinküste zur Zeit des Plattendolomites vorgelagert waren (Bild 19 und Tabelle 11, siehe auch Bild 15 und 18). Bei Einsetzen der Regression verschoben sie sich mit der Uferlinie nach dem Beckennern zu, und das führte notwendigerweise zu einem Übereinander von Zink, Blei und Kupfer (Bild 22). Laterale Metaldifferenzierungen am Rande einer sich bewegenden Uferlinie bedingen also auch vertikale Fazies-

Tabelle 14. Metallgehalte im „Oberen Metallhorizont“ am AP 89 [g/t]

Proben Nr.	M [cm]	Cu	Pb	Zn	Co	Mo	Ag
T 363	100	900	50	<100	65	4	12,0
T 364	24	7000	1200	1400	1000	450	60,0
T 365	6	2000	950	<100	260	80	50,0
T 366	8	3200	75	950	5	—	6,5
T 367	12	1500	750	10100	5	—	6,5
T 369	24	80	480	10100	5	14	4,8
T 370	14	140	1200	6300	5	18	9,0
T 371	14	160	380	8100	5	14	9,0
T 372	16	920	950	10000	120	44	80,0
T 373	30	80	75	6300	22	—	6,5
T 374	50	36	220	<100	22	—	3,4

unterschiede, ganz im Sinne des Gesetzes von der Korrelation der Sedimente nach *J. Walther*. Im Längsschnitt müßten die Metalle diagonal den Horizont durchsetzen, so, wie es *J. Rentzsch* (1964) für den Kupferschiefer hervorhebt. Einer Annahme von Veränderungen in der Zusammensetzung der Verwitterungslösungen bedarf diese Deutung des geochemischen Profils nicht.

Nach *G. Tischendorf* und *H. Ungetüm* (1964) ist es auch heute noch schwierig, die „Ursache der vertikalen und horizontalen faziellen Differenzierung der wichtigsten Buntmetalle (Kupfer, Silber, Blei und Zink)“ im Kupferschiefer zu erkennen. Sie nehmen die bevorzugte Konzentration von Kupfer und Silber in den unteren Lagen als Folge der geringen Löslichkeitsprodukte dieser Elemente als Sulfide an. Vielleicht sollte zur Klärung des Problems das dynamische Geschehen auch hier mit in Betracht gezogen werden. Die im Vergleich zum „Oberen Buntmetallhorizont“ umgekehrte Reihenfolge (Kupfer, Blei, Zink) ergäbe sich dann folgerichtig aus der Tatsache, daß das Kupferschiefermeer seinen Raum nicht einengte, sondern ständig erweiterte (*E. Fulda*, 1935).

Tabelle 15. Die Gehalte der grauen Serie des Zechsteins 2 zwischen Z1r im Liegenden und Z2r im Hangenden bei Schmöln [g/t]

AP	Proben-Nr.	M [cm]	Gestein	Cu	Pb	Zn	Co	Mo	Ag	AF
41	194/61	n. b.	ST, rotbraun, sandig	5	50	320	13	1,2	—	1,8
42	185/61	60	Dolomit, grau	650	10	<100	5	—	—	0,8
	186/61	20	ST, rotbr. u. grüngrau	32	100	130	13	1,0	—	2,3
	187/61	340	ST, rotbr. z. T. grüngrau	1	50	160	13	1,0	—	1,9
		420	∅	95	47	~140	12	0,9	—	1,8
43	275/61	100	ST, grüngr. sandig	160	450	400	23	1,0	0,1	1,7
	276/61	370	dasselbe	100	1000	10000	29	3,2	0,9	2,0
	277/61	330	ST, grau, dolomitisch	100	450	160	23	1,0	0,6	1,9
	278/61	200	ST, rotbr.-grüngr., dol.	46	19	130	14	2,5	—	2,4
		1000	∅	~95	~569	3780	23	2,1	0,5	2,0
44	226/61	190	Dolomit., grau	5	250	400	16	—	2,3	0,8
	227/61	110	ST, gr. m. Gipslagen	5	160	160	36	1,8	10,0	1,8
	228/61	50	dasselbe	100	50	130	23	1,8	—	1,8
	229/61	100	dasselbe	13	43	130	13	1,0	5,0	1,4
	230/61	150	dasselbe	46	100	160	36	1,8	0,1	1,9
	231/61	150	ST, gr. m. Dol.- u. Gipslagen	43	120	130	48	1,8	10,0	2,0
	232/61	200	ST, gr. wenig Dolomit	13	60	160	13	0,5	10,0	2,3
		950	∅	25	123	198	26	1,0	5,9	1,7
45	303/61	240	ST, grau-dunkelgrau	65	36	210	16	1,0	—	2,0
	304/61	10	ST, gr. sandig m. Gips	5	13	<100	10	0,5	2,3	n. b.
	305/61	400	ST, gr. m. Dol. u. Gips	100	27	<100	13	0,5	—	1,6
	306/61	200	ST-Sdst., feine Dol.-lagen	100	43	100	29	1,8	—	3,3
		850	∅	89	33	~100	17	0,9	0,1	2,1

46	197/61	200	ST, grüngr. m. Dolomit	32	27	400	17	1,0	1,0	1,7
	199/61	200	Dol. u. ST, rotbr.	5	10	<100	5	—	—	0,8
	200/61	200	dasselbe	5	10	<100	F5	—	—	1,0
		600	∅	14	16	~150	9	0,3	0,3	1,2
47	255/61	60	ST, gr. feine Gipslagen	32	10	<100	5	—	0,1	1,3
	257/61	130	ST u. Sdst, m. Gipslagen	65	27	260	13	1,0	—	1,8
	258/61	120	dasselbe	13	70	160	73	9,0	—	1,7
	259/61	250	ST gr. m. Gipslagen	46	36	<100	21	—	0,8	1,6
	260/61	300	dasselbe	32	250	400	23	3,2	0,9	1,7
	261/61	1030	ST, gr. m. Dolomitlagen	65	36	100	75	1,8	1,0	2,2
	1030	∅	43	100	~200	29	2,4	0,6	1,7	
48	392-61	150	ST, rotbr.-gr., sandig	46	13	160	13	1,2	—	1,7
	393/61	250	ST, gr. m. viel Gipslg.	65	50	160	36	1,2	—	1,8
	394/61	200	dasselbe	65	160	700	29	1,0	0,6	1,7
	396/61	120	dasselbe	65	10	<100	11	—	—	1,5
		720	∅	61	66	~250	25	0,9	0,2	1,6
49	330/61	170	ST, rotbr. z. T. grüngr.	32	27	260	19	1,8	—	1,6
	331/61	170	ST, grüngr. dolomitisch	32	50	160	21	1,8	—	1,3
	332/61	30	Dolomit	13	13	<100	13	3,2	—	0,9
	333/61	200	ST, gr. m. Gipslagen	32	36	160	21	1,2	—	1,6
	335/61	70	ST, grau	32	19	210	23	—	—	1,6
	336/61	200	ST, gr. sandig	32	70	320	36	0,5	—	1,7
		840	∅	31	43	~220	24	1,2	—	1,5

8.3. Die Metallgehalte in den grauen, marinbeeinflußten Schichten des Z 1 und Z 2

Neben den ufernahen Ablagerungen der Leineserie (Z3) sind es die beiden Küstenlinien aus dem Zechstein 1 und Zechstein 2, an die Metallanreicherungen gebunden sind. Es liegt nahe, daß auch hier eine gesetzmäßige Verteilung vorherrscht. Das zur Verfügung stehende Material reichte aber nicht aus, um z. B. den Nachweis für laterale und vertikale Faziesunterschiede führen zu können. Gleichfalls ungeklärt bleiben eventuell bestehende Zusammenhänge zwischen Küstenmorphologie und Metallführung. Das sehr lückenhafte Zahlenmaterial vermag daher nur einen allgemeinen Überblick zur Geochemie der beiden marin beeinflussten, randnahen Horizonte zu vermitteln.

8.3.1. Die graue Serie des Zechstein 2

Aus der grauen Serie des Z2 liegen Ergebnisse für den Raum Schmölln vor. Sie sind in der Tabelle 15 zusammengefaßt. Sie beziehen sich auf 37 Proben, die infolge hoher Bohrverluste ziemlich mangelhaften Gesteinskernen entnommen wurden. Zur Untersuchung gelangten graue, feinkörnige Sandsteine, gleichfarbige, zum Teil auch rotbraune Schiefertone mit Gipslagen und einige Dolomite. Unberücksichtigt blieb ein Gips- bzw. Anhydritlager, das dieser Serie eingeschaltet ist.

Die Werte liegen ziemlich niedrig; für Kobalt um 20, für Molybdän um 1,0 g/t. Silber bewegt sich zwischen 0 und 6,0 und Kupfer zwischen 10 und 100 g/t. Lediglich Blei und Zink erreichen am AP 43 in einer Probe Maximalgehalte von 0,1 bzw. 1,0 ‰. Berücksichtigt man die Besonderheiten der Metallverteilung in der Leineserie, sprechen diese Zahlen, die beachtliche Mächtigkeit des Horizontes und die zwischengeschalteten Gips- und Anhydritlagen für eine vorwiegend küstenfernere Fazies. Die geringen Kupferkonzentrationen mögen dadurch bedingt sein. In Richtung zu ufernäheren Bereichen sind stärkere Anreicherungen zu erwarten. Hinweise aus der Literatur bekräftigen diese Vermutung. So beobachteten *K. Th. Liebe* und *E. Zimmermann* (1893) die Schichtenfolge bei Langenreinsdorf 12 bis 18 m unter dem Plattendolomit in Gestalt „grauer, toniger und sandiger, etwa 5 m mächtiger Letten über geröllführenden Sandsteinen“ (Z1r!). Die „sehr dünn-schichtigen Gesteine“ enthielten „grüne Putzen und Überzüge von Malachit und ziemlich reichlich verkohlte Reste von Pflanzen“.

Weit größere Bedeutung erlangt diese graue Serie außerhalb des Untersuchungsgebietes, und zwar im Raum von Culmitzsch auf dem Bergaer Sattel. Man entnehme das der Tabelle 16.

Zink und Blei erreichen in einigen Lagen 1 ‰, Molybdän 100 und Silber 10 g/t. Dagegen treten Kupfer und Kobalt in den Hintergrund. *H. Ullrich* (1962) fand Gehalte in etwa der gleichen Größenordnung (Tabelle 17).

Bemerkenswert und sehr charakteristisch ist die hohe Konzentration von Arsen. Nicht selten ist es in sulfidischer Bindung, als Realgar- und Auripigmentbelag, auf den Schichtflächen dunkelgrauer Schiefertone zu beobachten, die reich an inkohltem Pflanzenhäcksel sind.

Tabelle 16. Die Gehalte der grauen Serie des Zechstein 2 bei Culmitsch (Obere Graue Folge), in g/t

Proben Nr.	M [cm]	Gestein	Cu	Pb	Zn	Co	Mo	Ag	AF
a) Hangendes: Z2r (Obere Rote Folge)									
*367/60	10	ST, dunkelgr.	28	1000	4500	30	20,0	4,6	1,9
368/60	25	ST, grau	65	1000	10000	42	100,0	7,5	1,9
366/60	10	Dolomitkonkretion	1100	440	5500	13	2,2	7,5	0,8
365/60	10	ST, gr.-dunkelgrau	100	10000	1300	34	4,0	5,0	1,9
364/60	17	Sdst, gr., m. ST-lagen	100	3000	1500	21	7,0	3,2	2,2
363/60	5	ST, gr., m. Sdst-lagen	19	130	600	17	8,0	3,2	2,1
362/60	3	Sdst, gr., feinkörnig	36	130	700	75	100,0	6,5	2,5
361/60	15	ST, grau	28	130	1000	75	36,0	5,0	2,0
360/60	8	Dolomit, grau	65	50	700	13	2,2	1,1	0,9
359/60	35	ST, grau	19	320	700	21	7,0	2,6	2,0
358/60	10	ST, grüngr., sandig	19	73	600	13	1,0	0,1	2,0

Liegendes: Z1r (Untere Rote Folge mit Culmitscher Sandstein)

b) Hangendes: Z2r (Obere Rote Folge)

612/61	30	St-Sdst, gr.-grüngr.	32	85	4000	10	—	1,0	2,5
611/61	30	dasselbe	90	19	40	11	—	8,5	1,6
610/61	30	ST, dunkelgr., sandig	270	320	600	36	0,5	10,0	2,0
609/61	5	Dolomitkonkretion	340	160	1500	36	1,0	10,0	0,8
608/61	25	ST, gr.-dunkelgrau	32	27	500	33	0,5	10,0	1,9
607/61	5	Dolomitkonkretion	520	100	1500	85	4,0	10,0	0,9
*606/61	10	ST, gr.-dunkelgrau	5	70	600	14	0,5	7,5	1,5
605/61	25	Sdst, gr., tonig	100	19	600	14	0,5	—	1,8
604/61	25	dasselbe	100	19	600	14	1,0	0,6	2,0
603/61	15	ST, gr., sandig	13	27	600	19	0,5	0,8	1,8
602/61	15	dasselbe	13	32	600	14	—	10,0	2,1
601/61	10	Sdst, gr., tonig	32	19	500	19	1,0	10,0	1,8
600/61	10	Dolomitkonkretion	13	10	400	11	—	0,7	0,9
599/61	10	ST-Sdst, grüngrau	46	27	600	23	1,0	6,5	1,9
598/61	20	dasselbe	5	27	700	13	0,5	—	3,2

Liegendes: Z1r (Untere Rote Folge mit Culmitscher Sandstein)

* In Proben Nr. 367/60 und 606/61 kommt etwas Fasergips vor.

Tabelle 17. Metallgehalte [g/t] in der Oberen Grauen Folge von Culmitsch (nach H. Ullrich, 1962)

Proben-Nr.	Ti	Pb	Zn	Ni	As	V*
S 12	2000	100	100	10	500	100
S 13*	100	100	5000	10	500	10
S 14	3000	100	100	10	500	100
S 15	100	200	100	10	1000	50
S 16	100	100	1000	10	1000	10
S 17	3000	100	3000	70	1000	200
S 18	100	100	600	10	1000	100

* Cu und Co liegen unter 100 g/t. — *) Die Proben S 13 und S 16 sind Dolomite.

8.3.2. Die graue Serie des Zechstein 1

Sie ist am besten aus dem Raum Schmölln bekannt geworden. Im Vordergrund stehen hier die Metalle Blei und Zink. Die Untersuchungsergebnisse von 6 Aufschlußpunkten faßt die Tabelle 18 zusammen.

Tabelle 18. Metallgehalte [g/t/] in der grauen Serie des Z1 bei Schmölln

AP	M [cm]	Cu	Pb	Zn	Co	Mo	Ag	AF	Proben
43	1280	186	675	3019	14	4,0	1,4	1,4	12
44	1100	46	321	2693	9	1,6	2,4	1,1	11
45	1750	65	540	4634	15	6,5	1,4	1,8	8
46	1400	80	428	1008	10	0,9	1,0	1,3	17
48	2100	46	1170	4304	14	1,9	1,3	1,5	9
49	2940	72	872	733	3	1,8	1,3	1,0	12

Blei und Zink sind in Form makroskopisch erkennbaren Galenits und Sphalerits an die delta-alluviale Schwemmkegelfazies, d. h. an die Konglomerat-, Sandstein- und Schiefertonzwischenlagen im Werradolomit gebunden (Bild 5). Einblick in die vertikale Metallverteilung am AP 43 gewährt die Tabelle 19.

Die stärksten Anreicherungen wurden wiederum nicht im Untersuchungsgebiete, sondern im Raum Culmützsch auf dem Bergaer Sattel festgestellt. Das geht aus den Tabellen 20 und 21 hervor.

Tabelle 20. Gehalte in der Unteren Grauen Folge (H. Ullrich, 1962)

Proben-Nr.	Ti	Pb	Zn	Ni	As	V ⁺)
S 1	2000	10000	1000	50	1000	100
S 2	1000	100	200	10	500	70
S 3	4000	10000	1000	70	1000	200
S 4	3000	100	100	50	100	100
S 5	100	100	100	10	100	10
S 6	1000	1000	100	10	1000	50
S 7*	100	4000	2000	10	500	10
S 8	1000	3000	3000	50	1000	50
S 9	500	2000	4000	50	1000	50
S 10*	100	10000	8000	10	500	10
S 11	3000	3000	400	70	1000	100

+ Die Werte für Cu und Co betragen weniger als 100 g/t.

* Die Proben S 7 und S 10 sind Dolomite.

Die Untere Graue Folge von Culmützsch ist eine Wechsellagerung aus Schieferton, feinkörnigem Sandstein und Dolomit. In Richtung nach Nordwesten nehmen die Dolomitlagen an Zahl und Stärke immer mehr zu, und der klastische Anteil tritt zurück, bis sich schließlich die bekannte Fazies des Geraer Hauptdolomites (Ca1) einstellt. Der Übergangzone gehört das Profil von Bild 23 an. Vor allem Blei und Molybdän, doch auch Kupfer und Silber sind hier noch auffallend stark angerei-

Tabelle 19. Die Verteilung der Metalle im Vertikalprofil der grauen Serie des Z1 am AP 43 [g/t]

Stratigr.	M [cm]	Proben Nr.	Fazies	Gestein	Cu	Pb	Zn	Co	Mo	Ag	AF
Z1r		280/61	Proluv.		32	27	100	14	1,6	—	1,7
Ca1	90	281/61	lakustr. ?	Schieferton, grau, plattig, dicht	10	19	160	14	1,0	0,1	2,3
	460	282/61	marin	Dolomit, grau, dicht, wenig PbS u. ZnS	5	450	4000	—	1,0	1,0	0,8
	20	283a/61	„Alluvium-Delta“ (Schwemmkegelfazies)	Schieferton, grau, sandig	32	1000	2700	11	7,5	5,0	1,0
	80	283b/61		Dolomit, grau	13	450	2400	10	5,0	1,7	1,6
	30	284a/61		Konglomerat, grau, mit Pbs u. ZnS	46	2000	950	10	3,2	1,0	1,4
	70	284b/61		Sandstein, grau, dolomitisiert	32	450	820	11	11,0	2,3	1,6
	100	285/61e		Sandstein, grau, dolomitis., PbS u. ZnS	100	3000	3300	10	2,5	1,0	1,6
	100	286/61		dasselbe	13	200	2100	10	2,5	1,7	1,2
	100	287/61		dasselbe	32	200	10000	10	3,2	2,3	1,7
	150	288/61	marin	Dolomit, grau, dicht, PbS	32	1000	820	10	—	1,0	0,8
20	289/61	sandige, tonige Zwischenlagen im Dolomit von Pr. Nr. 288/61		1%	450	400	330	100,0	10,0	2,6	
Basalt-schichten	60	290/61	marin-litoral	Schieferton bis Sandstein, grau	160	160	130	48	5,0	0,1	3,0
	200	292/61		Konglomerat, grau	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
				Oberrotliegendes							

Metallgehalte in den Schichten des Z 1 und Z 2

Tabelle 21. Metallgehalte [g/t] in den Basalschichten des Z1 von Culmitzsch

Proben Nr.	M [cm]	Gestein	Cu	Pb	Zn	Co	Mo	Ag	AF
Hangendes: Untere Graue Folge									
345/60	36	<i>Sdst</i> , feink., tonig	65	>10000	550	17	24,0	6,5	2,5
344/60	2	Konglomerat	100	>10000	1200	21	8,0	4,6	3,2
343/60	20	<i>Sdst</i> , feink., tonig	100	>10000	900	21	3,8	3,2	2,5
342/60	2	Konglomerat	550	≥10000	3800	26	17,0	6,0	3,2
341/60	5	<i>Sdst</i> , feink., tonig	28	~ 3000	220	13	3,8	2,6	2,4
340/60	10	Konglomerat	44	~10000	1200	21	2,2	3,2	3,0
339/60	8	<i>Sdst</i> , feink., tonig	28	≥10000	1500	26	8,0	9,0	2,5
338b/60		Gangquarz aus 338a/60	65	> 3000	550	36	3,8	2,6	2,2
338a/60	17	Konglomerat	100	≥10000	3400	65	11,0	6,0	3,2
337/60	5	<i>Sdst</i> , feink., tonig	44	> 3000	220	26	5,5	4,2	2,4
336/60	8	Konglomerat	44	≥10000	7000	34	3,8	9,0	2,2
335/60	13	<i>Sdst</i> , feink., tonig	44	> 3000	550	55	28,0	5,5	2,0
334/60	9	Konglomerat	100	≥10000	3400	42	8,0	6,0	1,2
333/60	5	<i>Sdst</i> , feink., tonig	44	~10000	320	34	17,0	3,9	2,3
332/60	10	Konglomerat	100	>10000	700	55	3,8	3,9	2,2

Liegendes: etwa 1,5 m Gehängeschutt, dann altpaläozoische Tonschiefer

chert. Bedeutsam erscheint die Häufung metallreicher Lagen in den liegenden und hangenden, stark tonig-sandig ausgebildeten Partien des Werradolomites. Diese Tatsache erinnert lebhaft an die Metallverteilung innerhalb der Leineserie, an deren Buntmetallkonzentrationen im Liegenden („Unterer Metallhorizont“) und im Hangenden des Plattendolomites („Oberer Metallhorizont“). Eine zyklenabhängige Metallverteilung scheint demnach auch in den randnahen, marin beeinflussten Ablagerungen des Zechstein 1 vorzuliegen.

8.4. Die Metallgehalte in den rotbraun gefärbten, überwiegend kontinentalen Ablagerungen

Zwischen den marin beeinflussten, aber randnahen Horizonten des Zechstein 1, Zechstein 2 und Zechstein 3 liegen jene Schiefertone, Sandsteine und Konglomerate, die sich als rotbraun gefärbte Schuttkegel zur Zeit der stärksten Meeres- einengung vom Festlande aus in das Innere des salinaren Sedimentationsbeckens vorschoben. Die Rotfärbung ist die Folge vorherrschend hoher Oxydationspotentiale, bei denen Fe^{+++} beständig war. Diese Bedingungen entsprachen nicht den physiko-chemischen Voraussetzungen für eine überdurchschnittliche Konzentration von Buntmetallen. Die festgestellten und in Tabelle 22 zusammengefaßten Gehalte sind daher niedrig. Sie lassen sich mit denen im Grauen Salzton (T3) des Becken- innern vergleichen und bewegen sich innerhalb der Grenzen, die K. B. Krauskopf (1955) als durchschnittlich für Schiefertone angibt (Tabelle 5).

Tabelle 22. Metallgehalte in den kontinental beeinflussten, rotbraun gefärbten Ablagerungen

Strat. Horiz.	Ort	Zahl der AP	Zahl der Proben	Cu	Pb	Zn	Co	Mo	Ag
Z2r	Lehndorf	19	58	47	51	~220	17	1,2	1,3
Z2r	Geith./Fröhbgr.	4	8	12	30	~140	10	0,6	0,1
Z2r	Schmölln	5	5	25	54	194	17	1,0	0,2
Z1r	Schmölln	7	12	27	19	<100	11	1,7	1,2
Z1	Crimmitschau	1	43	45	28	<100	23	1,0	—
Z1	Lehndorf	4	6	52	70	190	18	3,0	0,6
Z1	Geith./Fröhbgr.	4	6	35	34	112	13	1,2	0,5

8.5. Das durchschnittliche geochemische Zechsteinprofil

Das nun vorliegende Zahlenmaterial gestattet die Aufstellung eines allgemeinen geochemischen Profils durch den Zechstein Nordwestsachsens und Südostthüringens. Benutzt man dazu die Durchschnitte aus den Tabellen 10, 12, 13, 15, 16, 18, 21 und 22, ergeben sich die Kurven des Bildes 24 und die Werte der Tabelle 23. Sie machen die Abhängigkeit der Buntmetallkonzentrationen vom Großzyklenablauf deutlich sichtbar. Die Maxima von Kupfer, Blei, Zink, Kobalt, Molybdän und Silber halten sich an die grauen, kohlenstoffführenden, marin beeinflussten Schichten. Mehr sollte man aus den Zahlen nicht herauslesen. Sie sind z. B. nicht geeignet, Schlußfolgerungen aus den Unterschieden zu ziehen, die zwischen den einzelnen Zechsteinserien zu bestehen scheinen. Die hohen Werte für Blei und Zink im Z1 gegenüber Kupfer im Z3 lassen sich nicht von vornherein so auslegen, daß im Z1 vorwiegend Blei und Zink, im Z3 dagegen hauptsächlich Kupfer sedimentiert wurde. Unter Berücksichtigung regionaler Metaldifferenzierungen und der nur geringen Zahl von Aufschlußpunkten im Z1 ist es denkbar, daß gerade hier eine Blei-Zink-Zone angetroffen wurde, während die zugehörige Kupferfazies unerkannt blieb.

Tabelle 23. Metallgehalte [g/t] in den marinen und kontinentalen Schichten des Zechstein 1, 2 und 3

Stufe	Vorherrschende Fazies	M [m]	Cu	Pb	Zn	Co	Mo	Ag	AF	Zahl der AP
Z3	marin	4 bis 13	430	283	~442	34	7,0	2,9	1,5	98
Z2r	terrestrisch	1 bis 16	49	49	204	16	1,2	0,9	2,0	28
Z2	marin	16 bis 0	63	258	941	23	3,4	1,9	1,7	9
Z1r	terrestrisch	5 bis 14	27	19	~100	11	1,7	1,2	2,2	7
Z1	marinalluvial	30 bis 0	81	1848	2526	14	4,7	2,1	1,5	7

9. Kurze petrographische Beschreibung der Sandsteine, Dolomite und Schiefertone des Zechstein 3

9.1. Die Sandsteine der alluvialen Schwemmkegel

Die alluvialen Sandsteinbänke des T3-Horizontes sind fein- und mittelkörnig, der innere Schuttkegelkern bei Geithain ist grobkörnig und geröllführend. Die unterschiedlichen Gesteinstypen sind durch allmähliche Übergänge miteinander verbunden, so daß alle Korngrößenbereiche vertreten sind (Bild 25 bis 29).

Das fein- und mittelkörnige Material ist in der Regel mäßig bis gut kantengerundet und sortiert (Bild 30 bis 33). Das und die häufig zu beobachtende Schrägschichtung spricht für mehrmalige Umlagerungen der Sedimente und eine damit verbundene Auswaschung des tonigen Materials. Auffallend ist ein hoher mineralischer Reifegrad, denn das Gestein setzt sich fast ausschließlich aus Quarzdetritus zusammen. Weniger widerstandsfähige Minerale, wie Feldspat, Hornblende u. a., sind selten, gleichfalls solche Akzessorien wie Zirkon, Turmalin, Anatas und Titanit. Dagegen sind Glimmerblättchen weit verbreitet. Sie konzentrieren sich bei zunehmender Feinheit der Sandsteine immer mehr und können in reine Glimmeraggregate übergehen (Bild 27 bis 29). Das Bindemittel besteht aus schwer identifizierbarer toniger Substanz oder Karbonaten. Nicht selten fehlt es völlig. Die Quarzkörner stehen dann in direktem Kontakt miteinander (Bild 26).

Der grobkörnige und geröllführende Teil des Schuttkegels von Geithain hat etwas abweichende Eigenschaften. Sortierung und Schichtung sind nicht stark ausgeprägt, und dem Quarzdetritus ist stellenweise mehr oder weniger kaolinitisierter Feldspat beigemischt. Die Gerölle bestehen aus Porphyren, Tonschiefern und kristallinen Schiefern. Ihre Kantenabrundung ist gering. Der Transportweg kann nur kurz gewesen sein.

9.2. Die Dolomite aus dem Horizont Ca3 (Plattendolomit)

Die unteren Lagen des Plattendolomites sind hellgrau, meist dickbankig und fein- bis mittelkristallin. Im Schliffbild herrscht typische Mosaikstruktur vor (Bild 34). Nach dem Hangenden zu nehmen besonders bei Geithain die Korngrößen ab und in der Zone des „Oberen Metallhorizontes“ ist das Gefüge hauptsächlich pelitisch. Gleichzeitig häufen sich tonige Bestandteile und Quarzdetritus (Bild 35). In diesem Falle sind die Dolomite gewöhnlich feingeschichtet, dünnbankig bis plattig und reich an organischer Substanz und Sulfiden (Bild 36). Als ungewöhnliche Vorkommen sind es sogenannte „Dolomitsandsteine“, die die Aufmerksamkeit auf sich lenken. Sie kommen zusammen mit Schiefertonzwischenlagen vor, werden bis 5 cm mächtig und sind für den „Oberen Metallhorizont“ charakteristisch. Sie bestehen aus detritusartigen Dolomitpartikeln und erwecken daher den äußerlichen Eindruck von Sandsteinen. Das Bindemittel der kleinen „Gerölle“ ist Bitumen oder rekristallisiertes Karbonat, zuweilen auch Bleiglanz und Zinkblende (Bild 37). Wahrscheinlich handelt es sich aber nicht um echtes Detrituskarbonat, sondern um Konkretionen, die sich im ehemals unverfestigten Sediment an Ort und Stelle bildeten.

Abgesehen von flüchtigen Kohlenwasserstoffen, die sich durch ihren Geruch ver-raten (Stinkkalk), läßt sich die organische Substanz der Dolomite nach mikrosko-pischer Beobachtung in drei Gruppen einteilen:

- a) Feste Protobitumina. Sie ziehen sich in Gestalt tropfenförmig-ovaler Gebilde mit zonarer Struktur und bernsteingelber bis dunkelblauer Farbe durch das Schliffbild (Bild 38). Sie sind als mehr oder weniger polymerisierte Resinite (Harze) zu deuten.
- b) Feindisperses Polymerbitumen oder inkohlte Huminverbindungen. Sie durch-ädern und durchtränken stellenweise das Gestein (Bild 39).
- c) Inkohlter Pflanzenhäcksel. Er häuft sich auf Schichtflächen des Dolomites (Bild 35).

9.3. Die Schiefertone des Unteren und Oberen Metallhorizontes

Die Hauptvertreter metallhaltiger Sedimente der Leineserie sind feinsandige Schie-fertone. Sie sind stets grau, durch hellen Glimmer auf den Schichtflächen silber-grau, durch organische Substanz auch dunkelgrau gefärbt. Das Material selbst ist gewöhnlich mürbe, bröckelig, blättrig und dünnplattig, seltener, im Falle reich-lichen Bitumengehaltes, fest und splittrig. Auf Schichtflächen beobachtet man Wellenrippeln, zuweilen Steinsalzglyptomorphosen, fast immer aber inkohlten Pflanzenhäcksel. Zu den bemerkenswertesten Kennzeichen der Schiefertone gehört eine ausgeprägte Feinschichtung. Sie wird durch eine Wechsellagerung von tonigen Partien und Feinsandschichten verursacht, die oft entgegen der Darstellung im Bild 40 allmählich ineinander übergehen („graded bedding“).

Es ist ein Zeichen für ruhige Sedimentation bei wenig bewegtem Wasser mit einer armen oder fehlenden Bodenfauna (Bucht, Lagune).

Der mikroskopischen Untersuchung sind die Schiefertone nur schwer zugänglich. Ihre bröcklige und blättrige Struktur bereitet der Herstellung von Dünnschliffen Schwierigkeiten. Anschliffe bekommt man aus diesem Material fast überhaupt nicht zustande. Das ist bedauerlich, denn es ist reich an Sulfiden.

Um die Hindernisse etwas zu umgehen, wurden die opaken Anteile der Dünnschliffe mittels Binokular, darauf mikroskopisch untersucht. Ein Vergleich der Er-gebnisse läßt dann weitere Schlüsse zu.

Auffällig ist die Inhomogenität der Dünnschliffbilder. Man unterscheidet fast immer drei größere voneinander abgrenzbare Einheiten:

- a) Eine grobe, gut auflösbare,
- b) eine dichte, schwer auflösbare und
- c) eine opake Einheit (Bild 42).

Der grobe, gut auflösbare Anteil besteht aus einem Gemenge von Quarz, Glimmer und wenig Feldspat. Die Korngrößen liegen zwischen 4 und 200 μ . Es ist ein feinkörniger Sandstein (Bild 42). Tonige Substanzen und Karbonate bilden das Bindemittel.

Die optisch kaum auflösbaren Partien stellen ein feinfilziges Aggregat von Mine-ralen dar, die durch gewöhnliche Hilfsmittel nicht mit Sicherheit identifizierbar

waren (Bild 29 und 42). Eine röntgenographische Bestimmung ergab Illit als Hauptbestandteil. Montmorillonit, Kaolinit und ähnliche Tonminerale wurden nicht festgestellt.

Die opaken Körper sind in unregelmäßigen Formen von wechselnder Größe über das Schliffbild verteilt. Es sind inkohlte organische Stoffe und Sulfide. Erstere treten in vielfältiger Gestalt auf. Aus der Gruppe stabiler Protobitumina stehen Harz- oder Wackkörner als tropfenförmige, ovale, manchmal auch langgestreckte gelbbraune Gebilde im Vordergrund (Bild 38). Im ganzen spielen sie aber nur eine untergeordnete Rolle, während das Schliffbild reich an inkohltem Pflanzendetritus ist (Bild 43). Sehr selten ist Vitrit, etwas häufiger Fusit (Bild 44). Außerdem erregen zahlreiche strukturlose organische Substanzen ohne Detrituscharakter die Aufmerksamkeit (Bild 46 und 47). Vermutlich sind es inkohlte Huminsäurederivate, die sich bei der Zersetzung pflanzlicher Bestandteile zu bilden pflegen.

Die Sulfide sind punktförmig und ziemlich gleichmäßig über das gesamte Schliffbild zerstreut (Bild 48), oder sie konzentrieren sich in den feinsandigen Lagen zu größeren Aggregaten (Bild 49 und 50). Charakteristisch sind gleichfalls Verwachsungen mit der organischen Substanz (Bild 41). Die Sulfide selbst bestehen

Tabelle 24. Der Chemismus der Schiefertone aus dem „Unteren Metallhorizont“ (T3 Bucht von Crimmitschau

AP Proben-Nr.	5 192/60	16 298c/60	15 299b/60	6 305b/60	27 307c/60	9 310b/60	22 319b/60
Glühverlust	8,29	10,94	8,99	8,79	9,52	7,48	10,08
SO ₃	0,12	0,23	0,20	0,12	0,39	0,07	0,29
SiO ₂	55,77	49,80	53,11	58,26	53,48	55,94	51,09
Al ₂ O ₃	19,04	19,19	20,69	19,69	22,25	20,50	20,00
FeO	2,4	3,57	3,36	2,02	2,27	2,07	5,88
Fe ₂ O ₃	3,50	1,51	2,47	4,32	1,62	3,18	
TiO ₂	1,25	1,10	1,21	1,19	1,32	0,90	0,91
MnO	0,16	0,16	0,10	0,18	0,07	0,03	0,06
P ₂ O ₅	0,15	0,11	0,12	0,12	0,16	0,15	0,17
CaO	1,05	2,97	0,87	1,22	1,31	0,44	1,31
MgO	2,69	4,42	3,28	3,75	1,99	1,61	3,51
Na ₂ O	0,17	0,28	0,23	0,32	0,21	0,37	0,25
K ₂ O	5,26	5,70	5,92	5,73	5,64	6,72	4,57
Summe	99,85	99,98	100,55	105,71	100,23	99,46	98,12

aus Bleiglanz, Zinkblende, Pyrit, Kupferkies und Kupferglanz. Jedoch war die Bestimmung mittels Binokular sehr unsicher.

Die chemische Zusammensetzung einiger Schiefertone des „Unteren Metallhorizontes“ aus der Bucht von Crimmitschau geht aus der Tabelle 24 hervor.

10. Über eine ähnliche Zechsteinfazies am Ostrande des Rheinischen Schiefergebirges

Die Buntmetallanreicherungen im randnahen Zechstein Sachsens und Ostthüringens gehören trotz gewisser geochemischer Beziehungen (laterale und vertikale Faziesunterschiede) nicht zum Typ „Kupferschiefer“. Die Unterschiede ergeben sich aus der Lage dieser Vorkommen im unmittelbaren Bereiche der Küste, einer Übergangszone, in der marine und terrestrische Sedimentationsvorgänge ineinander greifen. So fehlen z. B. solche wesentlichen Merkmale des Kupferschiefers, wie die Unveränderlichkeit der petrographischen Ausbildung über größere Flächen, Fischfauna und hoher Gehalt an bituminöser organischer Substanz. Statt dessen überwiegt eine wechselhaft sandig-lettige Fazies, die reich an inkohltem Pflanzenhäcksel ist.

Ähnliche Verhältnisse liegen am Ostrande des Rheinischen Schiefergebirges vor. *Beyschlag* (1907, rezit. von *O. Grupe*) vermutete dort die Westküste des Zechsteinmeeres. Ihr Verlauf zur Zeit des Kupferschiefers wirkt wie ein Spiegelbild von der thüringisch-sächsischen Seite. Das gilt vor allem für die nördlich und südlich des Kellerwaldes gelegenen zwei Buchten von Korbach und Frankenberg. Dort gelangte eine Schichtenfolge zum Absatz, die durch das Zurücktreten des Salinarfazies, das Übereinander kontinentaler und mariner Bildungen und die Existenz mehrerer kupferführender Horizonte lebhaft an die Besonderheiten des Untersuchungsgebietes erinnert.

Nördlich des Kellerwaldes, in der Bucht von Korbach–Marsberg, sind Kupferanreicherungen in Lettenlagen des Unteren und Oberen Zechsteins bekannt. Man nimmt gleichzeitige Zufuhr von Tondetritus und Metall vom Festlande an. Das Kupfer wurde offenbar unter der reduzierenden Einwirkung schwefelwasserstoffhaltiger Faulschlämme innerhalb der Bucht zur Ausfällung gebracht. Von Interesse sind zwei Horizonte, einer bei Thalitter, der andere bei Leitmar. Ersterer besteht aus flözartigen Lagen, die einer 4 bis 6 m mächtigen Folge kalkiger Platten eingeschaltet sind. Letzterer stellt eine Wechsellagerung von grauen, sandigen Letten, Mergeln und Kalken dar, die reich an inkohltem Pflanzenhäcksel sind. Südlich des Kellerwaldes, in der Bucht von Frankenberg, sind zwei Kupferhorizonte von Bedeutung: das „Stätebergflöz“ und die „Geismarer Kupferletten“. Ihren Metallinhalt verdanken sie kupferhaltigen Lösungen, die vom Festlande aus in die Bucht gelangten.

Das Stätebergflöz war Gegenstand des Bergbaues im 18. und 19. Jahrhundert. Wichtigstes Erzmineral ist Kupferglanz, der bevorzugt mit inkohlten Pflanzenresten verwachsen ist. Oxydationsprodukte sind Malachit und Kupferlasur. Bisweilen findet sich Bleiglanz. Die Mächtigkeit der Zone schwankt zwischen einem und mehreren Metern.

Der Horizont der Geismarer Kupferletten ist blaugrau bis rötlich gefärbt und etwa 0,5 m mächtig. Er besteht aus sandigen Schiefertönen, dünnplattigen Sandsteinen und Dolomiten. Charakteristisch sind zahlreiche inkohlte Pflanzenreste, an welche die Hauptmenge silberhaltiger Kupfererze gebunden ist. An Erzmineralen kommen vor allem Kupferglanz, Buntkupfererz, Kupferkies und sekundärer

Malachit vor. Selten wurden gediegen Silber und Bleiminerale beobachtet. Durch Tiefbohrungen (E. Kautzsch, 1947) stellte man fest, daß die kupfererzführenden Lettenlagen keinen zusammenhängenden, einheitlichen Horizont mit durchgehendem Flözcharakter besitzen. Wie im Falle der T3-Ablagerungen in der Bucht von Lehdorf handelt es sich um einzelne, neben- und übereinanderliegende metallhaltige Linsen.

11. Zusammenfassung der Ergebnisse

11.1. Die Resultate der stratigraphischen, faziellen und paläogeographischen Bearbeitung

- a) In den Mulden von Zeitz-Schmölln und Borna wird der Zechstein bis zu 80 m mächtig. Er ist überwiegend klastisch ausgebildet. Sein charakteristischstes Merkmal ist ein Über- und Nebeneinander terrestrischer und mariner Schichten, deren Ablagerung sich in der Nähe des Beckenrandes vollzog.
- b) Die terrestrische Fazies umfaßt im wesentlichen das Proluvium im Sinne L. B. Ruchins (1958, S. 53). In Gestalt der „Dolomitischen Arkosensandsteine“ A. Schusters ist sie besonders typisch für den Rand des östlich und südöstlich gelegenen Abtragungsgebietes.
- c) Der marin beeinflusste Komplex beherrscht den westlichen, beckenwärts gelegenen Teil des Untersuchungsgebietes. Er ist faziell uneinheitlich. Hervorzuheben sind:
 - ca) echt marine Dolomite,
 - cb) feingeschichtete, lagunäre Schiefertone mit organischer Substanz,
 - cc) schräggeschichtete, delta-alluviale Sandsteine. Sie sind reich an inkohlem Pflanzenhäcksel.
- d) Im Untersuchungsgebiet (Mulden von Zeitz-Schmölln und Borna) verzahnt sich der marine und kontinentale Zechstein.
- e) Im ganzen betrachtet, vollzog sich die Ablagerung in drei großen Zyklen. Sie begannen jeweils mit grauen, tonig-sandigen Transgressionsschichten und endeten mit regressiven, rotbraun gefärbten, vorherrschend terrestrischen Sandsteinen und Schiefertönen. In der Periode der Immersion kam es gewöhnlich zur Ausscheidung von Dolomit.
- f) Der Zechstein läßt sich demnach in folgende drei Serien aufgliedern (Bild 3):

c) 3. Rote Folge Z3r	7 bis 12 m	Regression	überwiegend terrestrisch
Z3 b) Plattendolomit Ca3	3 bis 10 m	Immersion	marin
a) Basalschichten T3	1 bis 9 m	Transgression	überwiegend marin
b) 2. Rote Folge Z2r	1 bis 16 m	Regression	überwiegend terrestrisch
Z2 a) Graue Folge	bis 32 m	Transgression	überwiegend marin
c) 1. Rote Folge Z1r	5 bis 14 m	Regression	überwiegend terrestrisch
Z1 b) Werradolomit Ca1	bis 25 m	Immersion	marin
a) Basalschichten	bis 4 m	Transgression	überwiegend marin

- g) Die Schichtenfolge ist parallelisierbar mit der von Culmitzsch und Gera (Bild 6). Es spiegelt sich in ihr ein dreimaliger grundsätzlicher Wechsel zwischen Festland und Meer.
- h) Während transgressiver Perioden lag der Untersuchungsraum in einem marin-kontinentalen Übergangsbereich. Typisch für ihn waren Buchten, Landzungen, Lagunen und delta-alluviale Schwemmkegel (Bilder 5, 7, 8 und 9). Im Zechstein Z3 (T3) bestand je eine Bucht bei Crimmitschau, Lehdorf und Frohburg-Geithain (Bild 9).

Zur Zeit der Regression blieben nach Abzug des Meeres zunächst kleinere oder größere „Restseen“ zurück (Bild 10), doch wurden sie bald durch ausgedehnte proluviale Schuttkegel ersetzt (Z1r, Z2r, Z3r), die sich vom östlichen und südöstlichen Festlande aus weit nach dem Beckeninneren vorschoben.

- i) Dem dreimaligen Wechsel zwischen Festland und Meer entsprechend, sind insgesamt drei Küstenzonen feststellbar. Die älteste (Verzahnungszone Werradolomit-Proluvium), zu unterst gelegene, verläuft im Westen, ungefähr auf der Linie Borna-Schmölln (Bild 5); die jüngste (Verzahnungszone T3-Proluvium) zieht sich weiter östlich entlang, etwa von Crimmitschau über Lehdorf nach Geithain (Bild 9). Das Meer drang demnach von Zyklus zu Zyklus immer weiter nach dem Festlande vor, bis es sich an der Wende Zechstein-Buntsandstein endgültig zurückzog.

11.2. Die Ergebnisse der Geochemie

Der Hauptteil vorliegender Arbeit besteht aus Beiträgen zur Geochemie der oben beschriebenen Ablagerungen. Besonderes Interesse gilt den Beziehungen zwischen Metallverteilung, zyklischer Sedimentation und Paläogeographie. Im Mittelpunkt stehen die Elemente Blei, Zink, Kupfer, Kobalt, Molybdän und Silber.

11.2.1. Die marin beeinflussten Schichten der Leineserie (Z3)

Auf ihr lag der Schwerpunkt der Untersuchungen. Studienobjekte waren die Basalschichten (T3), die Immersionssedimente aus dem Plattendolomit (Ca3) und die marin beeinflussten Regressionsschichten (Grenzbereich von Ca3 und Z3r).

a) Die Basalschichten (T3), Unterer Metallhorizont

Die Basalschichten sind 1 bis 9 m mächtig. Erhöhte Konzentrationen von Kupfer, Blei, Zink, Kobalt, Molybdän und Silber führten zur Bezeichnung „Unterer Metallhorizont“. Eine regionale Bearbeitung ergab:

- aa) Die Anreicherungen sind an die Nähe der Küste gebunden. Sie betragen das 5- bis 10fache gegenüber dem Beckeninneren (Bild 11).
- ab) Die Konzentrationen längs dem Küstenstreifen sind unterschiedlich. Es machen sich Beziehungen zum Uferverlaufe bemerkbar. So bevorzugen die Anreicherungen allem Anschein nach die Buchten von Crimmitschau, Lehdorf und Geithain (Bild 12, Tabelle 10).

Ab X
 ac) Innerhalb der Buchten von Crimmitschau und Geithain bestehen regionale geochemische Faziesunterschiede. Die Hauptmenge von Kupfer hält sich an die Nähe der Uferlinie, die Höchstwerte von Blei und Zink schließen sich beckenwärts an (Bild 15 und 18). Diese Erscheinung spricht für eine Zufuhr der Metalle durch Süßwässer vom nahen Festlande. In den Buchten erfolgte ihre syngenetische Ausfällung aus H_2S -haltigem Wasser. Die unterschiedlichen Löslichkeitsprodukte der Kupfer-, Blei- und Zinksulfide bewirkten die Differenzierung dieser Elemente.

b) Immersionsedimente (Ca3)

Sie sind 0,5 bis 2 m mächtig und setzen sich aus lichtgrauen, vorwiegend dickbankigen Dolomiten zusammen. Sie kamen in größerer Entfernung von der Uferlinie zur Ablagerung; die Küste hatte sich im Verlaufe der Überflutung weiter nach Osten und Südosten verlagert. Für den Untersuchungsraum waren zu jener Zeit keine günstigen Bedingungen für Metallanreicherungen gegeben. Die Werte liegen daher verhältnismäßig niedrig (Tabelle 12).

c) Die marin beeinflussten Regressionsedimente, Oberer Metallhorizont (Ca3/23r)

Während der regressiven Phase geriet das Altenburger Gebiet erneut in den Bereich einer mehr oder weniger gegliederten Küste. Es kam zur Ausbildung des „Oberen Metallhorizontes“. Er hält sich mit einer durchschnittlichen Mächtigkeit von etwa 2,0 m an die obersten Lagen des stark bituminösen Plattendolomites und die grau gefärbten Schiefertone in seinem Hangenden. Letztere werden als Ablagerungsprodukte eines „Restsees“ aufgefaßt (Bild 10). Eine regionale Untersuchung ergab:

- Ab X
- ca) Der Metallinhalt ist sehr veränderlich. Im Süden, bei Crimmitschau und Schmölln, liegen die Werte am niedrigsten (Tabelle 13 a). Weiter nördlich, bei Lehdorf, nehmen die Konzentrationen zu (Tabelle 13 b). Die höchsten Gehalte wurden in der Bornaer Mulde hauptsächlich zwischen Frohburg und Elbisbach festgestellt (Tabelle 13 c).
 - cb) Die Metalle bevorzugen zwischen Frohburg und Elbisbach vor allem den Ostrand des „Restsees“, d. h. die Verzahnungszone zwischen rotbraunen und grauen Ablagerungen.
 - cc) Es bestehen vertikale Faziesunterschiede. Zink ist charakteristisch für die liegenden, und Kupfer zusammen mit Kobalt, Molybdän und Silber für die hangenden Schichten. Blei nimmt eine vermittelnde Stellung ein. Im Vergleich zum Kupferschiefer ist diese Reihenfolge und auch der lithologische Aufbau des Metallhorizontes umgekehrt (Bild 21). Als Ursache der Vertikaldifferenzierungen kommt die regressive Verschiebung der Uferlinie in Betracht, und zwar unter den Bedingungen ausgeprägter Kupfer-, Blei- und Zinkzonen, die ihr in horizontaler Anordnung vorgelagert sind (Bild 15 und 18). Das führt im Sinne des Gesetzes von der Korrelation der Sedimente zu einem Übereinander dieser Zonen (Bild 22).

11.2.2. Die marin beeinflussten Horizonte des Zechstein 1 und 2

Neben den ufernahen Ablagerungen der Leineserie sind es die beiden Küstenlinien aus dem Zechstein 1 und 2, an welche Metallanreicherungen gebunden sind (Tabelle 15 bis 21). Es liegt nahe, anzunehmen, daß auch hier eine gesetzmäßige Verteilung vorherrscht. Das zur Verfügung stehende Material reichte jedoch nicht aus, um den Nachweis dafür zu erbringen.

11.2.3. Die rotbraun gefärbte Proluvialfazies des Zechstein 1, Zechstein 2 und Zechstein 3

Der rotbraun gefärbte terrestrische Zechstein ist arm an Buntmetallen. Die Werte bewegen sich innerhalb der Grenzen, die *K. B. Krauskopf* (1955) als durchschnittlich für Schiefertone angibt (Tabelle 22).

Eine Gesamtübersicht zur Verteilung von Blei, Zink, Kupfer, Kobalt, Molybdän und Silber im Zechsteinprofil vermitteln Tabelle 23 und Bild 24.

Die Metallkonzentrationen gehören nicht zum Typ Kupferschiefer. Doch sind sie eng verwandt mit denen am Ostrande des Rheinischen Schiefergebirges. Das gilt in erster Linie für die Kupferletten der Bucht von Marsberg-Korbach, desgleichen für die Kupferletten von Geismar und das Stätebergflöz der Frankenberger Bucht.

Резюме

I. Результаты изучения стратиграфии, фациальных и палеогеографических условий

1. В мульдах Цайц—Шмёльн и Борна цехштейн достигает мощности 80 м и представлен преимущественно кластическими отложениями. Наиболее характерным признаком его является смена по горизонтали и вертикали терригенных и морских слоёв, отложение которых происходило вблизи края бассейна.
2. Терригенная фация по существу относится к пролювию в понятии *Л. Б. Рухина* (1958, стр. 53). В виде „Доломитовых аркозовых песчаников“ по *А. Шустеру* она является особенно типичной для края области сноса, располагающейся восточнее и юговосточнее.
3. Морской комплекс занимает западную часть района исследования, расположенную ближе к центру бассейна и в фациальном отношении является неоднородной. Основными породами являются:
 - а) морские доломиты;
 - б) тонкослоистые лагунные сланцеватые глины с органическим веществом;
 - в) косослоистые аллювиально-дельтовые песчаники, обогащенные обуглившимися растительными остатками.
4. В районе исследования (мульды Цайц—Шмёльн и Борна) имеются фациальные переходы между морским и континентальным цехштейном.
5. В общем, отложение осадков происходило в течение трёх крупных циклов, которые начинались серыми глинистопесчанистыми трансгрессивными слоями и оканчивались регрессивными, преимущественно

терригенными красно-коричневыми песчаниками и сланцеватыми глинами. В период иммерсии *) обычно отлагался доломит.

6. Таким образом, цехштейн можно разделить на 3 следующие серии (рис. 3):

	в) Третья красно-цветная серия	Z 3 r	7—12 м	регрессия	преимущественно терригенная
Z 3	б) Плитчатый доломит	Ca 3	3—10 м	иммерсия	морской
	а) Базальные слои	T 3	1—9 м	трансгрессия	преимущественно морские
Z 2	б) Вторая красно-цветная серия	Z 2 r	1—16 м	регрессия	преимущественно терригенная
	а) Сероцветная серия	(Ca 2 + A 2)	до 32 м	трансгрессия	преимущественно морская
	в) Первая красно-цветная серия	Z 1 r	5—14 м	регрессия	преимущественно терригенная
Z 1	б) Доломит серии Верра	Ca 1	до 25	иммерсия	морской
	а) Базальные слои	(zcg + T 1)	до 4 м	преимущественно трансгрессия	морские

7. Указанную свиту слоёв можно параллелизовать со свитой слоёв Кульмича и Геры (рис. 6). В ней отражается трехкратная принципиальная смена между континентом и морем.

8. Во время этих трёх трансгрессивных периодов район исследования представлял собой переходную область между морем и континентом. Типичным для него являлись бухты, косы, лагуны и аллювиально-дельтовые конусы выноса (рис. 5, 7, 8 и 9). В серии Z 3 (T 3) существовали бухты около Криммичау, Лендорфа и Фробург—Гайтхайна (рис. 9).

Во время регрессии сначала оставались мелкие, иногда более крупные „остаточные озёра,, (рис. 10), которые затем быстро заполнялись пролювиальными конусами выноса (Z 1r, Z 2r, Z 3r.), далеко продвинувшись с восточного и юго-восточного континента в направлении внутренней части бассейна.

9. Соответственно трехкратной смене между континентом и морем можно установить 3 прибрежные зоны. Наиболее древняя зона (зона фациальных переходов между доломитом серии Верра и пролювием), располагающаяся в низах разреза, на западе проходит приблизительно по линии Борна—Шмёльн (рис. 5); наиболее молодая (зона фациальных переходов между базальными слоями (T 3) и пролювием) протягивается далее на восток, приблизительно от Криммичау через Лендорф в Гайтхайн (рис. 9). Таким образом, от цикла к циклу море всё далее продвигалось вглубь континента. Лишь на границе между цехштейном и пёстроцветным песчаником оно отступило окончательно.

*) Период максимальной трансгрессии.

II. Результаты геохимических исследований

Основная часть настоящей работы состоит из материалов по геохимии описанных выше отложений. Особый интерес уделяется взаимосвязям между циклической седиментацией, палеогеографией и распределением металлов-свинца, цинка, меди, кобальта, молибдена и серебра.

A. Морские слои серии Z3 Лайне

Основные исследования велись в серии Лайне. Были изучены базальные слои (T3), осадки иммерсии, представленные нижними слоями плитчатого доломита (Ca3) и морские регрессионные слои (область границы между Ca3 и Z3r).

1. Базальные слои (T3), „Нижний металлоносный горизонт“

Базальные слои имеют мощность от 1 до 9 м. Наименование „Нижний металлоносный горизонт“, обусловлено повышенной концентрацией меди, свинца, цинка, кобальта, молибдена и серебра. Региональное изучение показало, что:

- a) концентрации металлов приурочены к прибрежным участкам, где они в 5 до 10 раз выше, чем в центре бассейна (рис. 11);
- б) концентрации металлов вдоль побережья различны и находятся в тесной связи с формой береговой линии. При этом наибольшая концентрация происходит, по-видимому, в бухтах Криммичау, Лендорф и Гайтхайн (рис. 12, табл. 10);
- в) внутри бухт Криммичау и Гайтхайн отмечаются региональные изменения геохимических фаций. Наибольшие содержания меди находятся вблизи береговой линии, затем следуют (в направлении центра бассейна) наиболее высокие содержания свинца и цинка (рис. 15 и 18). Это явление свидетельствует о привносе металлов пресными водами с близкого континента. В бухтах происходило их сингенетичное осаждение из вод, содержащих H_2S . Различная растворимость сульфидов меди, свинца и цинка вызывала дифференциацию этих элементов.

2. Иммерсионные осадки (Ca3)

Они имеют мощность от 0,5 до 2 м, сложены светло-серыми, преимущественно толстослоистыми доломитами, которые отлагались на более значительном расстоянии от береговой линии: побережье в течение трансгрессии перемещалось всё далее к востоку и юго-востоку. В то время в районе исследования не было благоприятных условий для концентраций металлов. Поэтому, значения концентраций металлов относительно низки (табл. 12).

3. Морские регрессивные осадки, „Верхний металлоносный горизонт“ (Ca3/Z3r)

Во время регрессивной фазы Альтенбургский район снова представлял собой расчленённое побережье. В это время образовался „Верхний металлоносный горизонт“ мощностью около 2,0 м, приуроченный к самым верхним слоям сильно битуминозного плитчатого доломита и сероцветным сланцеватым глинам в его висячем боку. Последние рассматриваются как продукты отложения „остаточного озера“ (рис. 10). Региональное исследование верхнего горизонта показало, что:

- a) содержание металлов здесь является весьма изменчивым. На юге — около Криммичау и Шмёлна — содержания их наиболее низкие (табл. 13а).

- Далее на север, около Лендорфа, концентрации их увеличиваются (табл. 13b). Наиболее высокие содержания были установлены в мульде Борна, главным образом, между Фрöбургом и Эльбисбахом (табл. 13c);
- б) наиболее высокие концентрации между Фрöбургом и Эльбисбахом отлагаются вдоль восточного края „остаточного озера“, т. е. в зоне фациальных переходов между красно-коричневыми и сероцветными отложениями;
- в) существуют геохимические фациальные изменения в вертикальном разрезе. Цинк является характерным для нижних частей горизонта, а медь совместно с кобальтом, молибденом и серебром — для верхних частей. Свинец занимает промежуточное положение. По сравнению с мансфельдскими медистыми сланцами эта посидоватность, а также литологическое строение металлоносного горизонта являются обратными (рис. 21). Дифференциация металлов по вертикали обусловлена регрессивным перемещением береговой линии. При этом хорошо выраженные в плане зоны концентрации меди, свинца и цинка (рис. 18 и 15) смещаются по горизонтали относительно аналогичных зон в нижележащем рудоносном пласте. В результате зоны различных металлов в разрезе оказываются расположенными друг над другом, вызывая смену металлов по вертикали (рис. 22).

Б Морские горизонты цехштейна 1 и 2

Концентрации металлов приурочены не только к прибрежным отложениям серии Лайне, но также и к береговым линиям цехштейна 1 и 2 (табл. 15—21). Можно предполагать, что и здесь преобладает закономерное распределение, однако, имеющийся в распоряжении автора материал недостаточен для того, чтобы это доказать.

В Красно-коричневые пролювиальные фации цехштейна 1, цехштейна 2 и цехштейна 3

Терригенный красно-коричневый цехштейн беден металлами. Содержания их находятся в пределах, которые *К. Б. Краускопф* (1955) принимает как средние для сланцеватых глин (табл. 22).

Общий обзор о распределении свинца, цинка, меди, кобальта, молибдена и серебра в разрезе цехштейна дают таблица 23 и рисунок 24.

Концентрации металлов не относятся к типу медистых сланцев. Однако, они весьма близки к концентрациям металлов на восточном крае Рейнских сланцевых гор. Это, в первую очередь, относится к медистым сланцеватым глинам в нижнем цехштейне бухты Марсберг—Корбах, а также к медистым сланцеватым глинам Гайсмара и к пласту Штэтеберг в верхнем цехштейне Франкенбергской бухты.

Literatur

- Abelson, P. H.*: Researches in Geochemistry. London 1959, 511 S.
- Borchert, H., u. Krejci-Graf, K.*: Spurenmetalle in Sedimenten und ihren Derivaten. Bergbauwiss., Goslar (1959) 9/10.
- Cissarz, A.*: Quantitativ-spektralanalytische Untersuchung eines Mansfelder Kupferschieferprofiles. Chemie der Erde, 5, 48, Jena, 1930.
- Dammer, Br.*: Erl. Geol. Karte von Preußen u. benachb. B.-St. Bl. Altenburg. Berlin, 1906.
- Eisentraut, O.*: Der niederschlesische Zechstein und seine Kupferlagerstätten. Archiv f. Lagerstättenforsch. N. F., Berlin (1959) H. 71.

- Engert, P.*: Der prätertiäre Untergrund von Nordwestsachsen und seine Tektonik. Berichte d. Geol. Ges. DDR, Berlin (1957) Bd. 2, H. 3, S. 165–176.
- v. *Freyberg, B.*: Paläogeographische Karte des deutschen Kupferschieferbeckens. Jahrbuch des Halleschen Ver., 1924, S. 266.
- Fulda, E.*: Handbuch der vergleichenden Stratigraphie Deutschlands. Berlin, 1935.
- Gillitzer, G.*: Die Geologie der Erzanreicherungen im Mitteldeutschen Kupferschiefer. Jahrb. des Halleschen Verb. f. Erforsch. der mitteldeutschen Bodenschätze, Bd. 15, 1936, S. 1–19.
- Goldschmidt, V. M.*: Geochemistry – Oxford, 1954.
- Goldschmidt, V. M., Krejci-Graf u. Witte*: Spurenelemente in Sedimenten. – Nachr. d. Akad. d. Wiss. Göttingen, Math.-Naturwiss. Klasse, 1948.
- Goldschmidt, V. M., Krejci-Graf u. Witte*: Zur Geochemie bituminöser Gesteine. – Nachr. Akad. d. Wiss. Göttingen, Math.-phys.-chem. Abt., 35, 195 (1936, 1948).
- Grupe, O.*: Ostrand des Rheinischen Schiefergebirges. In: *F. Fulda*: Handbuch der vergleichenden Stratigraphie Deutschlands. – Zechstein. – Berlin, 1935.
- Hoffmann, W.*: Erzführung und Erzverteilung des Mansfelder Kupferschiefers und die sich daraus ergebenden mineralbildenden und -umbildenden Vorgänge im Kupferschiefer. – Jb. Hallesch. Ver., 4 (1924), S. 278–324.
- v. *Hoyningen-Huene*: Zur Geologie der Kupfervorkommen im Rotliegenden von Zwickau. – Freib. Forsch.-H. C 58, 1959.
- Kautzsch, E.*: Untersuchungsergebnisse über die Metallverteilung im Kupferschiefer. – Archiv. f. Lagerstättenforsch., 74, Berlin, Reichsamt für Bodenforschung.
- Kautzsch, E.*: Die sedimentären Erzlagerstätten des Unteren Zechsteins. – Freib. Forsch.-H. C 44, 1958.
- Kautzsch, F., Eisenhuth, K. H.*: Handbuch für den Kupferschieferbergbau. 334 S. Leipzig, 1954.
- Krauskopf, K. B.*: Sedimentary Deposits of Rare Metals. – Econ. Geology, 50th. Ann. 1955.
- Krüger, P.*: Geochemische Untersuchungen an Sedimenten des Oberen Zechsteins. – Unv. Dipl.-Arbeit der Bergakademie Freiberg, 1958.
- Krumbein, W. C., u. Garrels, R. M.*: Origin and classification of chemical sediments in terms of pH and oxyd.-reduction potentials. – J. Geol., 60, S. 1–33
- Lang, R.*: Der mitteldeutsche Kupferschiefer als Sediment und Lagerstätte. – Jahrb. d. Hallesch. Verb., 3 (1922), S. 1–128.
- Langbein, R.*: Geochemische Untersuchungen an Salztonen des Zechsteins im Südharz. – Kalirevier. – Chem. d. Erde, 23 (1963) H. 1.
- Lentschig, S.*: Geochemische Untersuchungen an Sedimenten des Oberen Zechsteins. – Unv. Dipl.-Arb. d. Bergakademie Freiberg, 1958.
- Liebe, K. Th.*: Erl. d. Geol. Spezialkarte von Preußen und Thür. – St., Bl. Ronneburg – Berlin, 1878.
- Liebe, K. Th., u. Zimmermann, E.*: Erl. d. Spezialkarte von Preußen und Thür.-St., Bl. Waltersdorf (Langenbernsdorf). – Berlin, 1893.
- Ludwig, G.*: Zur Genese der uranhaltigen Grauen Hardegsener Tone im Mittleren Buntsandstein des Werra-Leine-Gebietes. – Geol. Jb., 78, Hannover (1961) S. 135–138.
- Mason, B.*: Principles of Geochemistry. – Oxford, 1954.
- Mempel, G.*: Verbreitung und Genese der Buntmetallerzspuren in den paläozoischen und mesozoischen Sedimenten NW-Deutschlands. – Zeitschr. f. Erzbergbau u. Hüttenwesen, 15 (1962) H. 2.
- Michael, J.*: Beitrag zur Kenntnis der Unteren Zechsteinletten in Ostthüringen. Beitr. zur Geologie, 1, 1959.
- Niggli, P.*: Gesteine und Minerallagerstätten, Bd. II, Basel, 1952.
- Oehme, W.-D.*: Der Plattendolomit im Raume des Geraer Vorsprungs. Unv. Dipl.-Arb., Geol. Inst. der Bergakademie Freiberg, 1959.
- Oelsner, O. W.*: Bemerkungen zur Herkunft der Metalle im Kupferschiefer. Freib. Forsch.-H. C 58, 1959.

- Pettijohn, F. J.*: Sedimentary Rocks. New-York, 1949.
- Pietzsch, K.*: Geologie von Sachsen. Berlin, 1962.
- Potonie, R.*: Petrographische Klassifikation der Bitumina. Geol. Jb. für d. Jahr 1949, Geol. L. A. d. Bundesrepublik Deutschland, Bd. 65.
- Potonie, R.*: Allgemeine Petrographie der „Ölschiefer“ und ihrer Verwandten (Petrographie der Sapropelite). Berlin, 1928.
- Rankama-Sahama*: Geochemistry. Chicago, 1949.
- Rentzsch, J., u. Langer, M.*: Fazielle Probleme des Kupferschiefers von Spremberg-Weißwasser. Zeitschr. f. angew. Geologie, H. 10, 1963.
- Richter, G.*: Zur vergleichenden Stratigraphie des Zechsteins in Mitteldeutschland. Kali, Jg. 1941, H. 12 u. Jg. 1942, H. 1, Halle, 1941-42.
- Richter, G.*: Geologische Gesetzmäßigkeiten in der Metallführung des Kupferschiefers. Archiv f. Lagerf., 73, Berlin, Reichsstelle f. Bodenforschung, 1941.
- Rockhausen, E.*: Über einige Besonderheiten des Zechsteins auf dem Bergaer Sattel. Unv. Arb. Sächsische Bergbaubetriebe, 1958.
- Ruchin, L. B.*: Grundzüge der Lithologie. Berlin, 1958.
- Schneiderhohn, H.*: Erzlagerstätten. Jena, 1955, 3. Auflage.
- Schuster, A.*: Oberrotliegendes und Zechstein in Sachsen. Abh. d. Sächs. Geol. L.-Amt, H. 13, Leipzig, 1933.
- Schuster, A.*: Oberrotliegendes, Zechstein und Buntsandstein im Gebiete des Ostthüringer Hauptsattels (Berga, Weida, Triptis). Jb. Hall. Verb. N. F., 16, Halle (1938), S. 117-127.
- Siegert, Th.*: Erl. Geol. Spezialkarte, Königreich Sachsen, Sect. Meerane, Bl. 93, Leipzig, 1882.
- Siegert, Th.*: Erl. Geol. Spezialkarte, Königreich Sachsen, Sect. Zwickau-Werdau, Bl. 111, II. Aufl., Leipzig, 1902.
- Siegert, Th.*: Erl. Geol. Spezialkarte, Königreich Sachsen, Sect. Meerane-Crimmitschau, Bl. 93, II. Aufl., Leipzig, 1905.
- Siegert, Th., u. Danzig, E.*: Erl. Geol. Spezialkarte, Königreich Sachsen, Sect. Rochlitz-Geithain, Bl. 60, II. Aufl., Leipzig, 1898.
- Spengler, E.*: Über die Abtragung des Varistischen Gebirges in Sachsen. Abh. Geol. L.-Amt, Berlin, 12, N. F., Berlin, 1949.
- Tischendorf, G., und Ungetüm, H.*: Über die Bedeutung des Reduktions-Oxydationspotentials (Eh) und der Wasserstoffionenkonzentration (pH) für Geochemie und Lagerstättenkunde. Geologie, H. 2, 1964.
- Twenhofel, V. R.*: Principles of Sedimentation. New York, Toronto, London, 1950.
- Twenhofel and Tyler*: Methods of Study of Sediments. New York and London, 1941.
- Ullrich, H.*: Zur Stratigraphie und Paläontologie der marin beeinflussten Randfazies des Zechsteins in Ostthüringen und Sachsen. Dissertationsarbeit an der Bergakademie Freiberg, 1962.
- Worobjow, B. W.*: Faziell-paläogeographische Karte des Zechsteins v. Thüringen. - Unv. Arbeit Sächsische Bergbaubetriebe, 1963.
- Geol. Spezialkarte, Preußen und thür. St. (1 : 25 000): Bl. Ronneburg v. *K. Th. Liebe*. Bl. Waltersdorf (Langenbernsdorf) v. *K. Th. Liebe* u. *E. Zimmermann*, Berlin, 1892.
- Geol. Karte, Preußen und benachb. B.-St. (1 : 25 000): Bl. Altenburg, v. *Br. Dammer*, 1902/3; Berlin, 1906. Bl. Windischleuba, v. *B. Kühn*, u. *Br. Dammer*, 1901/2; Berlin, 1906; Bl. Gera III. Aufl. v. *E. Zimmermann*, Berlin, 1912.
- Geol. Spezialkarte, Königreich Sachsen (1 : 25 000): Nr. 93 Meerane-Crimmitschau, II. Aufl., *Th. Siegert*, 1904; Nr. 63 Rochlitz-Geithain, II. Aufl., *Th. Siegert* u. *E. Danzig*, 1896; Nr. 111 Zwickau-Werdau, II. Aufl., *Th. Siegert*, 1900; Nr. 59 Frohburg-Kohren, II. Aufl., *Th. Siegert*, 1901; Nr. 43 Lausick-Borna, II. Aufl., *C. Gäbert*, 1902.
- Geol. Übersichtskarte (1 : 100 000): Bl. Altenburg, von *A. Watznauer*, (Leipzig, 1954).
- Geol. Übersichtskarte von Sachsen (1 : 400 000): von *F. Kosmat* und *K. Pietzsch* (Leipzig, 1930).

Bilderteil

Folgende Bilder befinden sich als Falttafeln am Ende dieses Heftes:

Bild 3, 6, 9, 10, 12, 16, 17, 20, 21, 23 und 24.

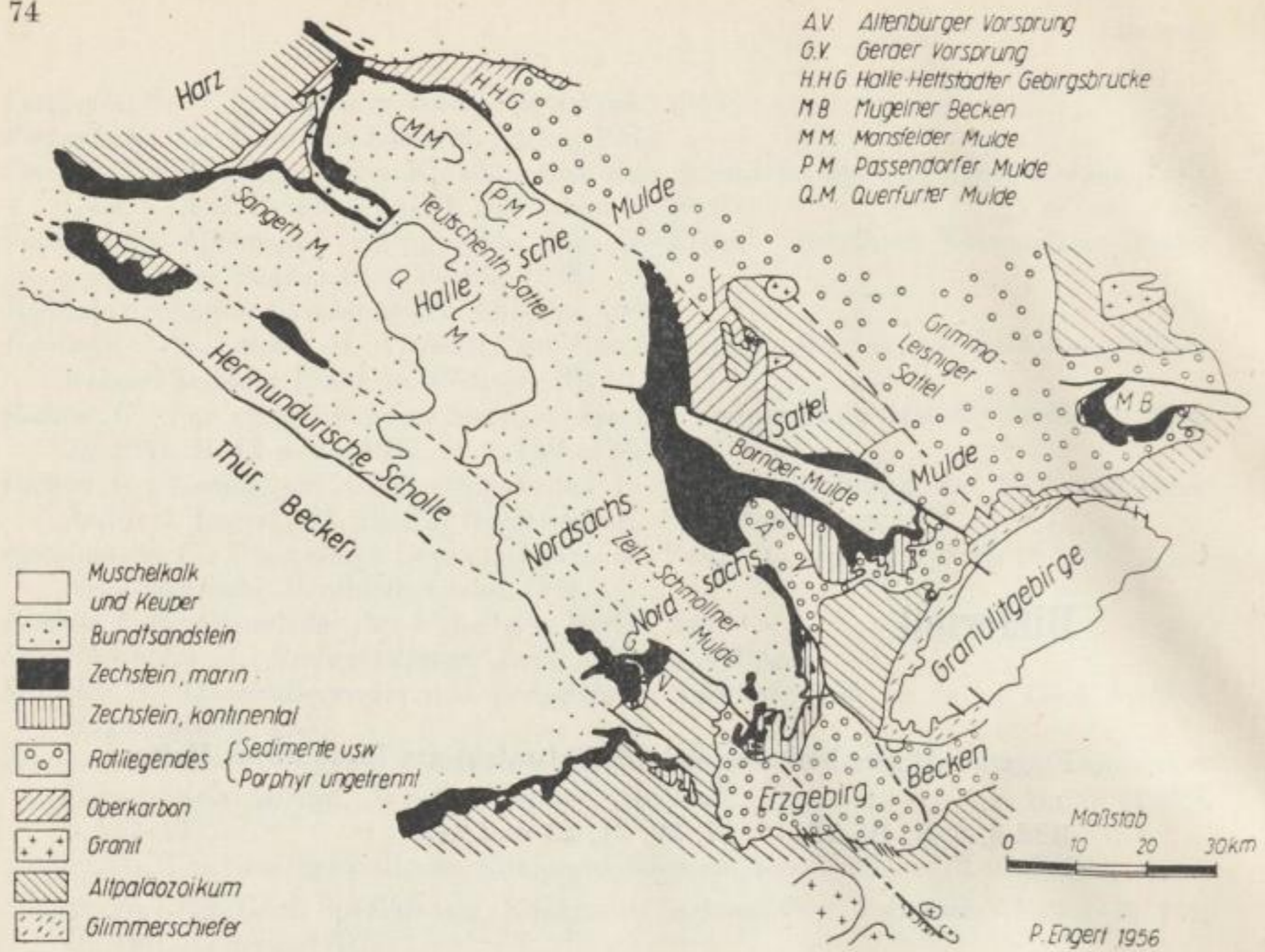


Bild 1. Geologisch-tektonische Karte des Gebietes zwischen Harz und Nordwestsachsen, nach P. Engert (1957)

Trünzig	Culmitzsch (NW)	Crimitschau	Frahbürg-Gerthain	Buchheim (Bhrg.)	Borna (Bhrg.)	Mügeln	Gera
Obere Letten n.b.	Ob. Letten 11-14 m	Ob. Letten 7-12 m (20m)	Ob. Letten 9-11m	Ob. Letten 13,8 m	Ob. Letten 10,5 m	Ob. Letten n.b.	Z ₃ Z ₄
Plattendolomit (Ca ₃) 3-5 m	Ca ₃ 4,5-5,5 m	Ca ₃ 2,5-6,0 m	Ca ₃ bis 4,2 m	Ca ₃ 4,3 m	Ca ₃ 12,5 m	Ca ₃ bis 22 m	Z ₂ Z ₃
Ob. Rote Folge (Knolliger Dolomit)	ob. Teil (Knolliger Dolomit)	„Unt. Letten“ rot Corneol-Dol. O6Flangenreinsdorf (Geröllf. Dol.) 12-22 m	Unt. Letten ^{grau} rot 10-15m	Unt. Letten ^{grau} rot (Knolliger Dolomit) Dolomit grau 16,2 m	Unt. Letten ^{grau} rot Gips-Anhydrit grau 26,2 m	Unt. Letten ^{grau} rot bis 16m	Z ₂
Ob. Graue Folge (Geröllf. Dol. Endschutt max. 20 m)	Geröllf. Dol. Endschutt max. 20 m	(dickbankig)	Grenz-konglomerat bis 30,0 m	Konglomeratische bzw. geröllf. Arkosesandsteine 19,7 m	15,3 m	Grenz-konglomerat bis 30 m	Z ₁
Culmitzscher Sandstein 12-14 m	max. 20 m	Konglomeratische Arkosesandsteine (mit plattigen Sandsteinen)	2	Rote Sandsteine u. Schiefertone 10,4 m grau	Basalkongl. (0,5 m)	Unterrotliegende Eruptiva u. Tuffe	Z ₁
Untere Rote Folge bis 12 m	10-40 m		Unterrotliegende Eruptiva u. Tuffe	Dolomit (Ca ₁ d) 6,6 m	Unterrotliegende Tuffe		Z ₁
Dolomitzone (Ca ₁ d) 5 m				Graue Sandsteine u. Schiefertone 9,2 m			Z ₁
Untere Graue Folge 4,5-5,5 m				Basiskonglomerat überwiegend rot (Grenzkonglomerat) 11,3 m			Z ₁
Basiskongl. grau(-rot) 0-6 m		(konglomeratisch) ~70m (Neukirchen)		Unterrotliegende Tuffe			Z ₁
Altpaläozoikum		Oberrotliegendes (Kleinstückige Konglomerate)					Z ₁

Bild 2. Parallelisierung der Zechsteinprofile in Sachsen und Ostthüringen, nach H. Ullrich (1962)

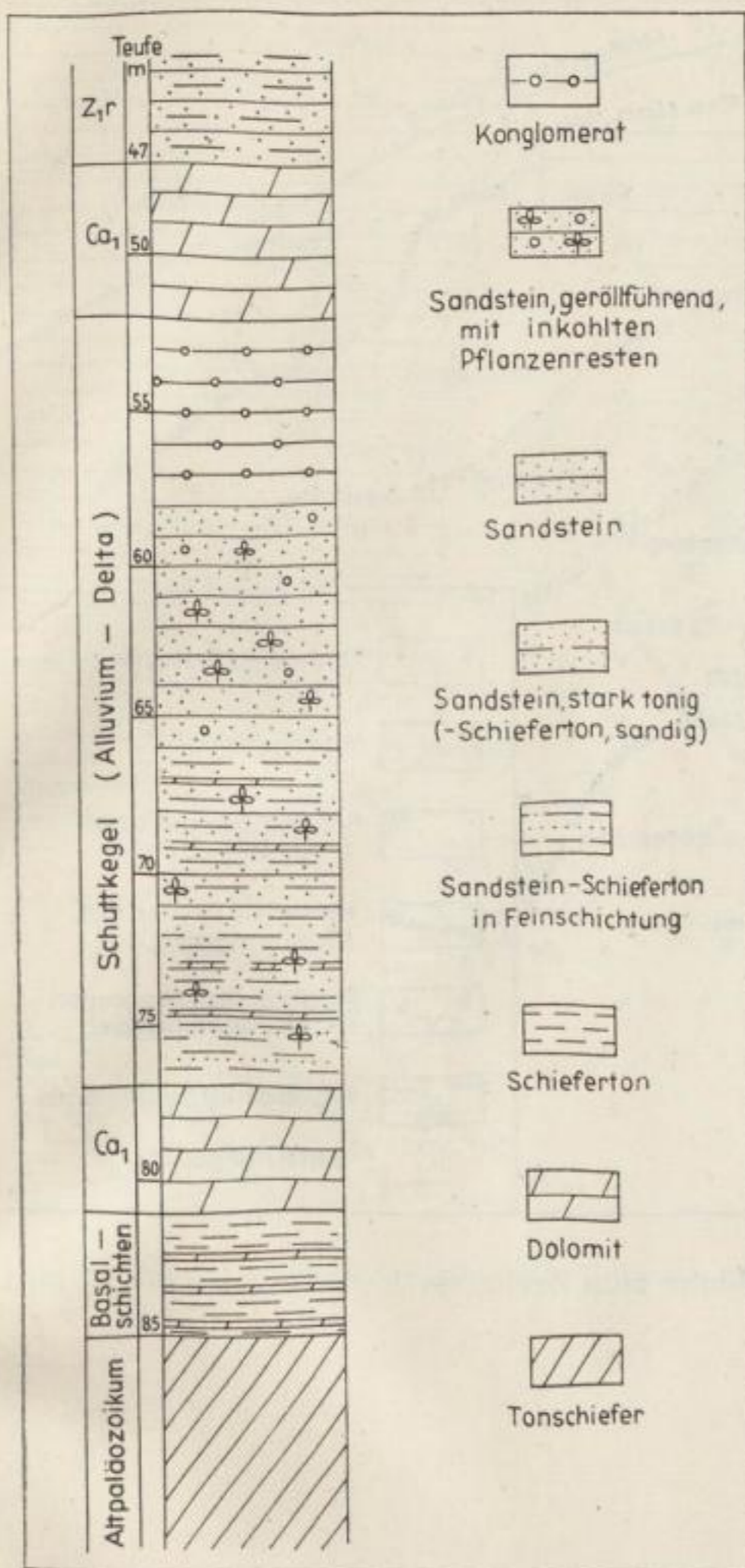


Bild 4. Profil durch den Werra-dolomit (Ca1), am Aufschlußpunkt 48

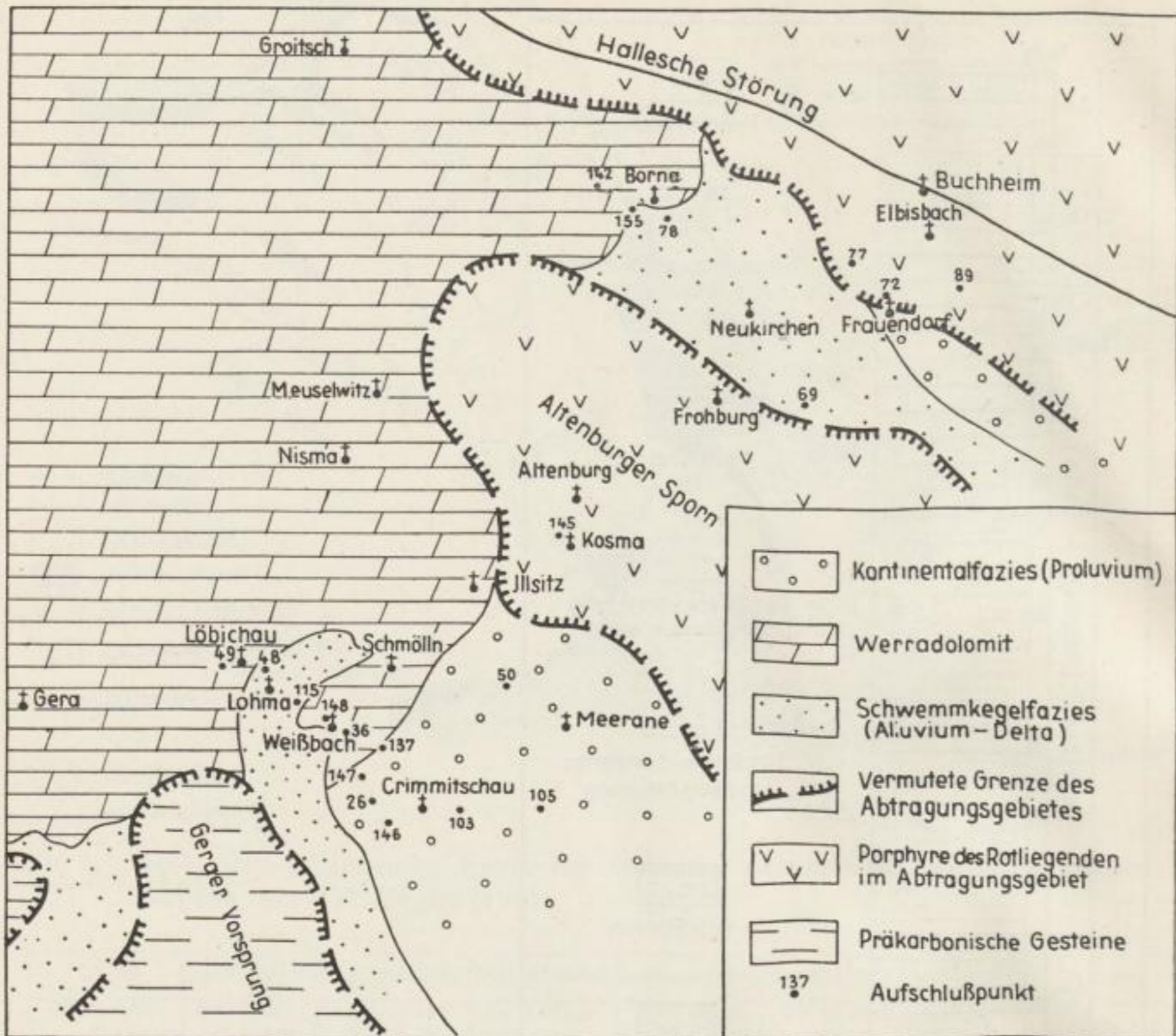


Bild 5. Faziell-paläogeographisches Schema zum Zechstein 1

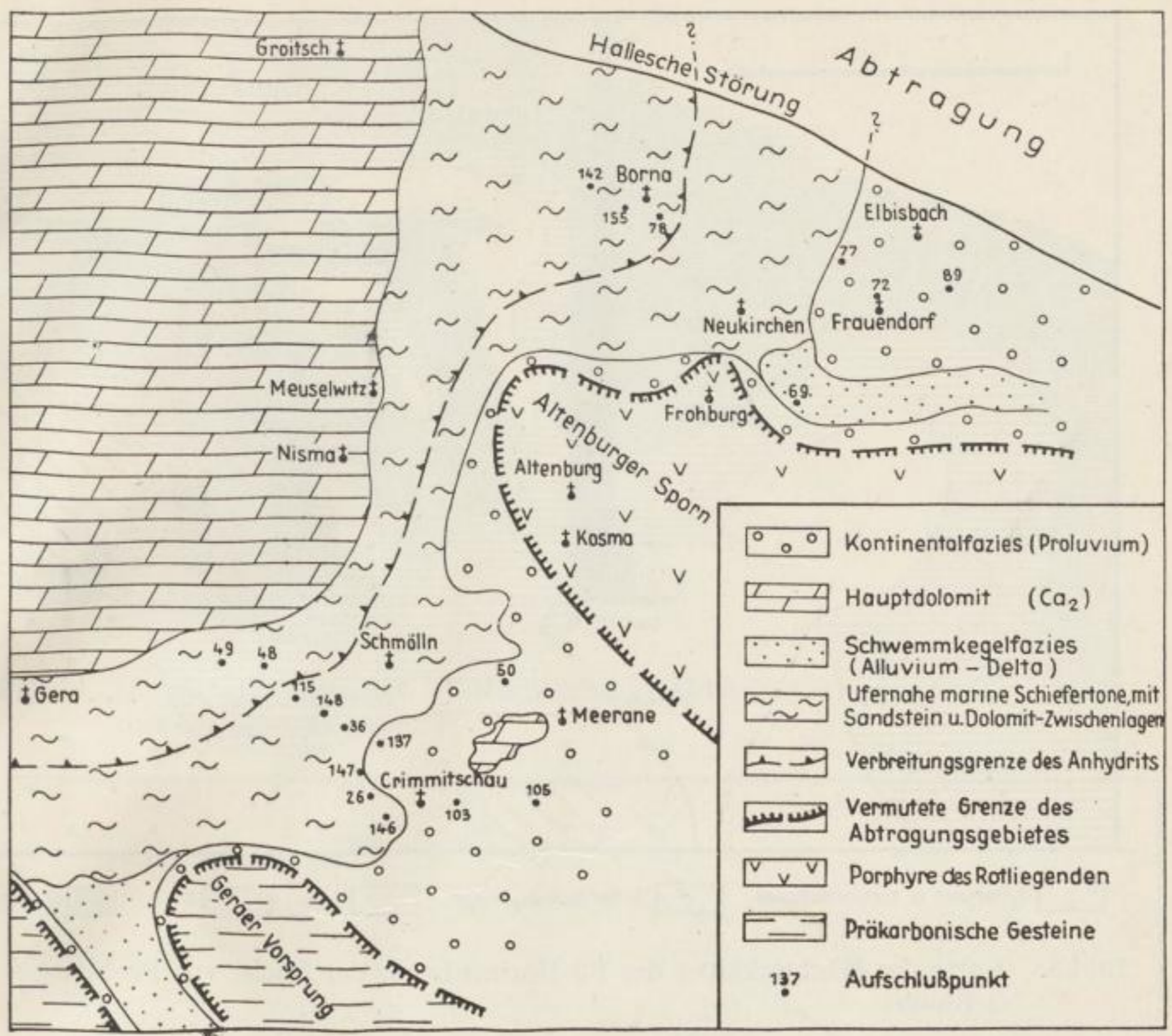


Bild 7. Faziell-paläogeographisches Schema zum Zechstein 2, nach B. W. Worobjow, (1963)

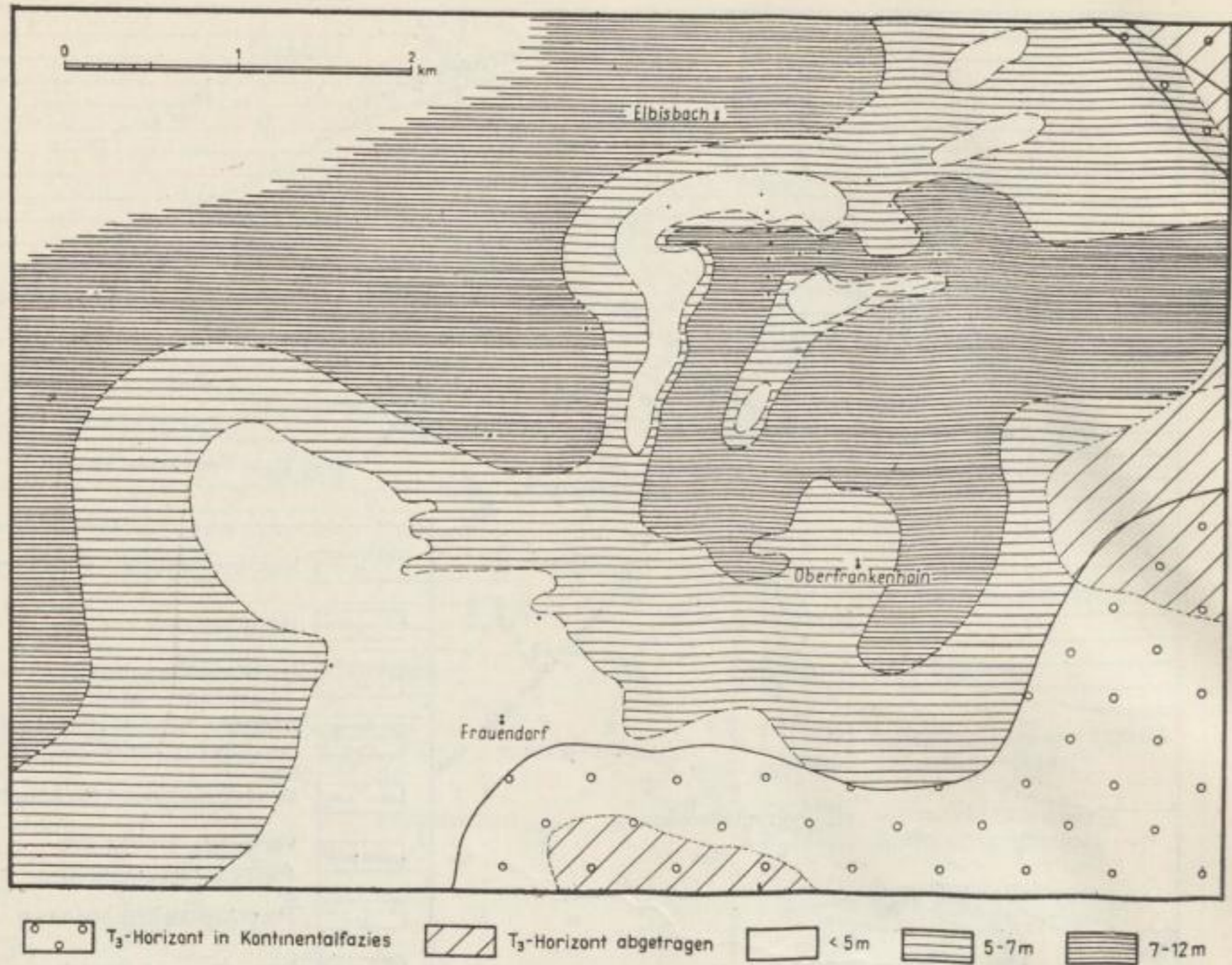


Bild 8. Karte der Mächtigkeiten des T₃-Horizontes in der Bucht von Frohburg – Geithain

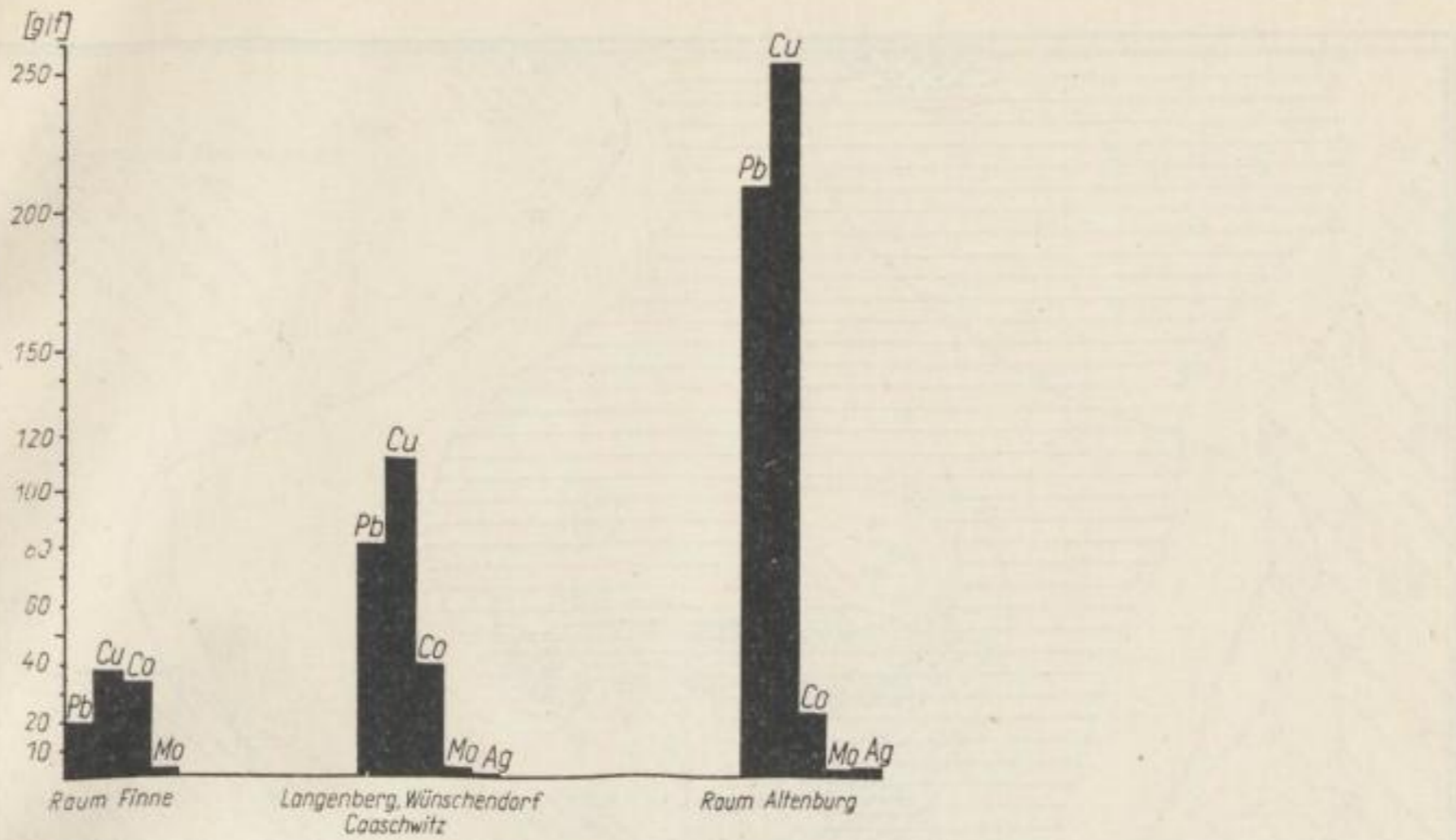


Bild 11. Die Metallführung des T3-Horizontes in Abhängigkeit von der Entfernung zum Sedimentationsrande

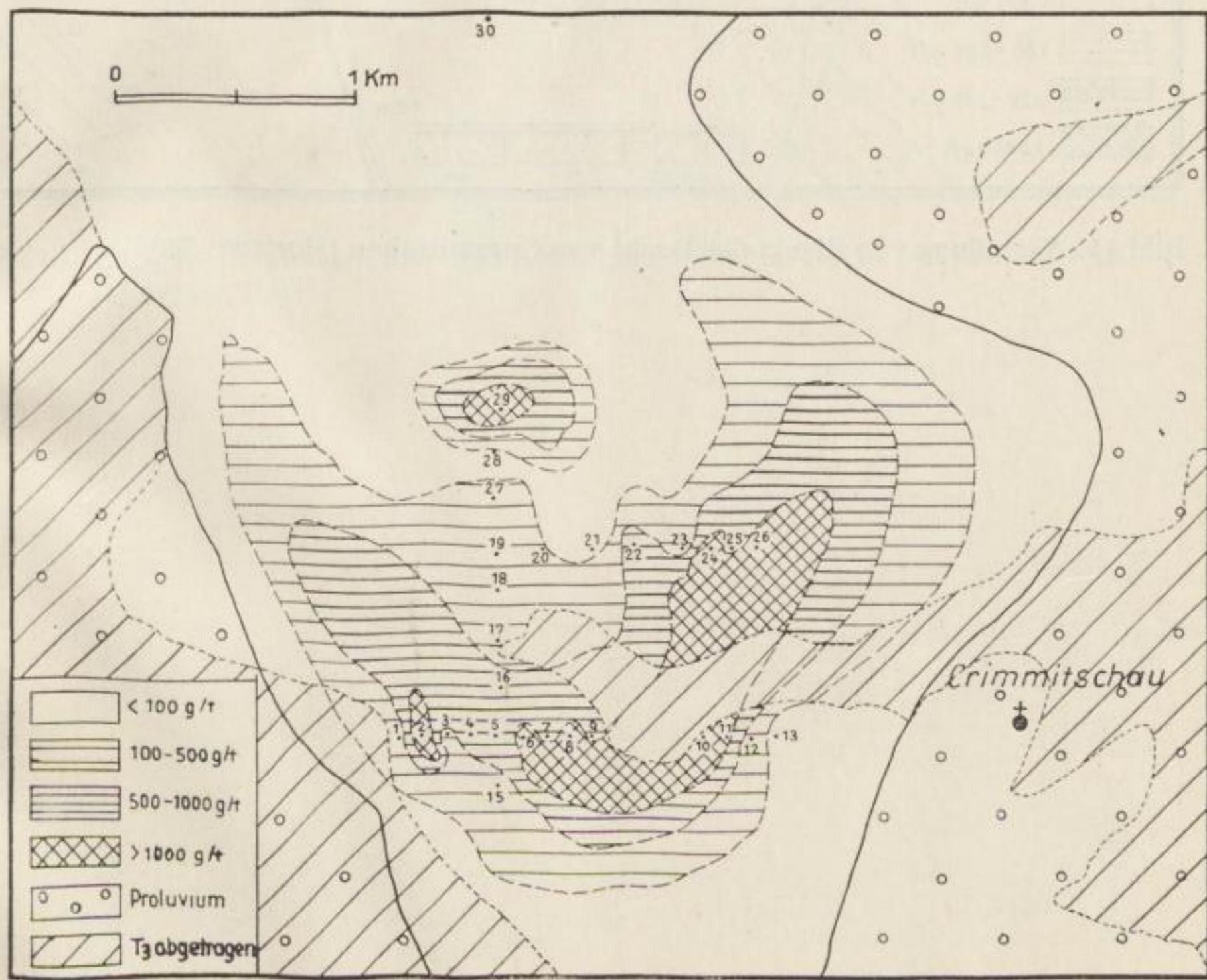


Bild 13. Verteilung des Kupfers in der Bucht von Crimmitschau (Horizont T3)

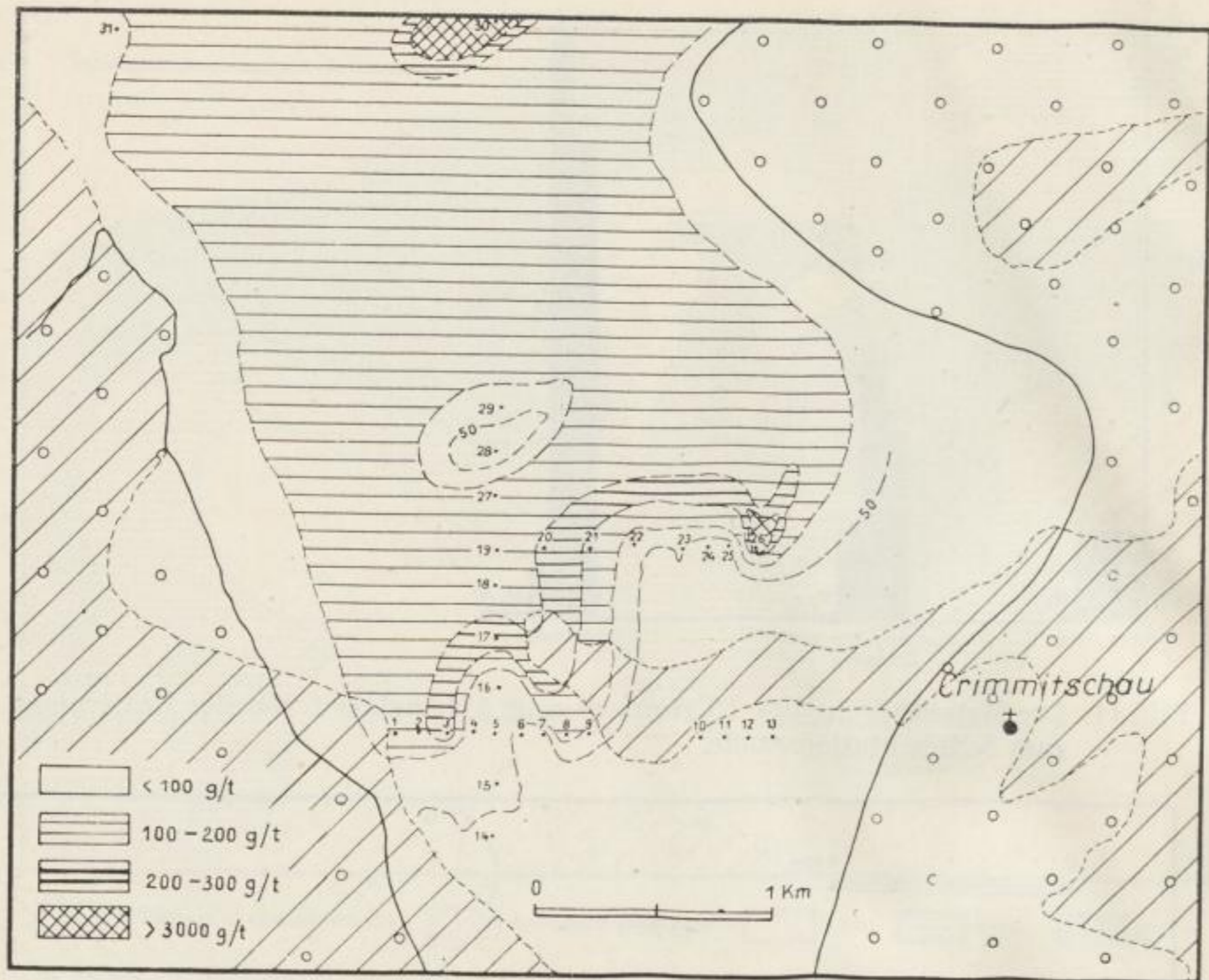


Bild 14. Verteilung von Blei in der Bucht von Crimmitschau (Horizont T3)

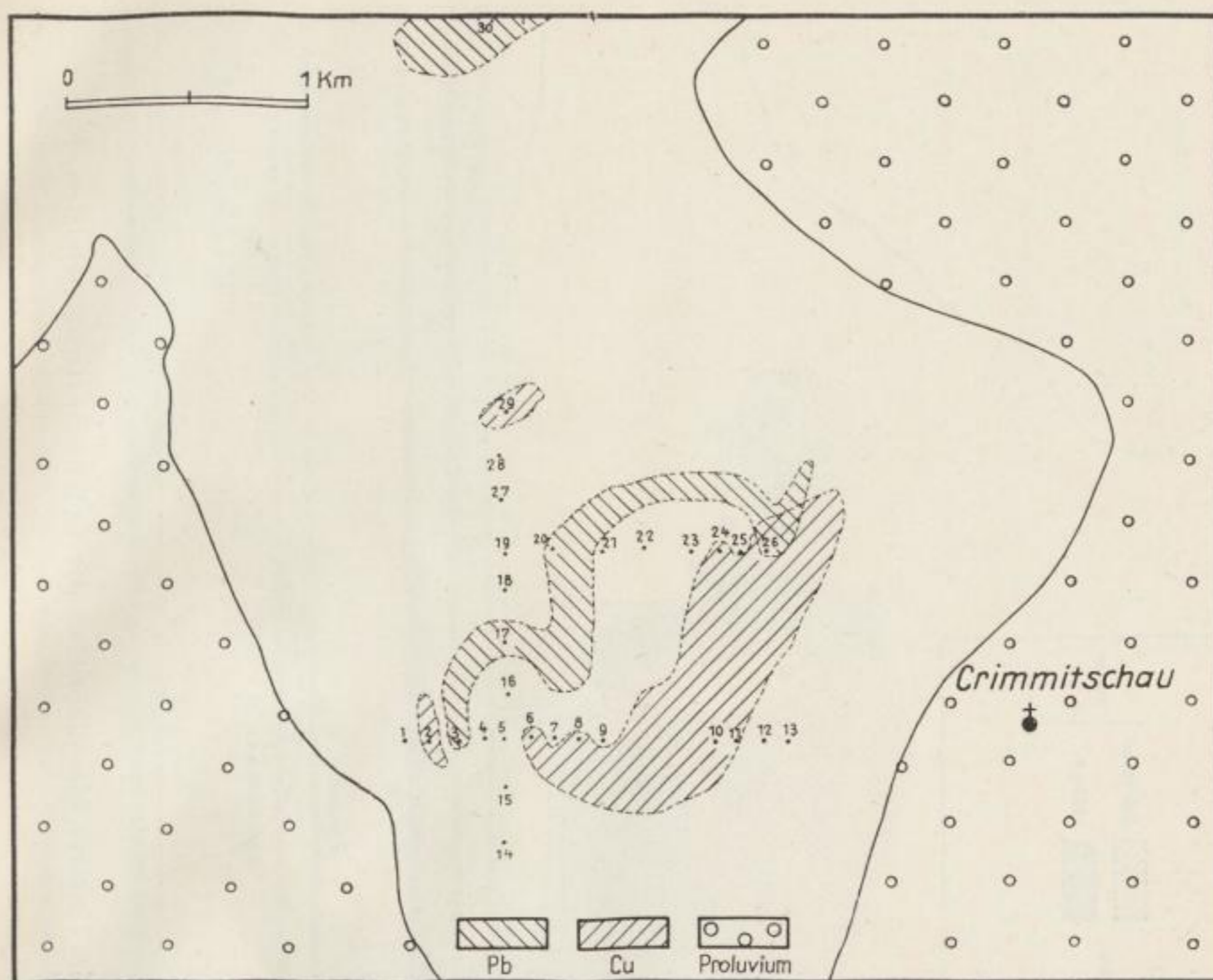


Bild 15. Lage der maximalen Blei- und Kupfergehalte in der Bucht von Crimmitschau (Horizont T3)

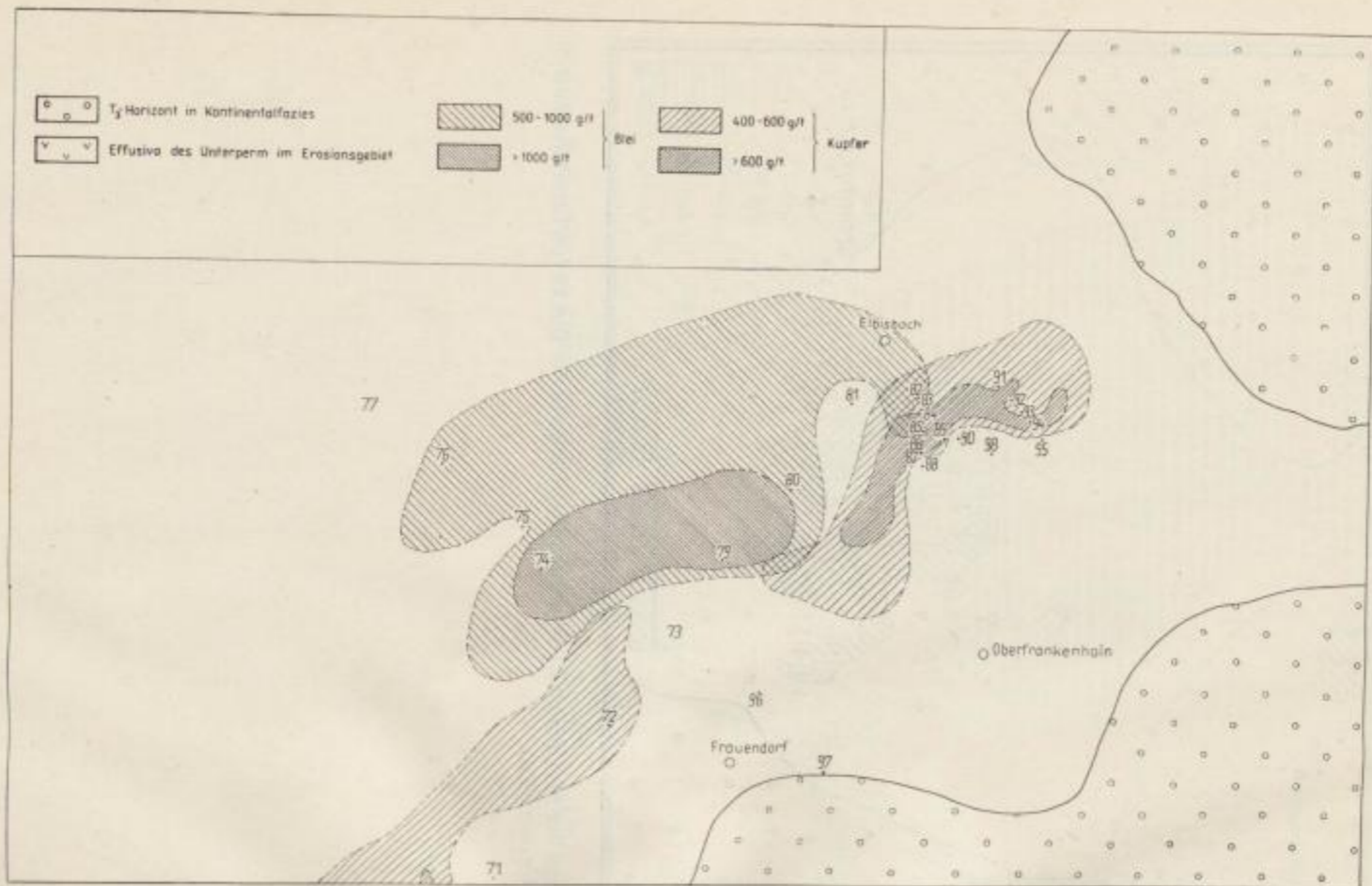


Bild 18. Lage der maximalen Blei- und Kupfergehalte im Unteren Metallhorizont der Leineserie (Grauer-Salzton, T₃) für die Bucht von Frohburg—Geithain



Bild 19. Je 4 Spektren von Schiefertönen aus dem Plattendolomithorizont von Geithain und Hopfgarten

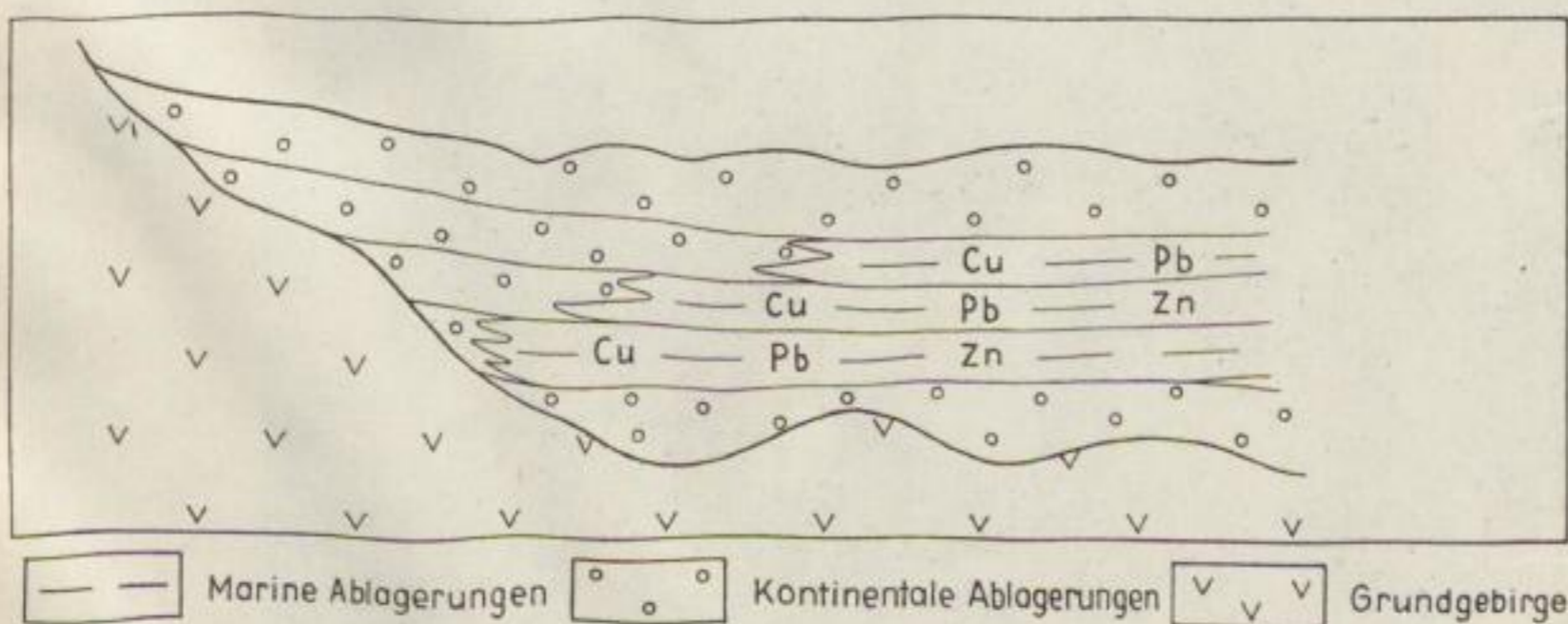


Bild 22. Vertikale Faziesunterschiede in marin beeinflussten, randnahen Ablagerungen als Folge einer Verschiebung der Uferlinie

X



Bild 25. Sandstein, mittel- bis grobkörnig; Schwemmkegel, T3; Bucht von Frohburg—
Geithain; Aufschlußpunkt 77; + Nic., Vergr. 60 ×



Bild 26. Sandstein, fein- bis mittelkörnig; Schwemmkegel, T3; Bucht von Lehdorf;
Aufschlußpunkt 60; + Nic., Vergr. 60 ×



Bild 27. Sandstein, feinkörnig, aleurolithisch; Schwemmkegel, T3; Bucht von Lehn-
dorf; Aufschlußpunkt 55; + Nic., Vergr. 60 ×



Bild 28. Aleurolith, Horizont T3, Schmölln, Aufschlußpunkt 44; + Nic., Vergr. 60 ×

7 FFH: C 187



Bild 29. Schiefer-ton, illitisch, Horizont T 3; Bucht von Lehdorf; Aufschlußpunkt 63;
+ Nic., Vergr. 60 ×

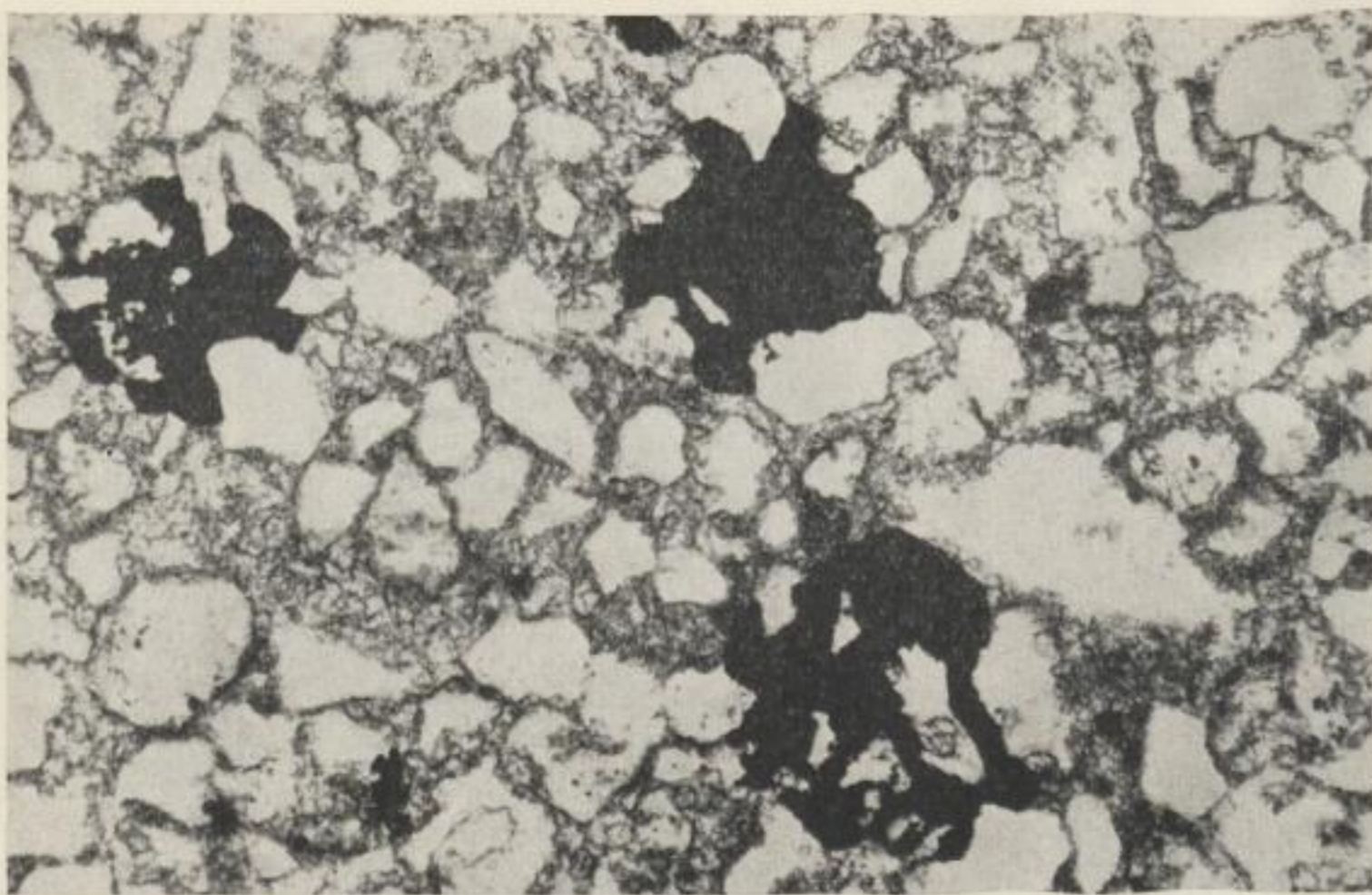


Bild 30. Sandstein, gut sortiert, karbonatisches Bindemittel; Schwemmkegel, T 3;
Bucht von Lehdorf; Aufschlußpunkt 57; // Nic., vergr. 60 ×, schwarz:
Bleiglanz



Bild 31. Sandstein mit Glimmerplättchen; Schwemmkegel, T3; Bucht von Lehdorf
Aufschlußpunkt 61; // Nic., Vergr. 60 ×



Bild 32. Sandstein, mittelkörnig, gut sortiert; Schwemmkegel, T3; Bucht von Lehdorf;
Aufschlußpunkt 63; + Nic., Vergr. 60 ×

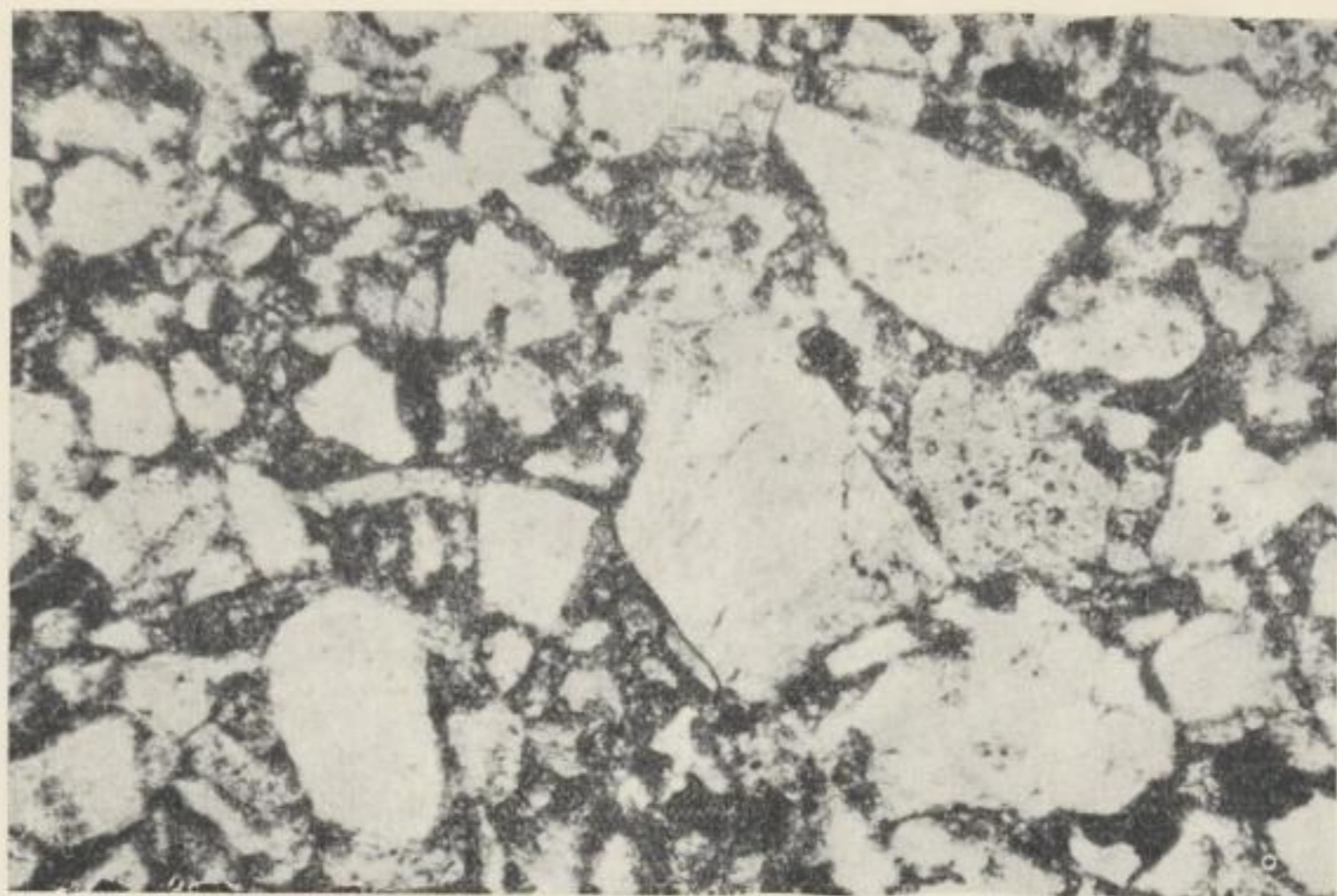


Bild 33. Sandstein, grobkörnig, gut sortiert, unvollkommene Kantenabrundung;
Schwemmkegel, T3; Bucht von Frohburg – Geithain; Aufschlußpunkt 75;
// Nic., Vergr. 60 ×



Bild 34. Dolomit mit Mosaikstruktur; zo_2 ; Lehdorf; Aufschlußpunkt 60; // Nic.,
Vergr. 60 ×

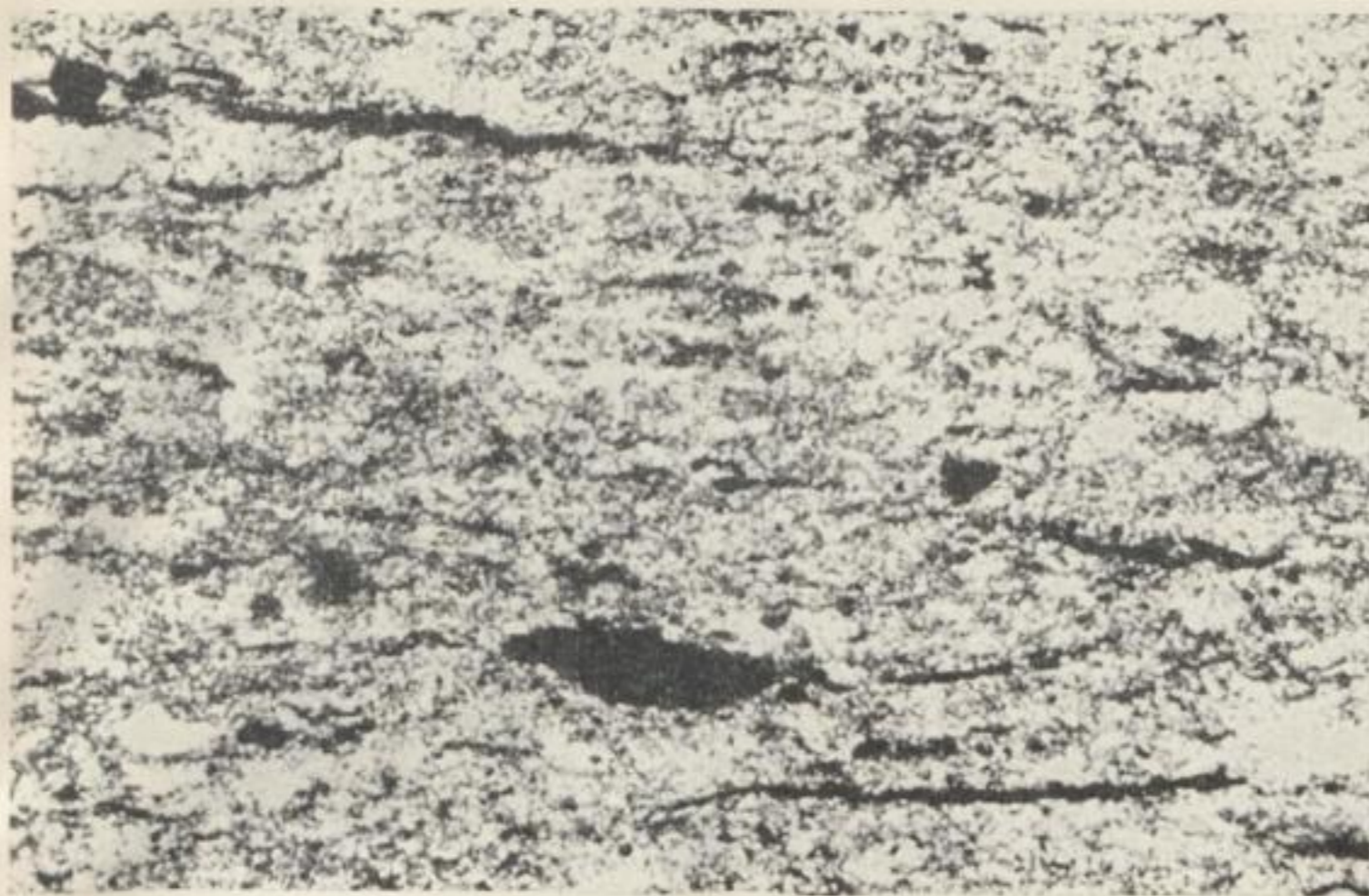


Bild 35. Oberer Metallhorizont, Dolomit, zo_2 ; feinkörnige, pelitische Struktur, etwas Quarzdetritus, inkohlter Pflanzenhäcksel (schwarz); Frohburg, Aufschlußpunkt 81; // Nic., Vergr. 60 ×

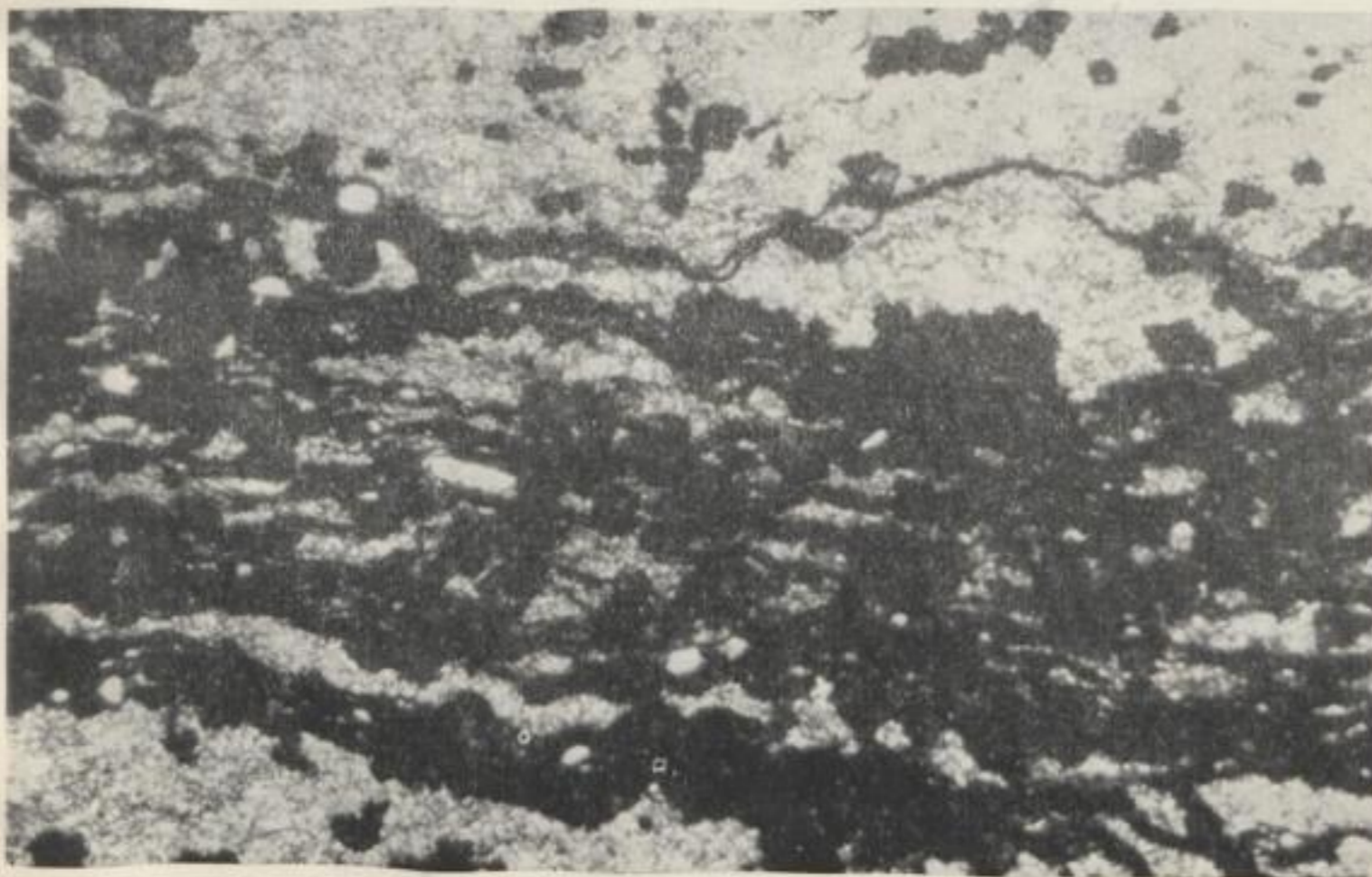


Bild 36. Oberer Metallhorizont, Dolomit, zo_2 ; feinkristallin durchsetzt mit Bitumensträhnen (schwarz) und massenhaften Zinkblendeeinsprenglingen (dunkelgrau); Hopfgarten, Aufschlußpunkt 83; // Nic., Vergr. 60 ×



Bild 37. Oberer Metallhorizont, z_{02} , typische Primärstruktur, Dolomitekretionen (grau), Bitumen als Bindemittel (schwarz), reichlich Quarzdetritus (weiß); bei Hopfgarten, Aufschlußpunkt 82; // Nic., Vergr. 60 ×



Bild 38. Oberer Metallhorizont, z_{02} , feinkristalliner, toniger Dolomit mit Proto-bitumina (Resinite): bei Frohburg, Aufschlußpunkt 75; // Nic., Vergr. 60 ×



Bild 39. Oberer Metallhorizont, Zn_2 Dolomit, fein- bis mittelkörnig, durchtränkt von inkohlten Huminverbindungen oder Polymerbitumen; Lehdorf; Aufschlußpunkt 58; // Nic., Vergr. $60\times$

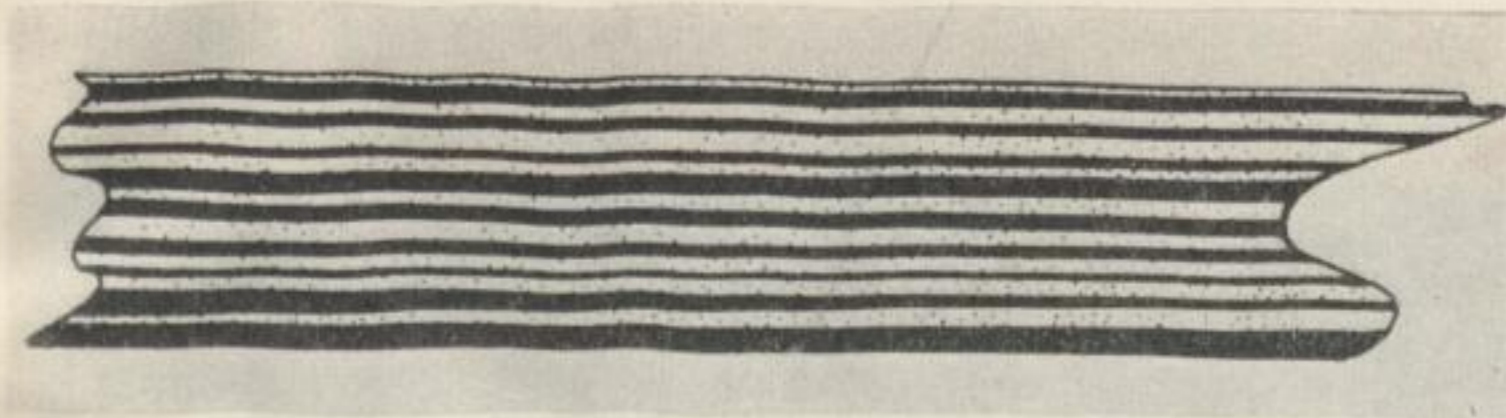


Bild 40. Feingeschichteter Schieferton (T3) aus der Bucht von Frohburg—Geithain

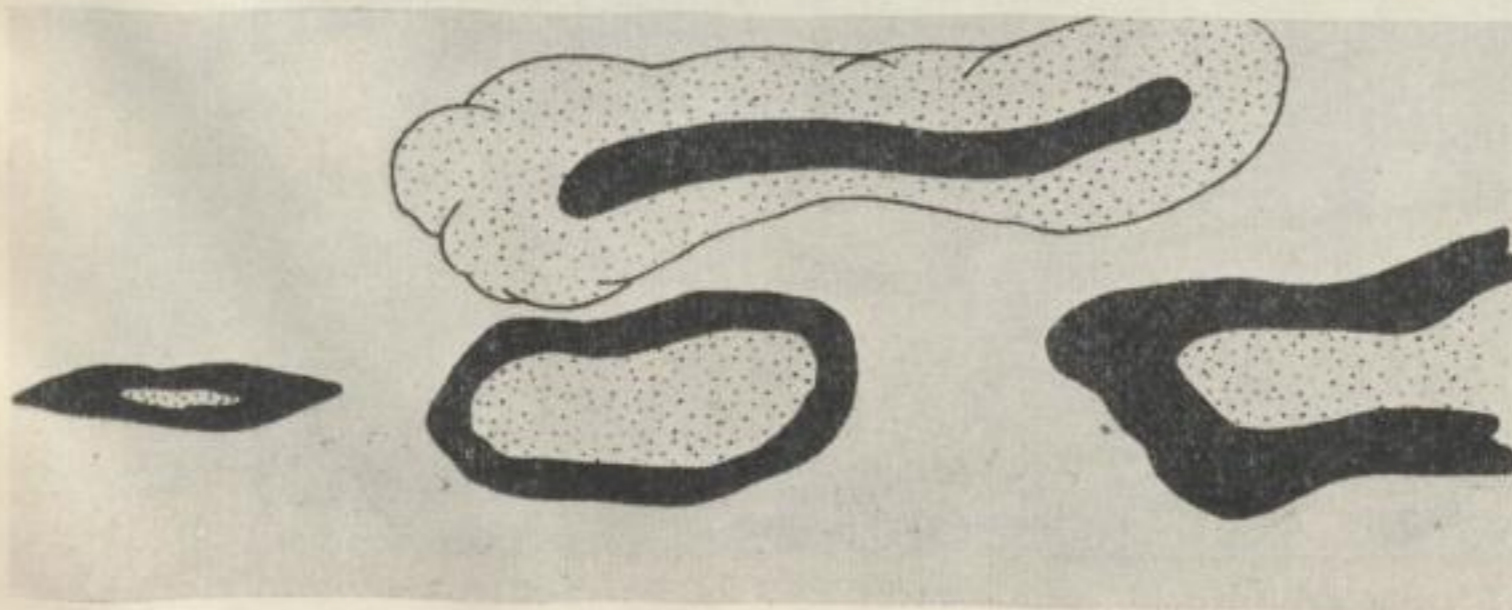


Bild 41. Verdrängung der inkohlten Substanz (schwarz) durch Sulfide (punktiert)



Bild 42. Unterer Metallhorizont, T 3; Schiefertone mit optisch gut und schwer auflösbarem Anteil sowie opaker Substanz (schwarz); Schmölln, Aufschlußpunkt 43; // Nic., Vergr. 60 ×

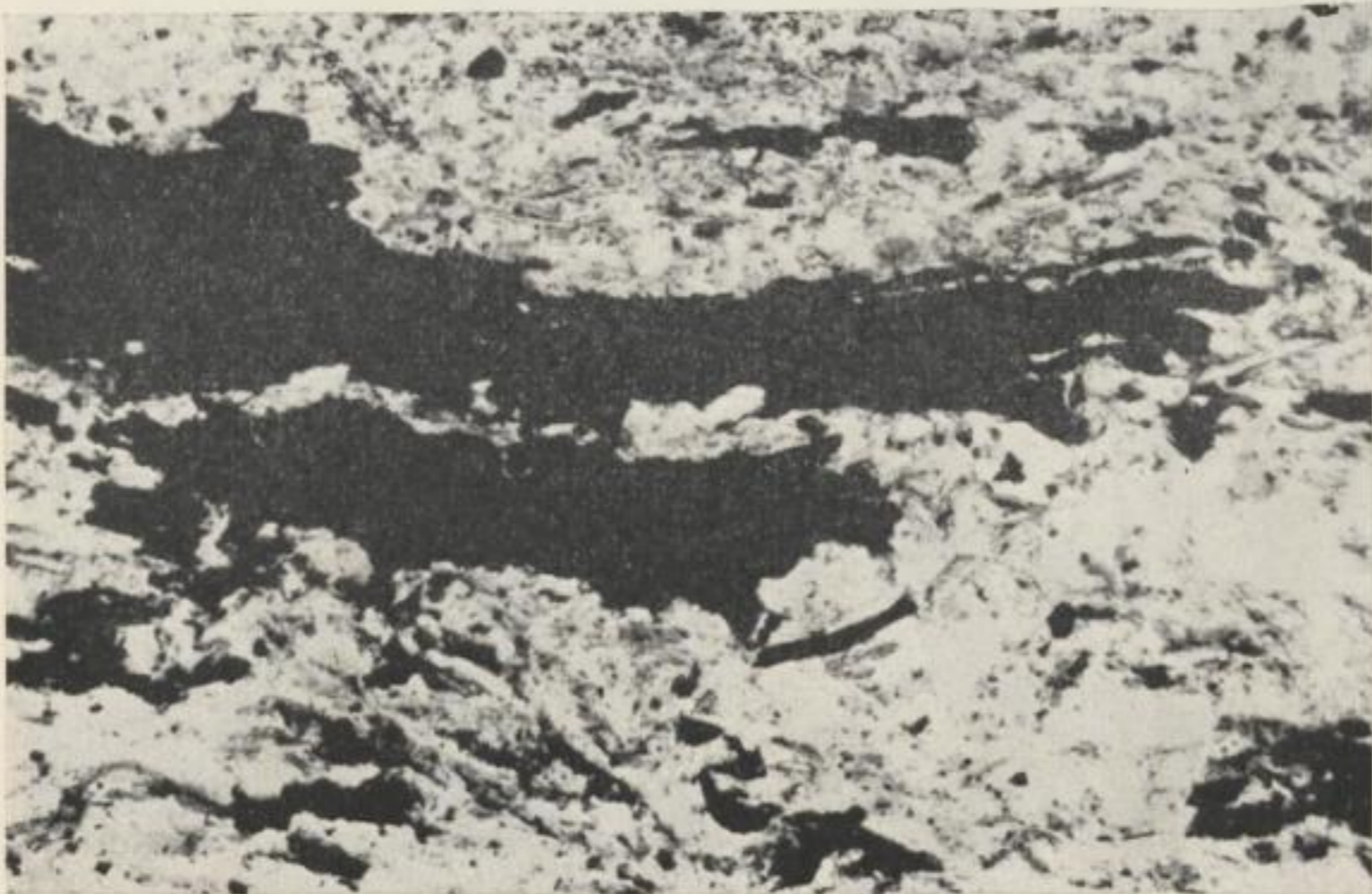


Bild 43. Unterer Metallhorizont, T 3; Schiefertone mit inkohltem Pflanzendetritus (schwarz). Bucht von Crimmitschau; Aufschlußpunkt 8; // Nic., Vergr. 60 ×



Bild 44. Unterer Metallhorizont, T3, Schiefertone mit Fusit (schwarz), Bucht von Lehdorf; Aufschlußpunkt 58; // Nic., Vergr. 60 ×



Bild 45. Unterer Metallhorizont, T3; Schiefertone mit inkohlem Pflanzendetritus (schwarz); Bucht von Frohburg—Geithain; Aufschlußpunkt 76; // Nic., Vergr. 60 ×

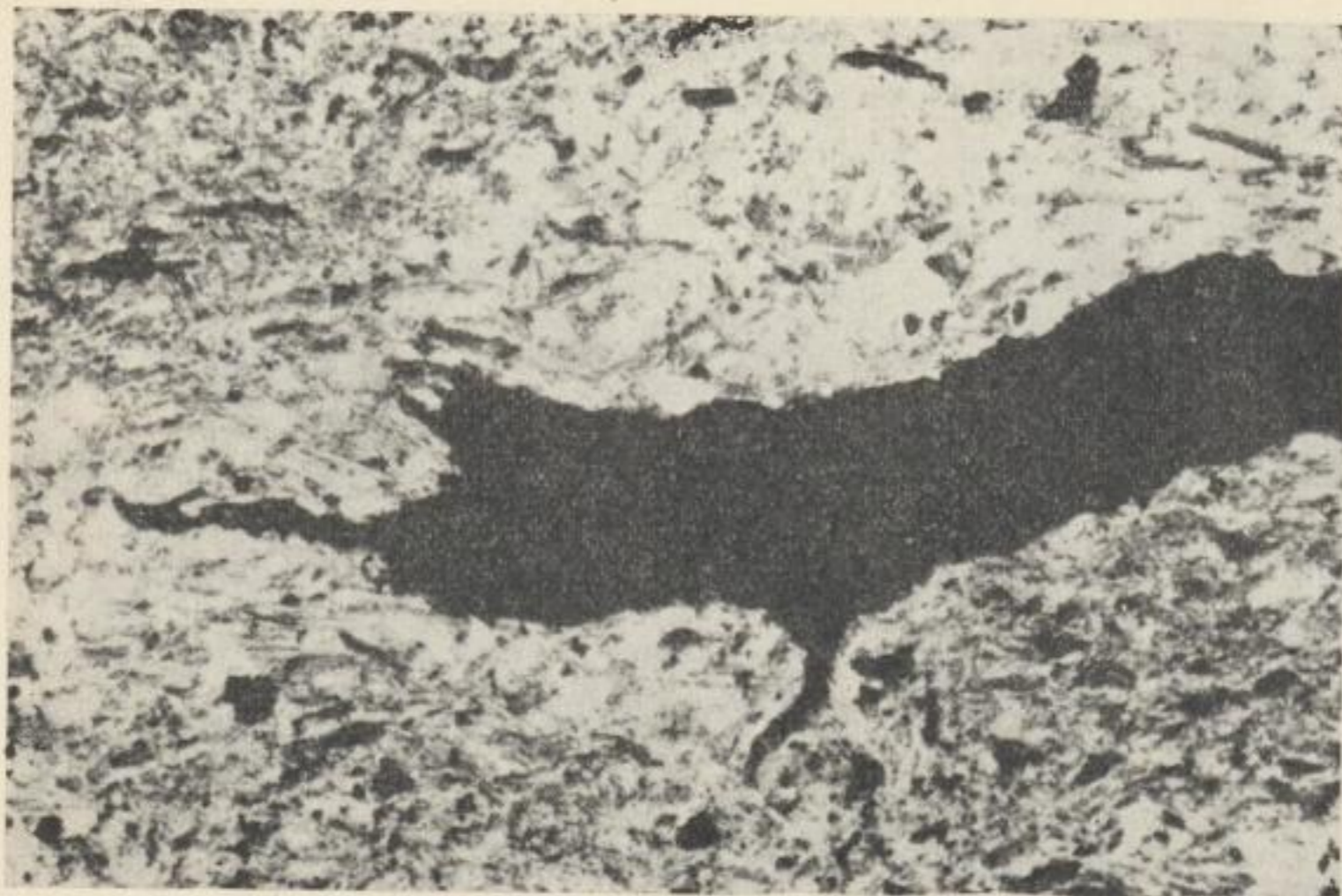


Bild 46. Unterer Metallhorizont, T3; Nichtfigurierte inkohlte organische Substanz (Huminverbindungen oder Polymerbitumen); Bucht von Frohburg—Geithain
Aufschlußpunkt 75; // Nic., Vergr. 60 ×



Bild 47. Unterer Metallhorizont, T3; Nichtfigurierte inkohlte organische Substanz (ehemalige Huminverbindungen oder Polymerbitumen); Bucht von Crimmitschau, Aufschlußpunkt 8; // Nic., Vergr. 60 ×

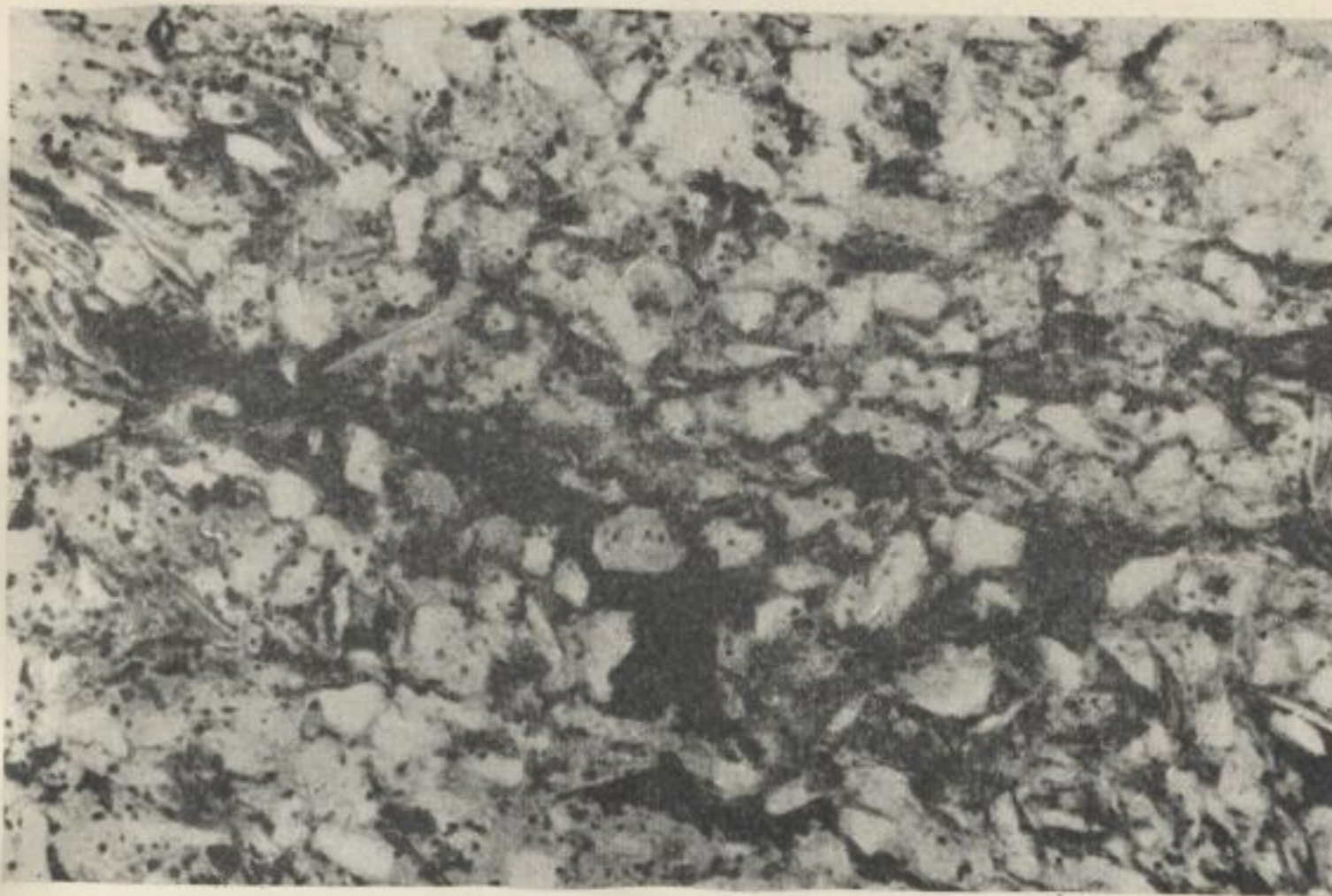


Bild 48. Unterer Metallhorizont, T3, Dispers verteilte punktförmige Sulfide im aleuolithischen Schiefertone; Schmölln; Aufschlußpunkt 44; // Nic., Vergr. 60 ×



Bild 49. Oberer Metallhorizont, Ca3/Z3r; Sulfide in größeren Lagen des Schiefertones (schwarz); Frohburg; Aufschlußpunkt 71; // Nic., Vergr. 60 ×



Bild 50. Unterer Metallhorizont, T3; Sulfide (schwarz) in groben, sandigen Lagen des Schiefertons; Bucht von Frohburg-Geithain; Aufschlußpunkt 78; // Nic., Vergr. 60 ×

m

10

NW

Löbichau

SO

Crimmitschau

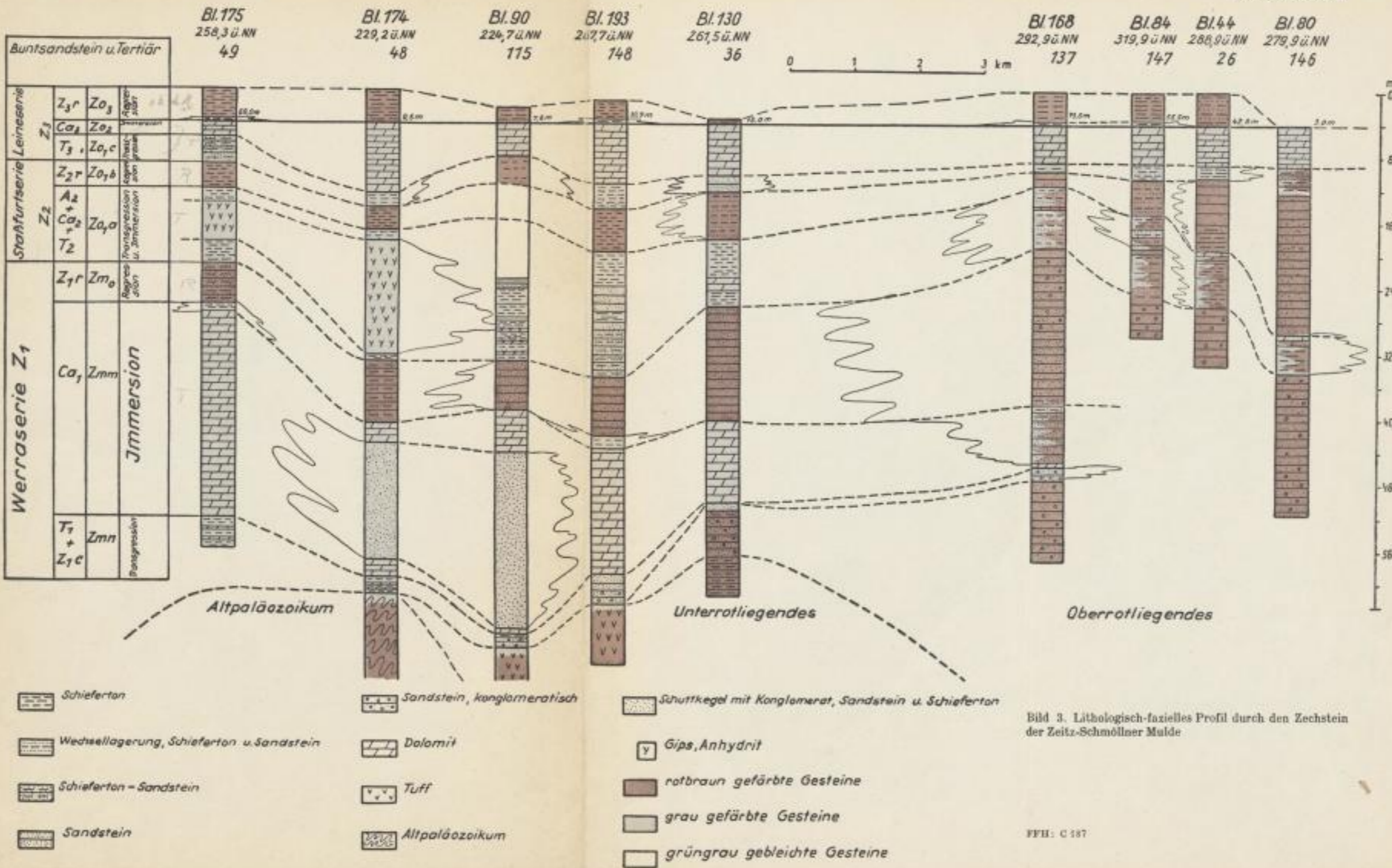


Bild 3. Lithologisch-fazielles Profil durch den Zechstein der Zeitz-Schmöllner Mulde

FFH: C 187



SLUB

Wir führen Wissen.

UNIVERSITÄTSBIBLIOTHEK
FREIBERG



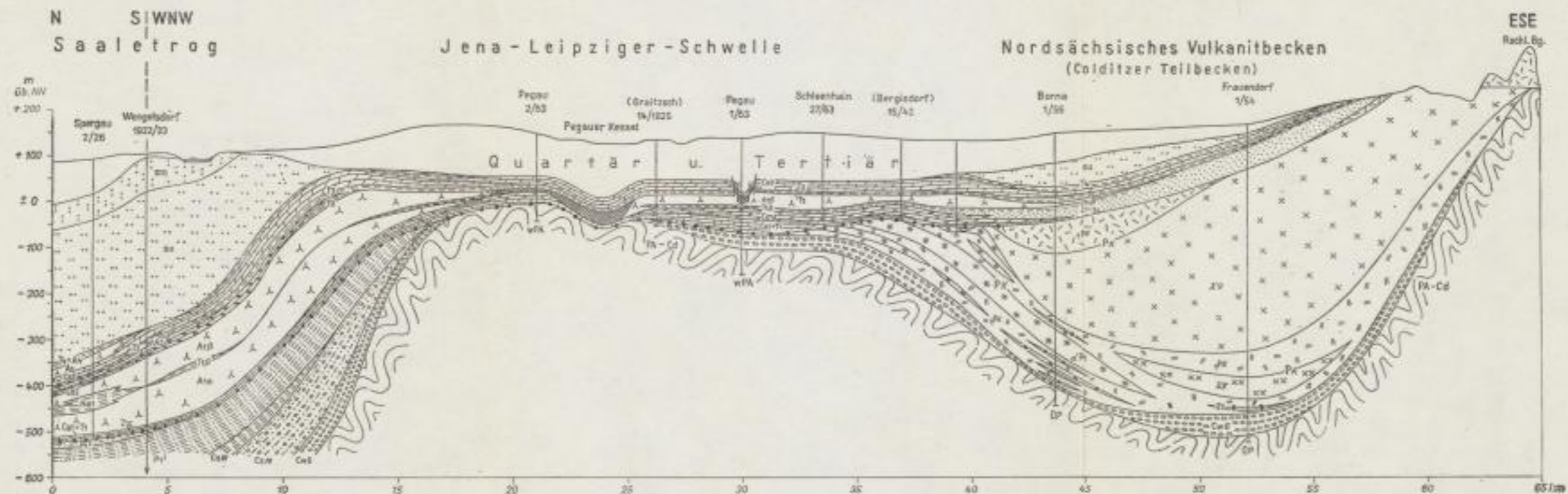


Abb. 3a. Halbschematischer Schnitt vom Granitgebirgsrand bei Rochlitz zum Saaletrug bei Merseburg

Präbörkarbonischer (gefalteter) Unterbau (Präaltes); PA-Cd-Algunkton bis Ditzsch ungschichtet, wPA - Nordwestböhmische Grauwacke (Algunkton), OP - Flyschden-berge (Ost-
 Vio); Postanduliches Deckgebirge; Oberkarbon: CwG - Gröbenberger Schichten (West-
 fal D), CaM - Mansfelder Schichten, CaW - Wettiner Schichten (Siclan); Unterrotliegendes:
 P1¹ - Innereb-kuvialle Sedimente des Saaletrugs (Halbische Schichten), PK - Kokoser Folge;
 JPE - vorwiegend Tuffe, *P1 - Porphyridecken, JF - Frauendorfer Quarzporphyr, ZS -
 unterste Quarzporphyridecke der Tiefbohrung Frauendorf, PR - Rochlitzer Folge; ZB - Rochlitzer

Quarzporphyr, JF - vorwiegend Tuffe; Oberrotliegendes: P1² - porphyrische Konglomerate
 und Sandsteine im Saaletrug; Zechstein: Werra-Serie: Z1c - Zechsteintransgressionskonglu-
 merat, Ca1-T1 - Zechsteinalk und Kupferschiefer bzw. Kupferschieferäquivalent, Ca1b -
 Werraioconit, A1a - Unterer Werraanhydrit, Na1 - Ältestes Steinsalz, T1b - „Oberer“
 Werraion, A1b - Oberer Werraanhydrit; Stadfurt-Serie: T2 - rollenlose, tonig-schluffig;
 Klastika, Ca2 - Hauptdolomit, A2 - Soolanhydrit; Leine-Serie: T3 - meist grobe, tonig-
 sandige Klastika (z. T. Grauer Substrat bzw. Unterer Letten), Ca2 - Plattendolomit, A3 - Haupt-

anhydrit, Aller-Serie: T4 - vorwiegend röhliche, tonig-schluffige Klastika, im Westen mit
 Anhydrit (Gross-Pegauit-Anhydrit), im Osten wahrscheinlich auch noch Ablagerungen der Letten-
 Serie umfassend (Oberer Letten); Z1 - Z1c terrestrischer Zechstein (Sandstein, Konglomerat, Schiefer-
 ton) der Werra- bis Leine-Serie; Trias: au - Unterer Buntsandstein, am - Mittlerer Bunt-
 sandstein.
 Anmerkung: Der Schnitt ist östlich Gerichtet. In Klammern stehende Bezeichnungen fanden nur in
 einzelnen Niveaus im Schnitt Berücksichtigung. Kreuzschraffur - Einsturzgebirge.



SLUB

Wir führen Wissen.

UNIVERSITÄTSBIBLIOTHEK
 FREIBERG





SLUB

Wir führen Wissen.

UNIVERSITÄTSBIBLIOTHEK
FREIBERG



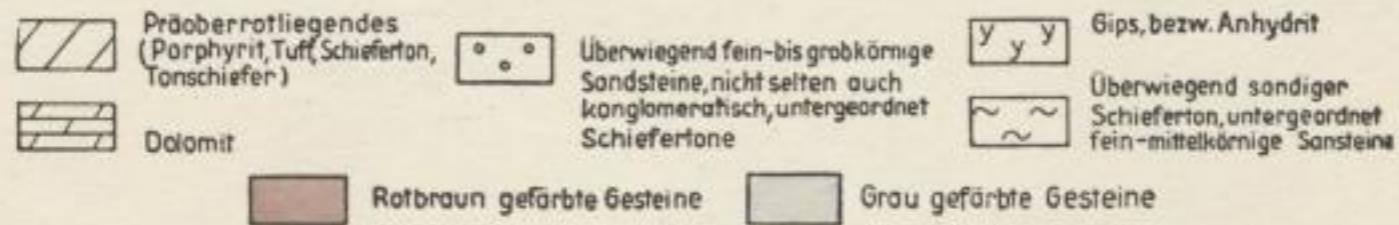
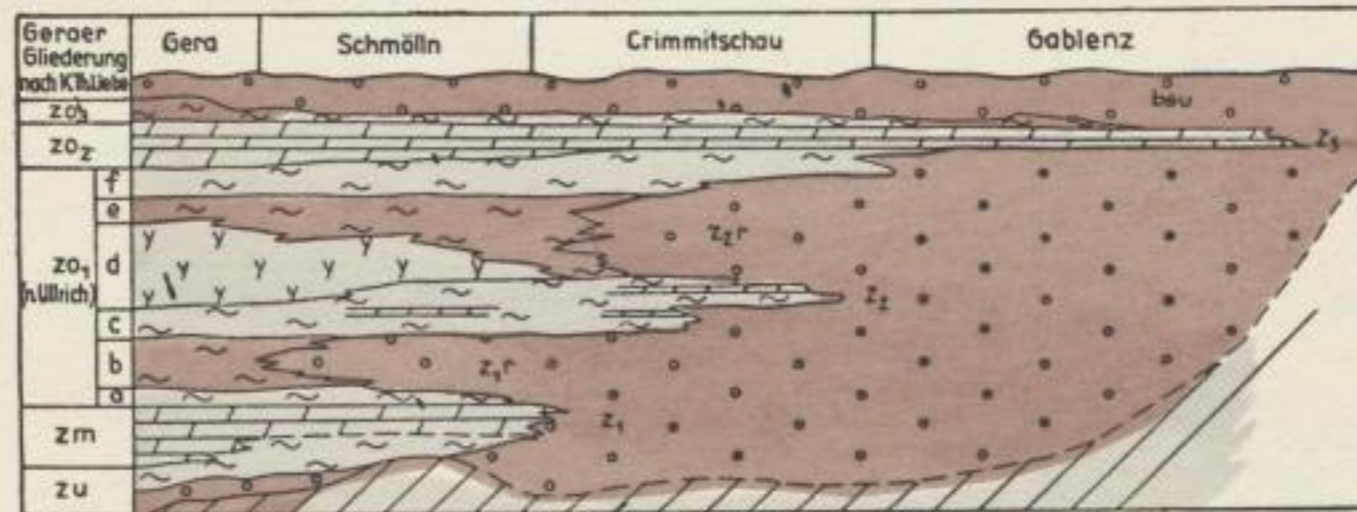


Bild 6. Schematischer Schnitt durch verschiedene Faziesbereiche des Zechsteins am Beckenrande von Ostthüringen und Sachsen

FFH: C 187



SLUB

Wir führen Wissen.

UNIVERSITÄTSBIBLIOTHEK
FREIBERG



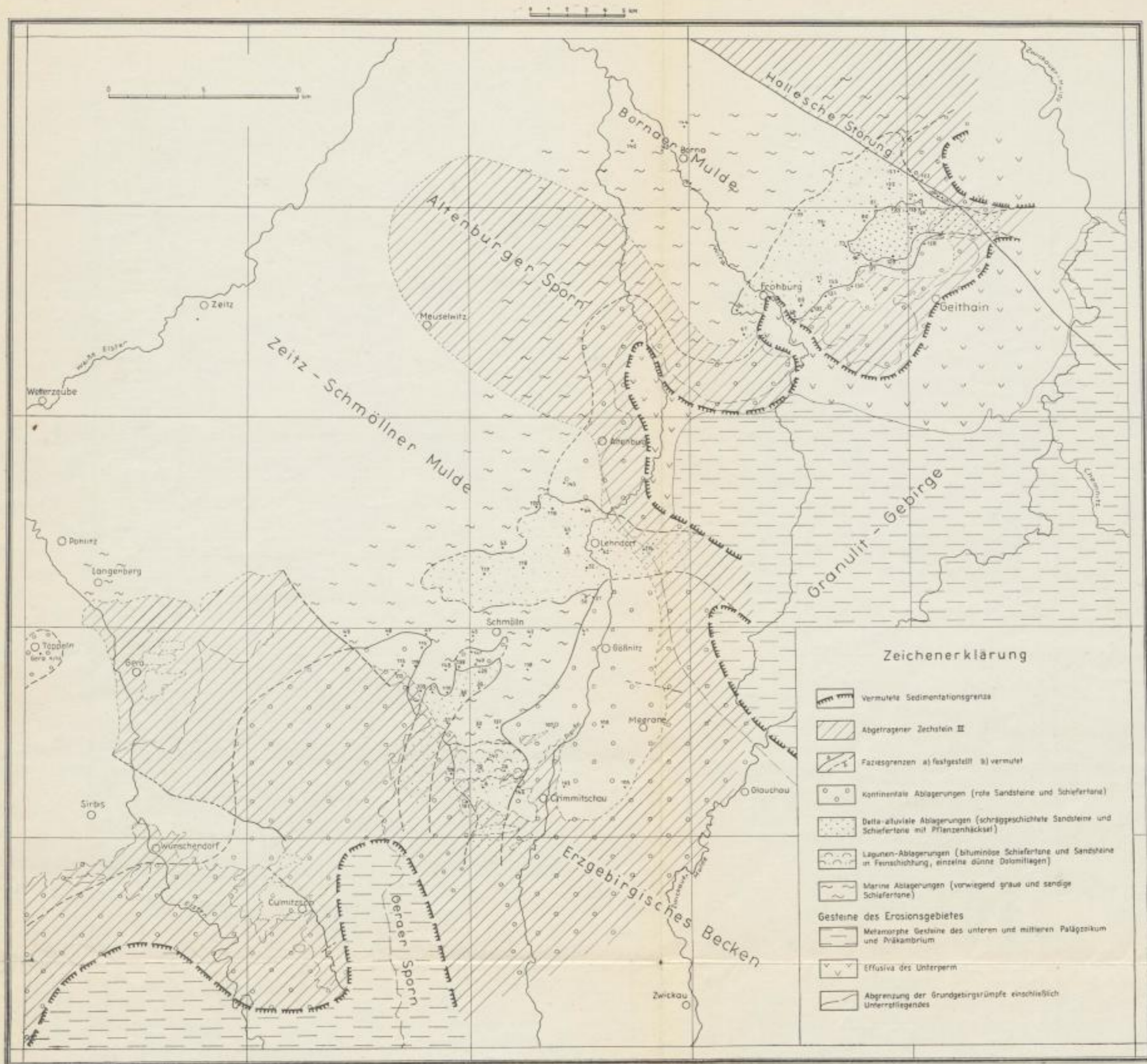


Bild 9. Faziel-paläogeographisches Schema zum Horizont des Grauen Salztones (T3) in Nordwestsachsen und Südostthüringen

FFH: C 187. Bild 10, siehe Rückseite dieser Karte

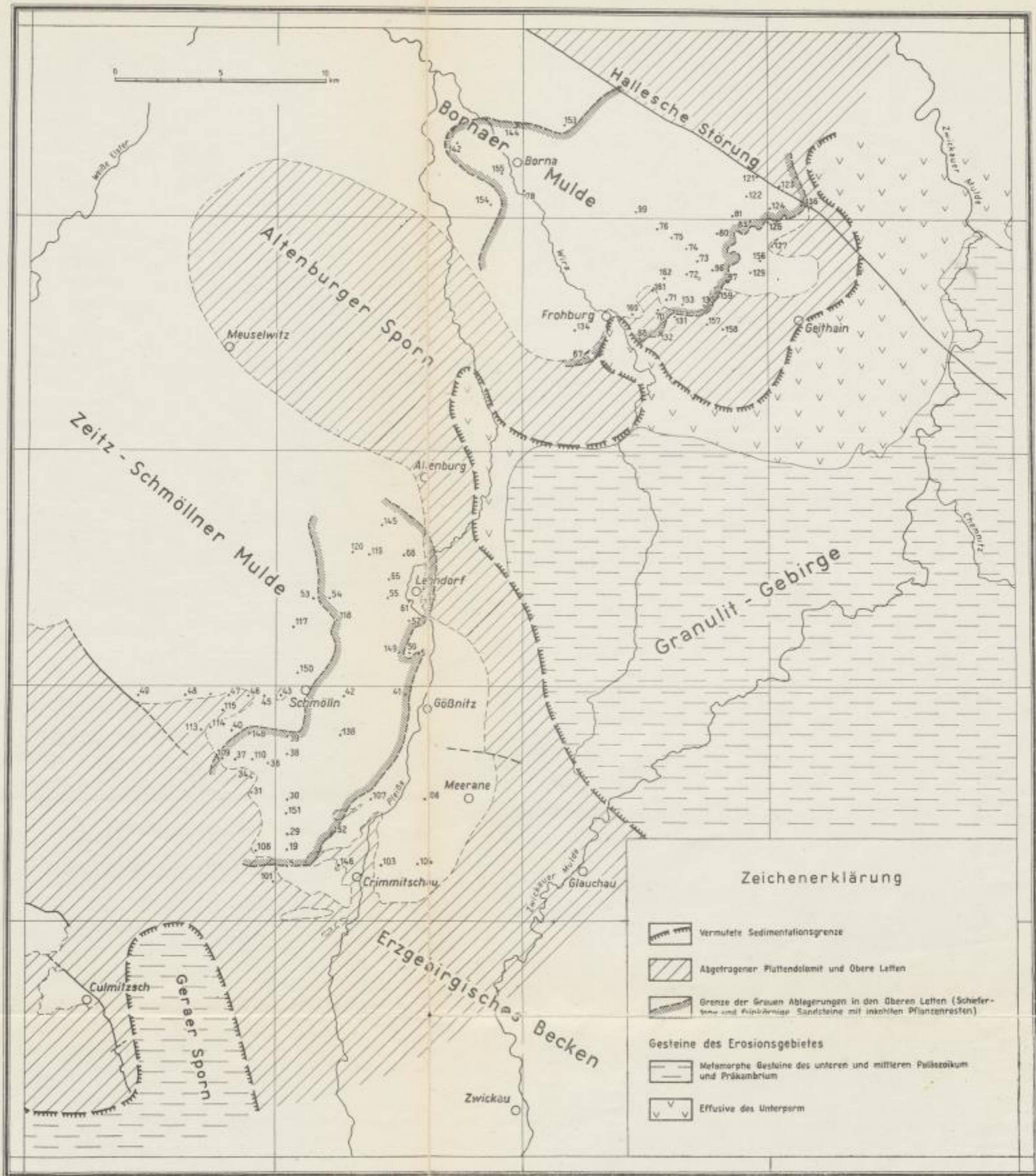


Bild 10. Fazial-paläogeographisches Schema für die Oberen Letten (zo)

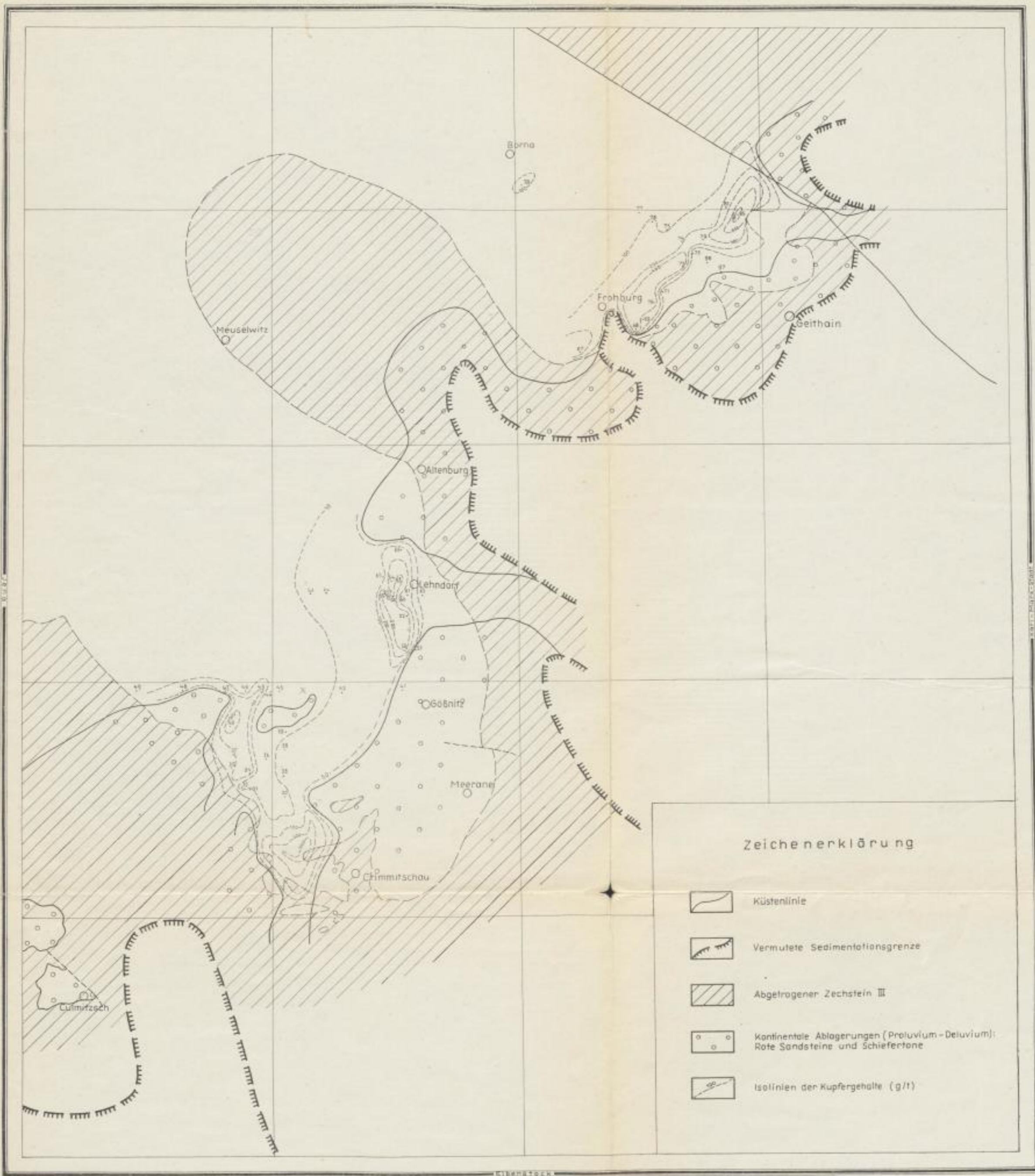


Bild 12. Die Verteilung des Kupfers im 1. Metallhorizont (Grauer Salzton, T3) für das Küstengebiet zwischen Grimmitzschau und Goithain

FFH: C 137. Bild 16, siehe Rückseite dieser Karte.

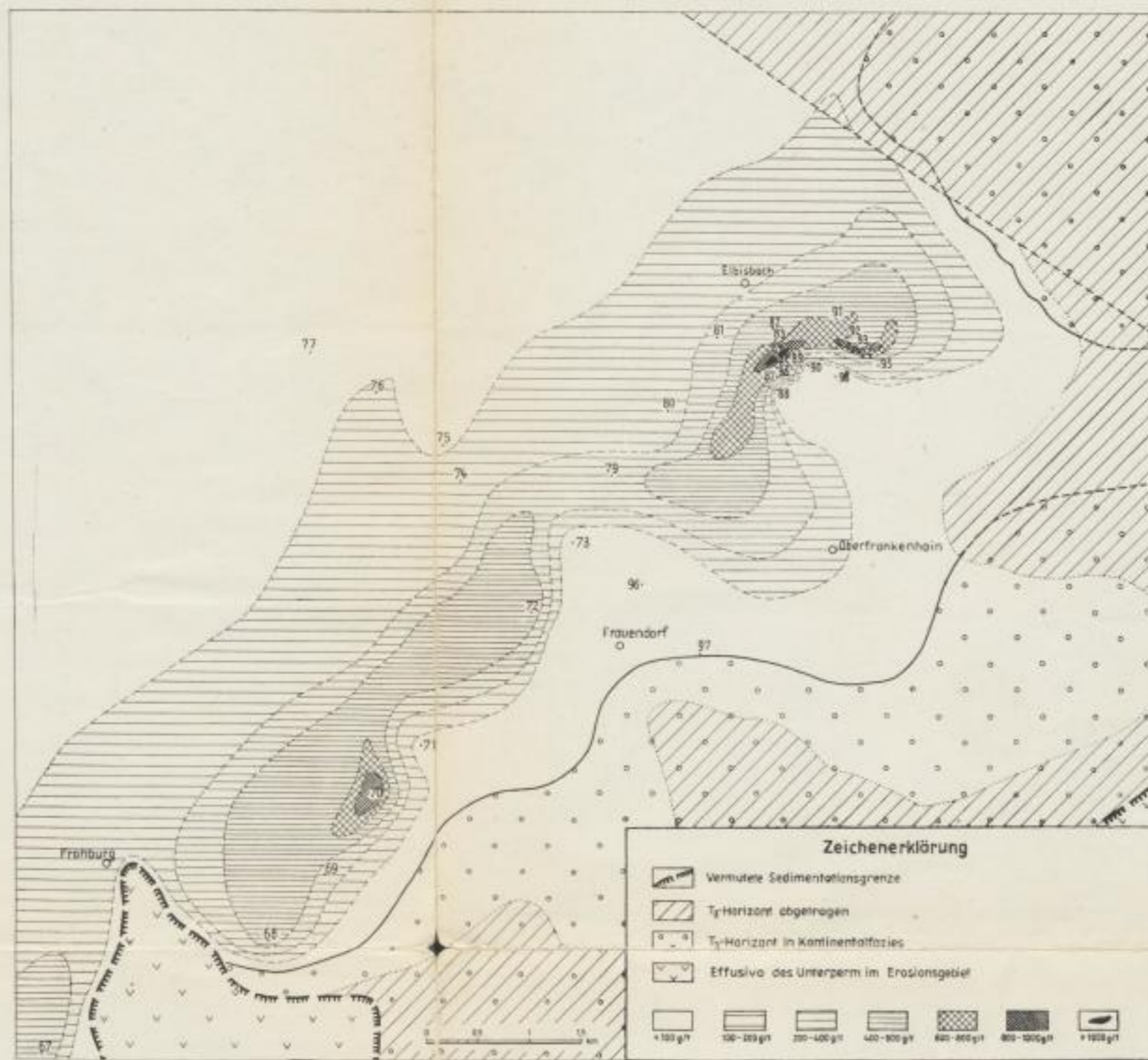


Bild 16. Verteilung von Kupfer im Unteren Metallhorizont der Leineserie (Grauer Salzton T₃) für die Bucht von Frohburg-Geithain

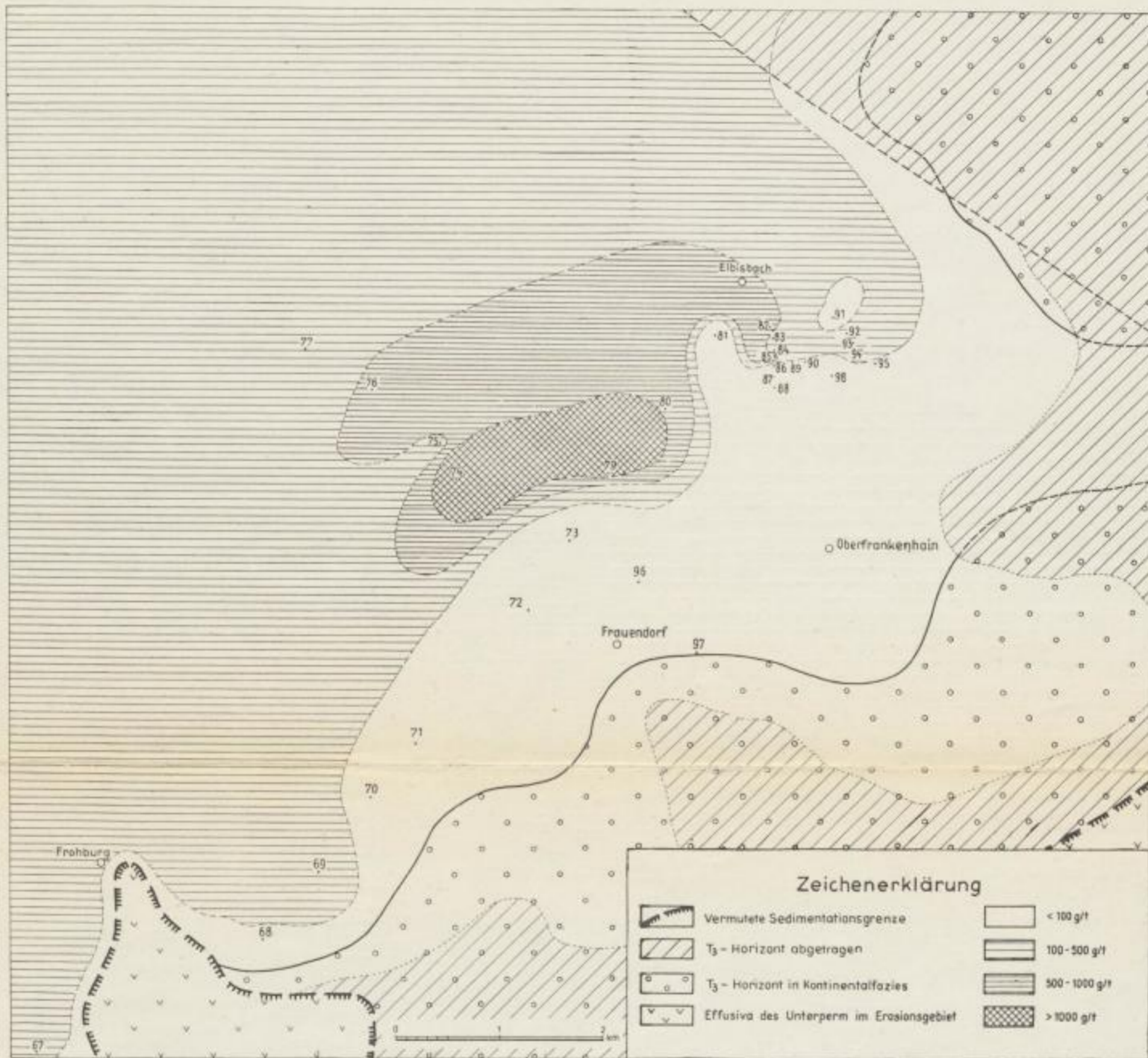


Bild 17. Verteilung von Blei im Unteren Metallhorizont der Leineserie (Grauer Salzton, T₃) für die Bucht von Frohburg—Geithain

FFH: C 187. Bild 20, siehe Rückseite dieser Karte

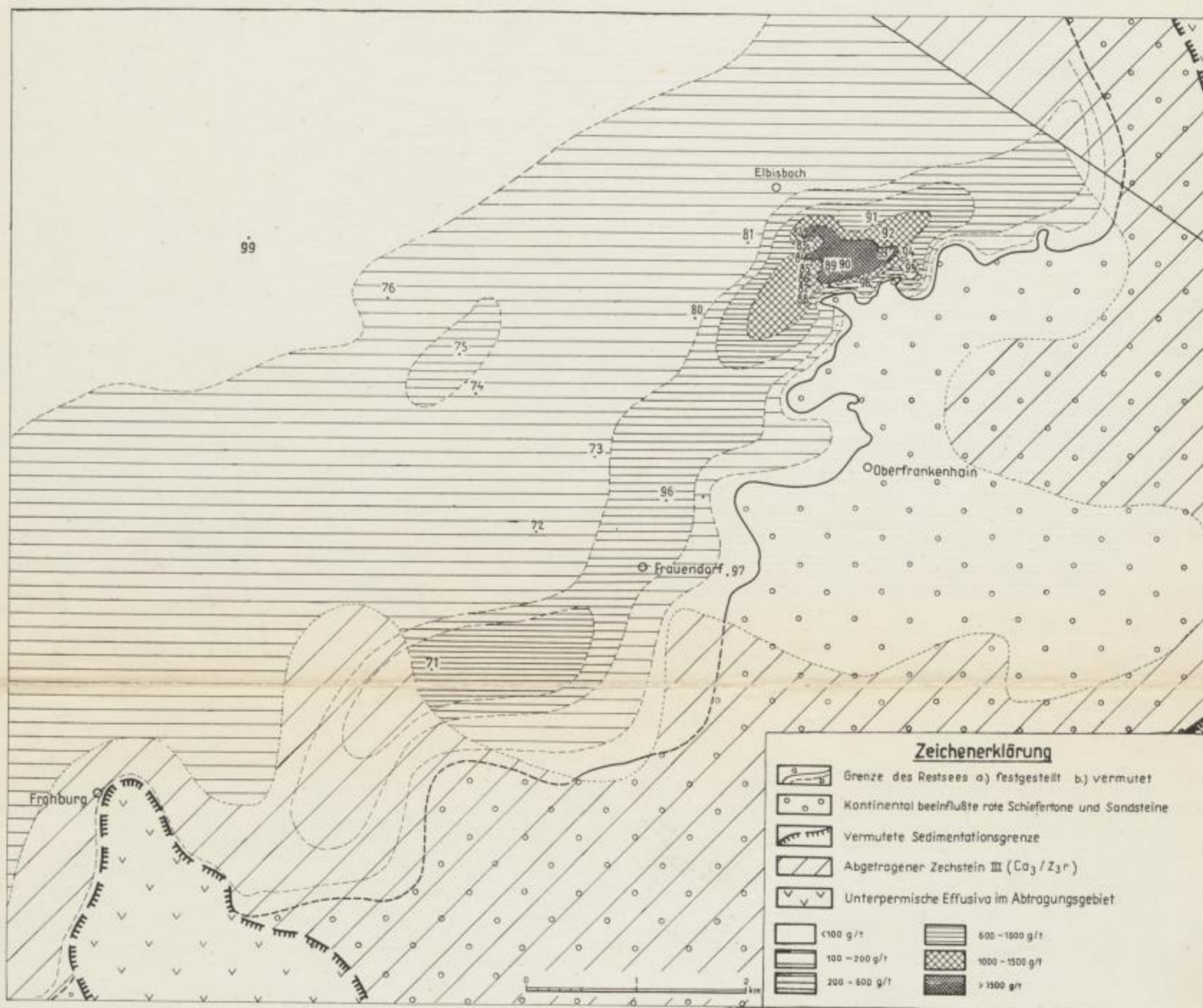
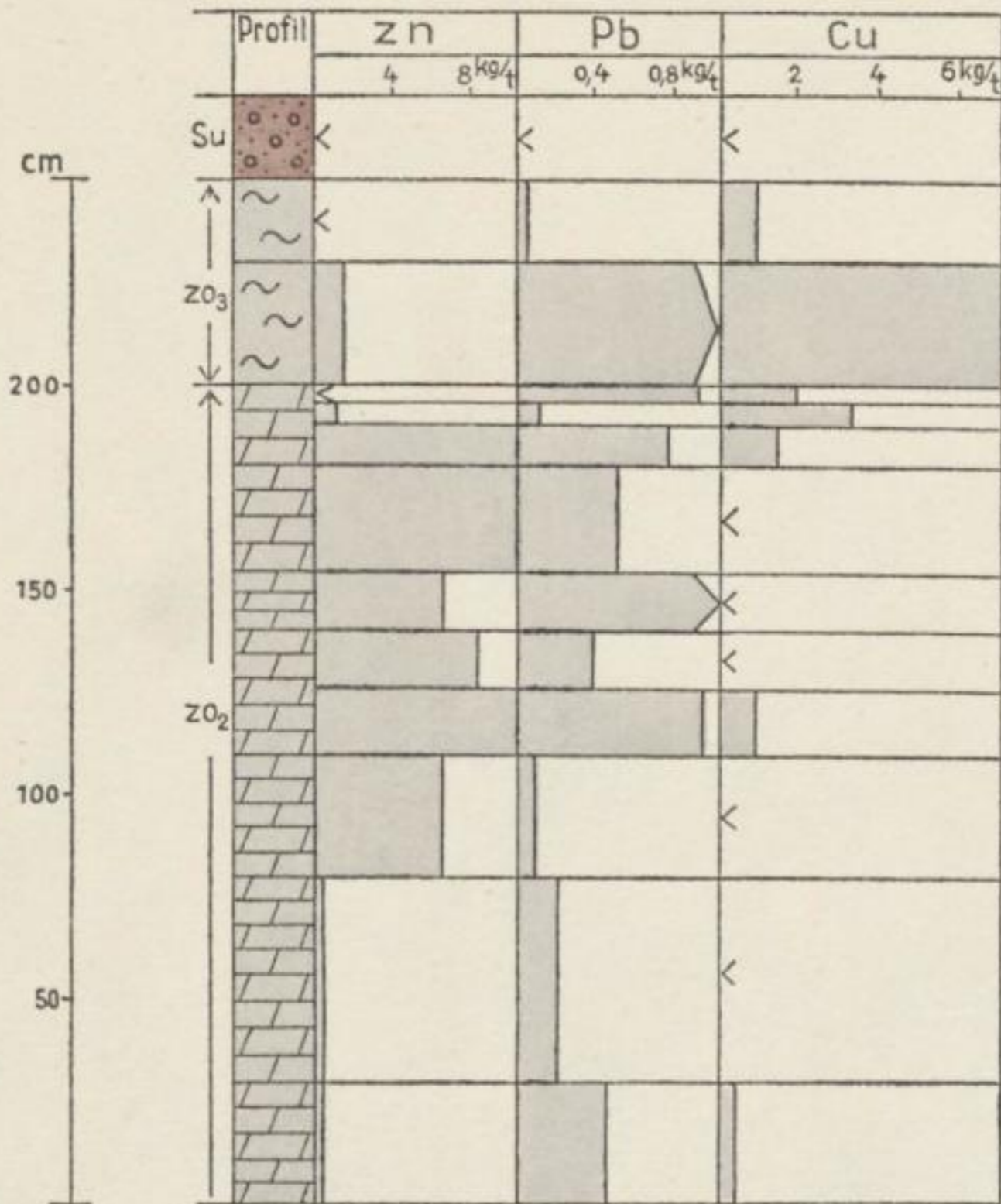
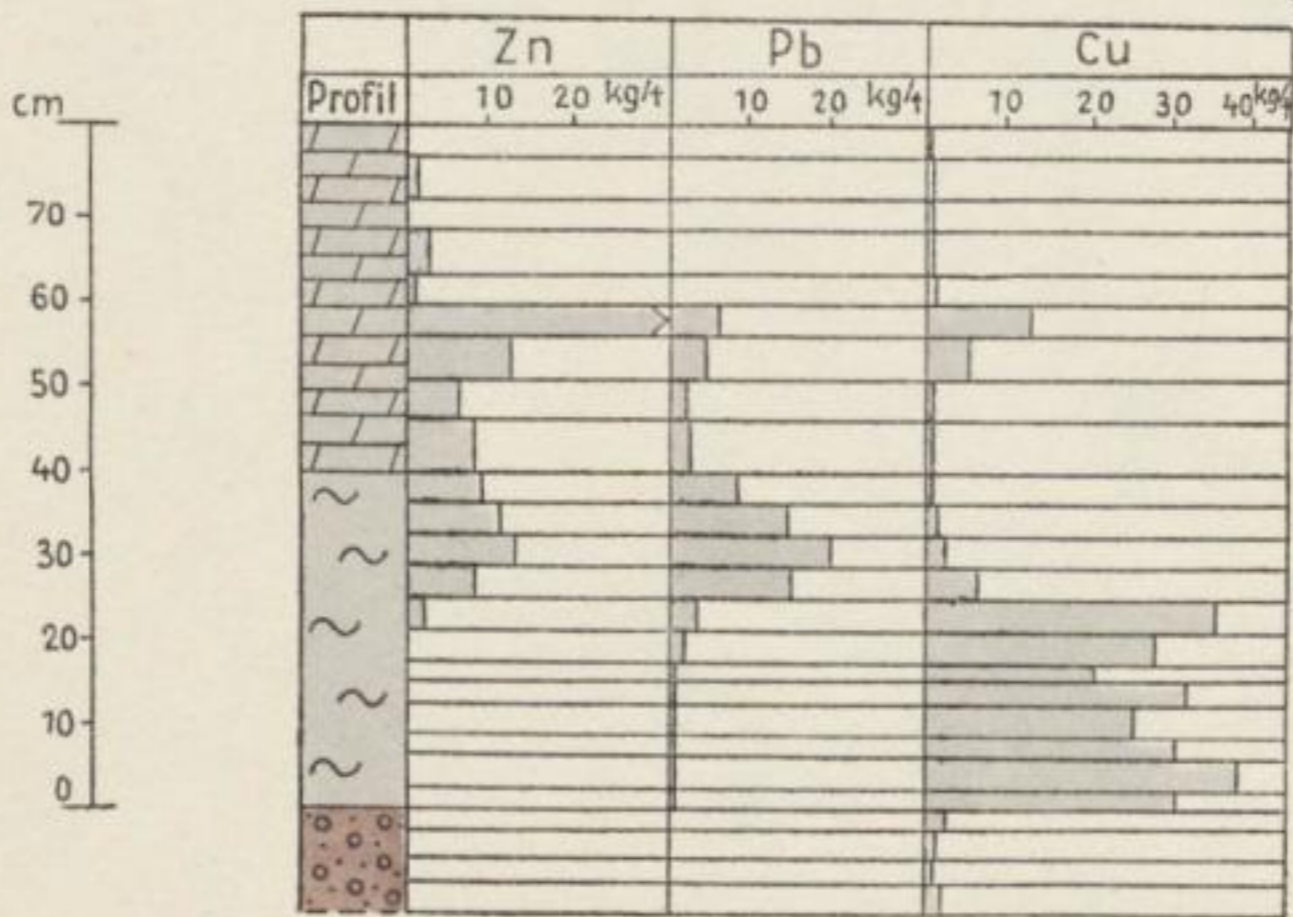


Bild 20. Verteilung von Kupfer im Oberen Metallhorizont der Leineserie (Grenzbereich Plattendolomit-Obere Letten, Ca₃/Z_{3r})
Raum Frohburg—Geithain

Verteilung von Zn, Pb, Cu im Vertikalprofil des Plattendolomites und der Oberen Letten von Hopfgarten (bei Geithain) P. 89

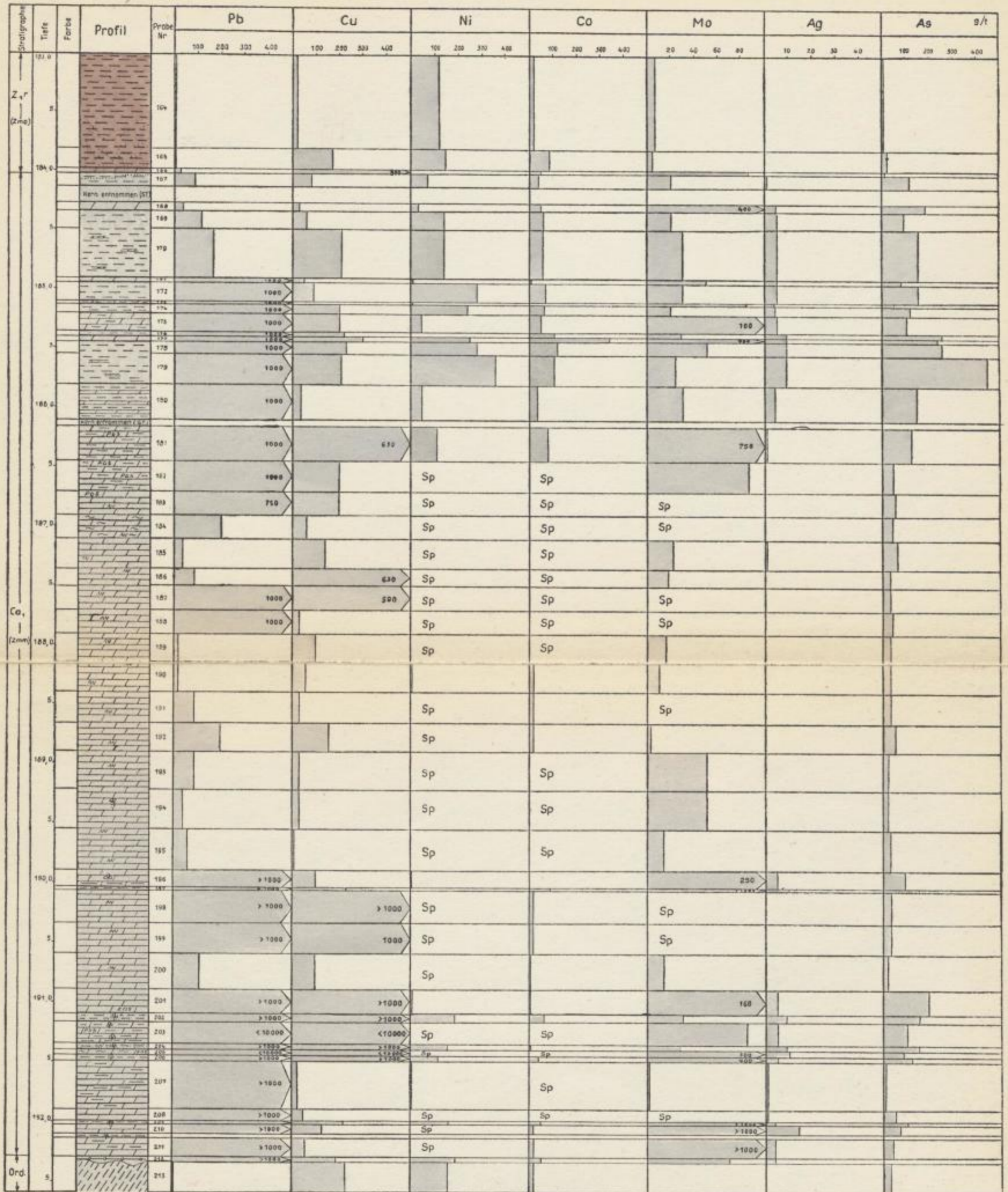


Verteilung von Zn, Pb und Cu im Vertikalprofil des Kupferschiefers von Mansfeld (nach E. Kautzsch)



Dolomit
 Schiefertone
 Rote Sandstein
 weniger als darstellbar

Bild 21. Lithologischer Aufbau und Metallführung des Zechsteins im Horizont des Kupferschiefers und der Oberen Letten (Ca3/Z3r)



- Konglomerate
- Schieferton
- Dolomit mit Tonhütchen
- Ordovizische Tonschiefer und Quarzite
- Pflanzenreste
- Wechselagerung von Schieferton u. Sandstein
- Dolomit mit Schieferton
- Dolomit
- dolomitisch
- Stylolithen

Bild 23. Geochemisches Profil durch die Werraserie (Ca1), nach D. Körner, 1962

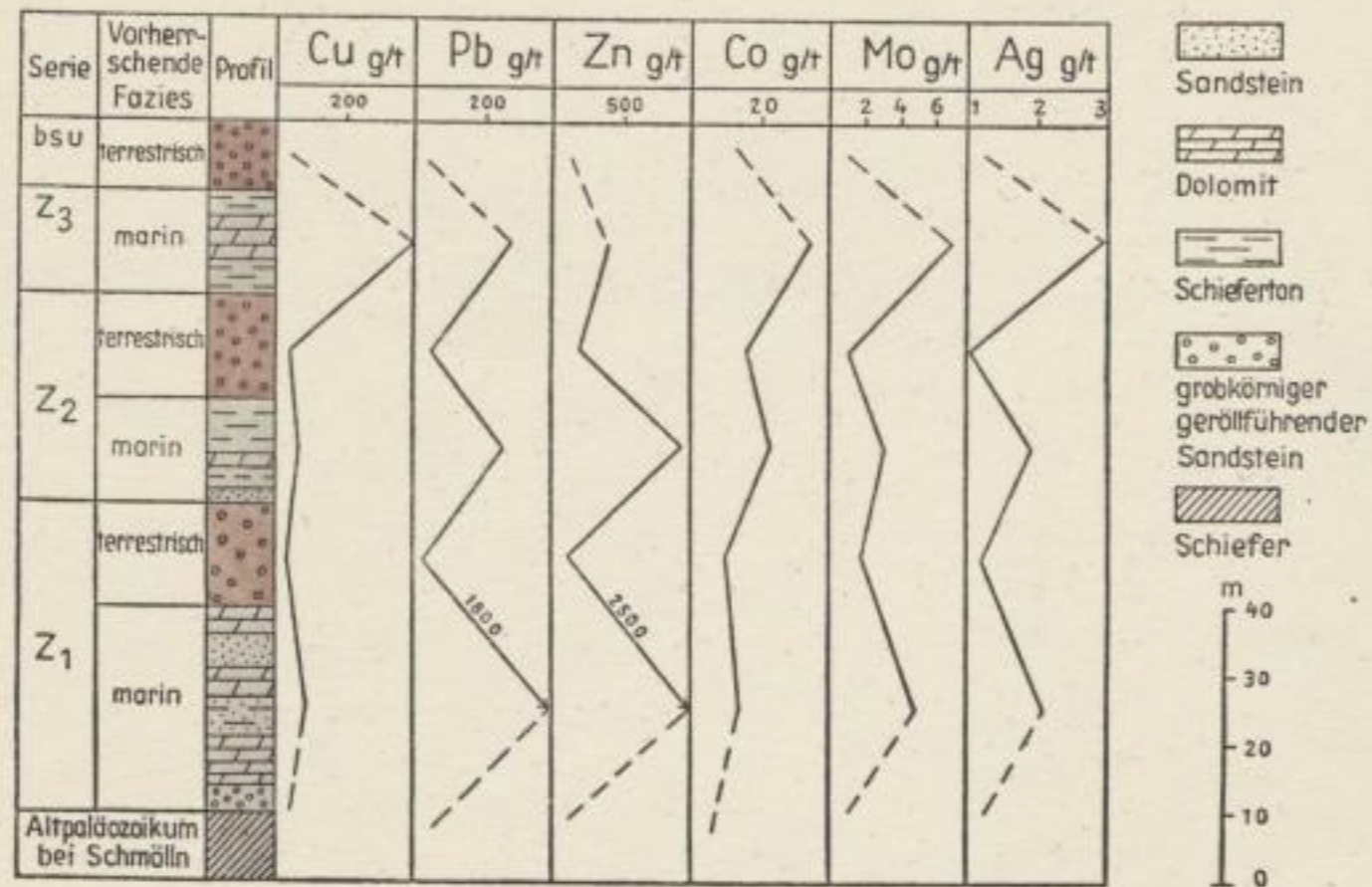


Bild 24. Durchschnittliches geochemisches Profil durch den Zechstein der Mulden von Zeitz-Schmölln und Borna

FFH: C 187



SLUB

Wir führen Wissen.

UNIVERSITÄTSBIBLIOTHEK
FREIBERG



Bücherel
Bergakademie
Freiberg i Sa.

