

ALTENBURGER NATURWISSENSCHAFTLICHE FORSCHUNGEN

Heft 4

ANSGAR MÜLLER, RENATE ORTMANN, LOTHAR EISSMANN

Die Schwerminerale im fluviatilen Quartär des mittleren Saale-Elbe-Gebietes

Ein Beitrag zur mitteleuropäischen Flußgeschichte



Altenburg 1988

Aufgabe dieser Schriftenreihe ist es, ausgewählte Forschungsarbeiten aus dem naturwissenschaftlichen Wirkungsbereich des Museums Mauritianum zu veröffentlichen. Bevorzugt werden bio- und geowissenschaftliche Arbeiten aufgenommen. Die Hefte erscheinen zwanglos.

Herausgeber: Mauritianum, Naturkundliches Museum,
DDR-7400 Altenburg, Postfach 216
Fernruf: Altenburg 2589

Schriftleitung und Redaktion: Norbert Höser
Gesamtherstellung: VEB Druckhaus „Maxim Gorki“, Altenburg
Druckgen.-Nr. L 37/87 · Kartengen.-Nr. D 126/87
Copyright 1988 by Mauritianum Altenburg
Printed in the German Democratic Republic
Vertrieb: Mauritianum
EVP 12,50 M

ALTENBURGER NATURWISSENSCHAFTLICHE FORSCHUNGEN

Heft 4

ANSGAR MÜLLER, RENATE ORTMANN, LOTHAR EISSMANN

Die Schwerminerale im fluviatilen Quartär des mittleren Saale-Elbe-Gebietes

Ein Beitrag zur mitteleuropäischen Flußgeschichte

Mit 26 Abbildungen und 9 Tabellen



Summary

[Heavy Minerals in Quaternary Fluvial Sediments of the Central Saale-Elbe Area. — A Contribution to the Central European River History]

Heavy mineral analyses are proved to be an important aid for the characterization of fluvial sediments of the Quaternary. The several drainage areas are marked by very different mineral spectra as well as large quantities of heavy minerals. The sediments of the Saale river are characterized by epidote, of the Weiße Elster river by topaz, of the Zwickau Mulde river by topaz and garnet, of the united Zschopau-Flöha-Striegis rivers ("Oschatz Mulde") by garnet, of the Elbe river by augite and of the Neiße river by zircon.

Among the "metamorphic" heavy minerals in the sediments the quantities are increased in

- sillimanite for the Elbe river
- staurolite for the Mulde river
- andalusite for the Saale and Weiße Elster rivers
- kyanite for the glaciofluvial sediments.

The quantities of the "instable" heavy minerals as garnet, epidote, hornblende and augite increase in the course of the Quaternary. Thus stratigraphic successions as well as paleogeographic alterations like several shifts of river courses can be proved. The latter concern especially the conditions of the junction of the Zwickau and Oschatz Mulde rivers with the Elbe river in the period before the first Elsterian ice advance. Furthermore it concerns the differentiated spatial and temporal course of the fluvial and glaciofluvial filling of the so-called "glacial trough of the Elbe valley" ("Elbtal-Glazialwanne"), an exaratively and glaciohydromechanically formed depression filled with sediments in the time from the Elsterian to the early Saalian stage.

Beyond that the following results of the 330 analyses can be quoted:

- The use of grain fraction 0.1—0.2 mm allows to compare all samples from silty sand to stony coarse-grained gravel with each other.
- Changes of the heavy mineral spectra in the lowland must be regarded as the result of lateral supply and dilution and less of different reduction by the agents of fluvial transport.
- Small rock complexes can supply specific heavy minerals in big quantities and form the composition and quantity of the heavy mineral spectra of the river sediments more largely than widely spread rock areas of less specific supply of heavy minerals. But suchlike areas often make considerable contribution of the quantities of the pebbles. For this reason the heavy mineral analysis is neither an alternative nor supplement of the pebble analysis but shows other processes and facts than this.
- The quantities of the "metamorphic" heavy minerals (especially sillimanite) and topaz recur in several pre-Elsterian to early Elsterian fluvial sediments of the Netherlands in a characteristic manner. It can be regarded as proved that the Elbe river flowed up to the first Elsterian ice advance in northwestern direction to the Netherlands assimilating the Mulde, Saale and Weser rivers as well as the precursors of the Ems river on its way.

Die Schwerminerale im fluviatilen Quartär
des mittleren Saale—Elbe-Gebietes

Ein Beitrag zur mitteleuropäischen Flußgeschichte

Von ANSGAR MÜLLER, Leipzig, RENATE ORTMANN, Halle
und LOTHAR EISSMANN, Leipzig

Mit 26 Abbildungen und 9 Tabellen

INHALT

0.	Einleitung	4
1.	Überblick über die quartären Sedimente und Prozesse	5
2.	Probenahme, Aufbereitung und Bestimmung der Schwerminerale	8
3.	Umfang des Untersuchungsmaterials und Darstellung der Ergebnisse	9
4.	Gesetzmäßigkeiten im Auftreten der einzelnen Schwerminerale	25
4.1.	Schwermineralführung in den verschiedenen Korngrößenbereichen	25
4.2.	Räumliches Verhalten beim fluviatilen Transport	26
4.3.	Zeitliche Entwicklung vom Jungtertiär bis zum oberen Quartär	27
4.4.	Der Einfluß der Liegendsedimente	29
4.5.	Herkunft der Schwerminerale	31
4.6.	Vergleich zwischen Geröll- und Schwermineralanalyse	32
5.	Schwermineralführung der einzelnen Flußgebiete	39
5.0.	Allgemeines	39
5.1.	Bode	39
5.2.	Saale	40
5.3.	Weißer Elster	40
5.4.	Pleißer	41
5.5.	Mulde	41
5.5.1.	Zwickauer Mulde	41
5.5.2.	Zwickauer Mulde mit Saale und Weißer Elster	42
5.5.3.	Zwickauer Mulde mit Elbe	43
5.5.4.	Oschatzer Mulde (Zschopau mit Flöha und Striegis)	44
5.5.5.	Riesaer Muldelauf	44
5.5.6.	Freiberger Mulde	45
5.5.7.	Vereinigte Mulde	45
5.6.	Elbe	46
5.6.1.	Grundzüge	46
5.6.2.	Prä- und frühelsterglaziale Elbeschotter	46
5.6.3.	Elster-Hochglazial bis Holsteinwarmzeit	48

5.6.4. Frühsaaleglaziale Schotter des Berliner Elbelaufs	51
5.6.5. Spätsaaleglaziale Mischbildungen	52
5.6.6. Weichselglaziale und holozäne Elbeschotter	53
5.7. Schwarze Elster und Spree als Nebenflüsse der Elbe	53
6. Die Schwermineralführung glazifluviatiler Sedimente	54
7. Regionale Vergleiche	57
7.1. Das Elbe-System mit Saale und Mulde	57
7.2. Werra, Leine und Innerste	58
7.3. Neiße und Oder	59
7.4. Sächsisch-thüringische Schwermineralgemeinschaften in niederländischen Flußschottern	59
Zusammenfassung	67
Literaturauswahl	68

0. EINLEITUNG

Die Schwerminerale sind ein besonders wichtiges Merkmal zur Kennzeichnung eines klastischen Sediments im sandigen Bereich. Insbesondere gilt dies für fluviatile Lockersedimente, die aus ihrem Einzugsgebiet charakteristische Schwermineralarten aufgenommen haben. Unter günstigen Umständen vermögen die Schwerminerale wichtige Hinweise hinsichtlich regionaler Herkunft, klimatischer Faktoren und damit indirekt auch hinsichtlich ihrer Altersstellung zu geben. Einfacher, billiger und deshalb extensiver angewandt ist die Schotteranalyse (Geröllzählung), die sich im mittleren Saale-Elbe-Gebiet besonders in Form der „Mittelkiesanalyse“ (Fraktion 7–15 mm) bewährt hat. Mit ihrer Hilfe sind zahlreiche Fragen der fluviatilen Entwicklung im Quartär gelöst worden. Erste Versuche haben gezeigt, daß manche Fragen durch Schwermineralanalysen genauer und differenzierter beantwortet werden können als durch die Schotteranalyse. Zudem besteht für die Zukunft die Absicht, fluviatile Sedimente auch dort zu charakterisieren, wo die „Mittelkiesanalyse“ wegen zunehmender Feinkörnigkeit des Sediments nur schwer oder nicht mehr anwendbar ist. Im Norddeutschen Tiefland und in den Niederlanden sind aus diesem Grunde bereits zahlreiche Schwermineralanalysen angefertigt worden, und es erschien nunmehr sinnvoll, die Schwerminerale bis in die Mittelläufe der größeren Flüsse zu verfolgen, um die Einzugsgebiete genauer als bisher angeben zu können. Der Raum zwischen Saale und Elbe bot hierfür besonders günstige Voraussetzungen, weil die Teileinzugsgebiete geologisch recht unterschiedlich aufgebaut sind und die jeweils typischen Gesteine im Vergleich zu anderen regionalen Einheiten große Schwermineralmengen liefern. Aus diesen Gründen wurden rund 330 Schwermineralanalysen im mittleren Saale–Elbe-Gebiet angefertigt. Sie wurden zusammen mit Geröllanalysen ausgewertet, um beide Untersuchungsmethoden miteinander zu vergleichen. Ein zweites Anliegen war es, Schotter mit und ohne nordisches Material, Mischschotter mit Schmelzwassersandanteilen und rein glazifluviatile Sedimente zu kennzeichnen und voneinander zu unterscheiden.

Der Hauptteil der Untersuchungen erfolgte im Zuge quartärgeologischer Kartierungsarbeiten, die in den Jahren 1968–1984 durch den VEB Geologische Forschung und Erkundung Freiberg (MÜLLER; EISSMANN) und den VEB Geologische Forschung und Erkundung Halle (ORTMANN) vorgenommen wurden. Die Autoren danken den genannten Betrieben für ihre Unterstützung.

1. ÜBERBLICK ÜBER DIE QUARTÄREN SEDIMENTE UND PROZESSE

Die ältesten Quartärsedimente des mittleren Saale—Elbe-Gebietes sind fluviatile Kiese und Sande ohne nordisches Material, die in vier verschiedenen Schotterterrassen unterschiedlicher Höhenlage auftreten. In noch höherem Niveau, als Ältestes, liegen vereinzelt Reste einer spätmiozänen bis pliozänen Terrasse (im folgenden kurz als Pliozän bezeichnet), deren Sedimente arm an leicht verwitterbaren Bestandteilen sind (Brandiser Quarzschotter; Schotter des Senftenberger Elbelaufs, z. B. von Ottendorf-Okrilla). Die drei nächst jüngeren Schotterterrassen, die Obere, Mittlere und Untere Frühpleistozäne Terrasse (in Thüringen: Zersatzkies-Folge, Zersatzgrobschotter und Ältere Grobschotter) werden formal der Brüggén-, Eburon- und Menap-Kaltzeit zugeordnet. Während die obere dieser drei Terrassen noch Merkmale stärkerer chemischer Verwitterung wie Entkalkung und lokal großen Quarzreichtum aufweist, enthalten die tieferen Terrassenschotter leichter verwitterbare Bestandteile in großer Menge und zeigen damit bereits dasselbe Überwiegen der Frostverwitterung an, wie es für das jüngere Quartär typisch ist. Die Mächtigkeit der bisher genannten Schotter erreicht jeweils etwa 8 m. Die vierte, tiefste und damit jüngste quartäre Schotterterrasse ohne nordisches Material ist die Frühelsterterrasse, die in der Zeit bis zum Eintreffen des ersten elsterglazialen Eisvorstoßes abgelagert wurde. Sie wird im allgemeinen bis ca. 10 m mächtig und ist vielfach durch den sogenannten Knautnaundorfer oder Torgauer Schluffhorizont zweigeteilt, der eine klimatische Zäsur anzeigt. Während die älteren Terrassen in spärlichen Resten erhalten geblieben sind, werden die Schottervorkommen mit abnehmendem Alter häufiger und ausgedehnter; die Frühelsterterrasse ist weit verbreitet (Abb. 23, 24).

Das Inlandeis der Elstereiszeit hinterließ beim Austauen mannigfache, meist rinnenförmige Hohlformen (Seen), die teils mit glazifluviatilen und glazilimnischen, teils (von Süden nach Norden fortschreitend) mit fluviatilen oder glazifluviatil/fluviatil gemischtem Material gefüllt wurden. In diesem Zusammenhang ist neben den bedeutenden Rinnensystemen (Döbriser Rinne, Delitzscher und Gräfenhainichen—Bad Dübener Rinnensysteme) die glazigen entstandene „Elbtalwanne“ anzuführen, die sich nach Norden in die elsterglazialen Hohlformen des brandenburgischen Raumes fortsetzt. Fluviatile Sedimente erreichen 50 m Mächtigkeit. Auch flächig verbreitete spät-elsterglaziale Flußschotter sind bekannt geworden (Krippenhauer Schotter). Bei der Zufüllung der Hohlformen konnte die fluviatile Sedimentation bis in die Holsteinwarmzeit andauern. Das betrifft vor allem die großen Hohlformen im Norden (Elbtal-Glazialwanne und Fortsetzungen nach Norden), in die im Spätelsterglazial und in der Holsteinwarmzeit die Elbe mündete.

Die nächst jüngeren Bildungen, die meist bis 10 m mächtigen Schotter der Hauptterrasse oder (Haupt-)Mittelterrasse, liegen wegen der elsterglazialen Verschüttung wenige Meter über dem Niveau der Frühelsterterrasse und sind weit verbreitet (Abb. 23). Sie werden vielfach — ähnlich wie die Frühelsterterrasse — durch den sogenannten Markkleeberger Kryoturbationshorizont in einen unteren und einen oberen Schotter geteilt. Der erste saaleglaziale Eisvorstoß beendete die Sedimentation, während im Hügelland südlich des Eisrandes eine weitere Aufschotterung erfolgte (Schönbach-Terrasse). Im Verlauf des ersten und zweiten Vorstoßes des Saaleeises kam es zur Bildung von Stau- und Mischschottern sowie Schmelzwassersedimenten, insbesondere als Sander, aber auch in Endmoränen oder flächig. Während des späten Saaleglazials wurden im Lausitzer Urstromtal fluviatil/glazifluviatil gemischte Sedimente abgelagert. Infolge erosiver Ausräumung saaleglazialer Sedimente in der Zeit vom späten Saaleglazial bis

in die frühe Weichseleiszeit liegt die Basis der weichselglazialen Niederterrasse im Flachland etwa in demselben Niveau wie die der Frühlsterterrasse. Zum Teil sind Reste spätsaaleglazialer Schotter erhalten geblieben, während eemwarmzeitliche Schotterreste an der Basis der Niederterrasse selten sind. Die Sedimentation der um 8 m (Elbe: 18 m) mächtigen Schotter der Niederterrasse geht im Hangenden in eine feinkörnige Abteilung über, die die Beendigung der Sedimentation durch nachlassende Transport-

Tab. 1. Fluviale Sedimente des Quartärs im mittleren Saale—Elbe-Gebiet

Stratigraphie	Fluviale Sedimente / Schotterterrassen	Kurzsymbol für Quartärsedimente
Holozän	Aueschotter	f_{QH}
Weichseleiszeit	Schotter der Niederterrasse	f_{QW}
Eemwarmzeit	Reliktschotter an der Basis der Niederterrasse	f_{QiE}
Saaleeiszeit	Bildungen des Urstromtals	$gf-fu$ QS2n
	Schmelzwassersedimente eines späten Stadiums (vielfach als Sanderbildung)	gf QS2n
	Schmelzwassersedimente allgemein	gf QS
	Schotter der Hauptterrasse	f QS1
Holsteinwarmzeit	Flußschotter	f_{QiH}
Elstereiszeit	spätglaziale Flußschotter	f_{QE2n}
	spätglaziale Mischschotter	$gf-f_{QE2n}$
	Schmelzwasserbildungen eines späten Stadiums (vielfach in Rinnen)	gf QE2n
	Flußschotter zwischen 1. und 2. Eisvorstoß	$f_{QE1n-2v}$
	Mischschotter zwischen 1. und 2. Eisvorstoß	$f-gf_{QE1n-2v}$
	Schmelzwassersedimente allgemein	gf QE
	Schotter der Frühlsterterrasse	f_{QE1}
Cromer-Komplex	—	—
? Menapalkzeit	Untere Frühpleistozäne Schotterterrasse	f_{QM}
? Waalwarmzeit	—	—
? Eburonkaltzeit	Mittlere Frühpleistozäne Schotterterrasse	f_{QEb}
? Tegelenwarmzeit	—	—
? „Brüggencaltzeit“	Obere Frühpleistozäne Schotterterrasse	f_{QB}
Spätmiozän bis Pliozän	Flußschotter (z. B. Brandiser Quarzschotter und Elbeschotter von Ottendorf-Okrilla)	f_{TT5}

kraft im Hochglazial einleitet. Die holozänen Aueschotter (bis 5 m, bei der Elbe bis 9 m mächtig) sind vielfach in die Niederterrasse eingeschachtelt. Auelehm schließt die fluviale Sedimentation ab, über die in Tab. 1 ein Gesamtüberblick gegeben wird. Die räumlich-zeitliche Terrassenkonfiguration in der Leipziger Bucht und im Elbegebiet bei Torgau ist in vereinfachter Form in den Abb. 1 und 2 dargestellt.

Ausführlichere Informationen über die Quartärgeologie des Saale—Elbe-Gebietes findet man bei EISSMANN (1975; hier weitere Literatur), für das Gebiet Zschopau—Freiberger Mulde — Elbe weiterführend bei WOLF (1977, 1978, 1980).

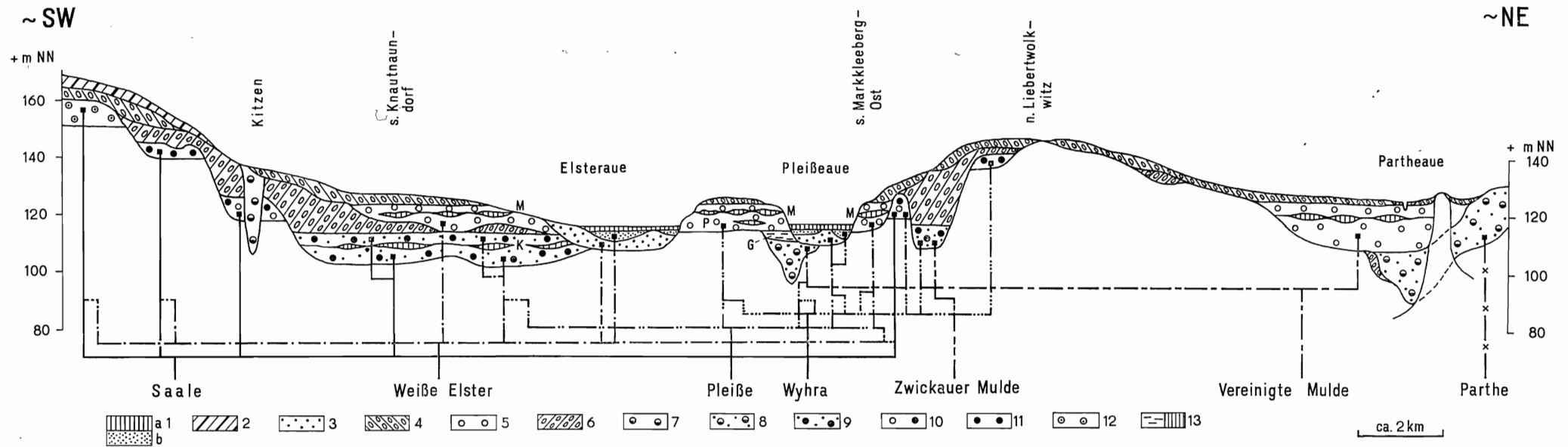


Abb. 1. Halbschematischer, vereinfachter Schnitt durch das Quartär der zentralen Leipziger Tieflandsbucht südlich von Leipzig

Holozän: 1a — Auelehm, 1b — Aueschotter (Kies und Sand); Weichseleiszeit: 2 — Löss, 3 — Schotter der Niederterrasse; Saaleeiszeit: 4 — glaziäre Sedimente: Grundmoränen (Geschiebelehm und -mergel), Schmelzwassersande und -kiese, Bändertone, 5 — Schotter der Hauptterrasse mit Markkleeberger Schluffhorizont (M); Holsteinwarmzeit: G — Gaschwitzer Schluff; Elstereiszeit: 6 — glaziäre Sedimente: Grundmoränen (Geschiebemergel), Schmelzwassersande und -kiese, Schluffe und Bändertone, 7 — glazifluviatile und glazilimnische Rinnensedimente: Sand, Kies, Schluff, Bänderton, 8 — fluvial-glazifluviatile Rinnensedimente: Sand, Kies, 9 — Schotter der Frühelsterterrasse mit Knautnaundorfer Schluffhorizont (K); Frühpleistozän: 10 — Schotter der Unteren Frühpleistozänen Terrasse, 11 — Schotter der Mittleren Frühpleistozänen Terrasse, 12 — Schotter der Oberen Frühpleistozänen Terrasse; 13 — stratigraphisch wichtige Schluffhorizonte

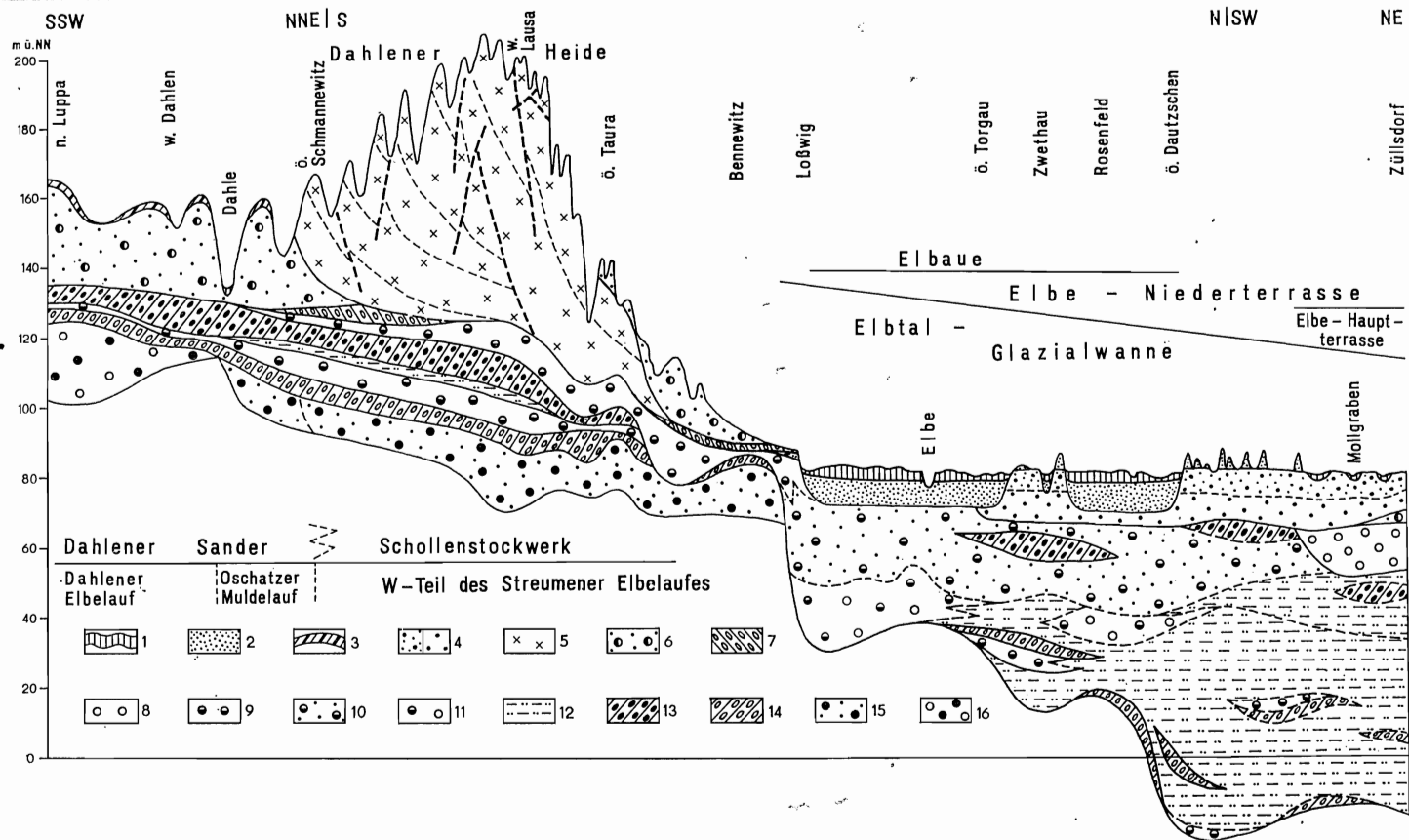


Abb. 2. Schnitt durch das Quartär des Elbegebietes südlich und östlich von Torgau

1 — Holozän: Auelehm und limnisch-fluviatile Bildungen; 2 — Aueschotter und Dünensande (Weichseleiszeit bis Holozän); 3 — Weichseleiszeit: Löß, Lößlehm, Sandlöß; 4 — Flußschotter der Niederterrasse (a — obere, feine, b — untere, grobe Anteile); 5 — Saaleeiszeit: Glazigene Schollen der Dahleiner Endmoräne (Tertiärmaterial, ältere Flußschotter, Geschiebemergel, Schmelzwassersedimente); 6 — Schmelzwassersedimente und fluviatil/glazifluviatil gemischte Bildungen; 7 — Geschiebemergel und -lehm; 8 — Flußschotter der Hauptterrasse (Berliner Elbelauf); 9 — Elstereiszeit: Schmelzwassersande und -kiese; 10 — Mischbildungen Elbeschotter/glazifluviatiles Material („mittlere, feine Folge“); 11 — Elbeschotter in der Elbtal-Glazialwanne („untere, grobe Folge“); 12 — glazilimnische Schluffe, Feinsande und Tone; 13 — Geschiebemergel und -lehm (obere Elstergrundmoräne); 14 — Geschiebemergel und -lehm (untere Elstergrundmoräne); 15 — Flußschotter der Frühelsterterrasse; 16 — Frühpleistozän: Flußschotter der Unteren Frühpleistozänen Terrasse

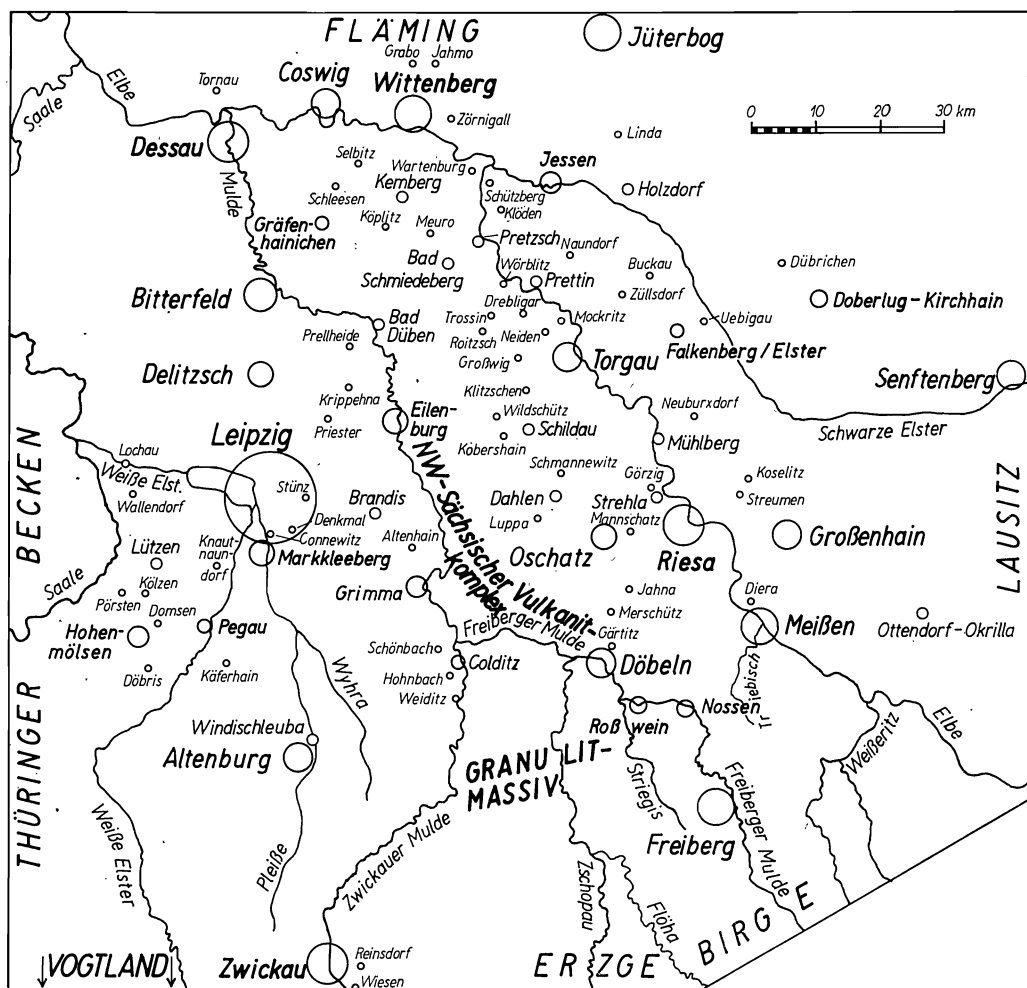


Abb. 3. Lage der im Text genannten Orte und Flüsse

2. PROBENAHME, AUFBEREITUNG UND BESTIMMUNG DER SCHWERMINERALE

Der Probenahme dienten vorwiegend hydrogeologische Bohrungen sowie Bohrungen auf Lagerstätten der Steine und Erden und Braunkohle, die bei quartärgeologischen Kartierungsarbeiten gelegentlich befahren werden konnten.¹⁾ Da es sich überwiegend um Trockenbohrungen handelt, wurden die Proben aus den meist meterweise im Gelände abgelegten Haufenproben zusammengestellt. Vielfach wurde im Gelände bereits abgesiebt, das Material über 7 mm für Geröllzählungen, der Anteil unter 1 mm für Schwermineralanalysen. Sofern die Proben aus dem Anstehenden (meist Kiesgruben) gewonnen wurden, handelt es sich um Schlitzproben über mehrere Dezimeter hinweg.

¹⁾ Es ist an dieser Stelle nicht möglich, den vielen Objektgeologen und den Betrieben namentlich für ihr Entgegenkommen und die gute Zusammenarbeit zu danken.

Die Aufbereitung des Materials für die Schwermineralanalyse erfolgte durch aufeinanderfolgende Behandlung mit Wasserstoffperoxid und Essigsäure. Hartnäckige Eisenhydroxidüberzüge wurden mit Hilfe von Natriumcitrat und Natriumdithionit entfernt. Der Schweretrennung mit Tetrabromethan ($d = 2,9 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$) wurden die Fraktionen 0,063—0,1 mm, 0,1—0,2 mm und 0,2—0,315 mm unterzogen. Die Trennung wurde mit der Zentrifuge unter Verwendung von Zentrifugengläsern nach HORPE (1951) durchgeführt.

Für die Bestimmung wurden Gelatinepräparate hergestellt. Gegenüber einer Einbettung in Kanadabalsam oder Aroclor haben diese Präparate den Vorzug, daß geeignete Immersionsflüssigkeiten gewählt werden können, die die Diagnose der Schwerminerale wesentlich unterstützen. So wurde in der Regel mit Jodbenzol als Immersionsmedium gearbeitet ($n = 1,62$), um den im Untersuchungsgebiet wichtigen Topas eindeutig identifizieren und vom teilweise sehr ähnlichen Andalusit abtrennen zu können. Auf diese Weise lassen sich die Schwierigkeiten in der Topasansprache, denen HENNINGSEN (1983) bei Aroclorpräparaten begegnete, vermeiden. Es wurden je Präparat etwa 1000 Körner, darunter möglichst 500, mindestens aber 300 durchsichtige Schwerminerale ausgezählt. Berechnet wurden der Anteil an Opaken und Trüben, bezogen auf die Gesamtsumme, sowie die relativen Kornprozentage der Durchsichtigen untereinander.

Bei der Zählung wurden die nachfolgend aufgeführten Schwerminerale ausgehalten, die für die Auswertung teilweise in Gruppen zusammengefaßt werden:

Gruppe der Opaken

Gruppe der Trüben (im Durchlicht hochlichtbrechende, durchscheinende Körner oder Aggregate, die nicht zu identifizieren sind)

Gruppe der Stablen: Turmalin (Tur), Zirkon (Zir), Rutil (Rut), Anatas, Brookit, Titanit

Gruppe der „Metamorphen“: Disthen (Dst), Staurolith (Str), Sillimanit (Sil), Andalusit (And)

Topas (Top) nimmt eine Sonderstellung ein.

Gruppe der Instablen: Granat (Gra), Epidot einschließlich Zoisit (Epi), Hornblende (Hbl), Augit (Aug)

Gruppe der Sonstigen: Apatit. In der Regel nur in einigen wenigen Körnern vertreten und für die Auswertung nicht relevant sind Xenotim, Monazit, Fluorit, Spinell, Korund, Kassiterit und Picotit.

Diese Gruppierung ist zwar nicht konsequent im Sinne einer Stabilitätsreihe, hat sich jedoch für die Auswertung als zweckmäßig erwiesen.

3. UMFANG DES UNTERSUCHUNGSMATERIALS UND DARSTELLUNG DER ERGEBNISSE

Eine erste Zusammenstellung der Ergebnisse von 23 Schwermineralanalysen aus quartären Schottern der Saale, der Saale mit der Weißen Elster, der Zwickauer Mulde, des „Oschatzer Muldelaufs“ und des „Schmiedeberger Elbelaufs“ findet man bei EISSMANN (1975). Nunmehr stehen zwischen der Bode im W und der Neiße im E rund 330 Schwermineralanalysen fluviatiler und glazifluviatiler Sedimente zur Verfügung. Stellenweise wurden außerdem Proben aus dem liegenden Tertiär untersucht, um Aussagen über eine eventuelle Herkunft bestimmter Schwerminerale der Stablen und der Metamorphen aus dem unmittelbaren Liegenden machen zu können.

Aus Tab. 2 geht die zahlenmäßige stratigraphische, genetische und regionale Verteilung der Schwermineralanalysen hervor. Auf der Grundlage der tabellarischen Zusam-

menstellung der Zählergebnisse wurden zur Gewinnung einer ersten Übersicht Stäbchen-diagramme gezeichnet. Zur weiteren Auswertung wurden unterschiedlich berechnete Dreiecksdiagramme herangezogen (Abb. 4 bis 17). Sie dienen bei Darstellung der drei häufigsten Minerale einer übersichtlichen Charakterisierung der jeweiligen Bildungen, bei Darstellung anderer ausgewählter Schwerminerale oder Schwermineralgruppen zur Abgrenzung genetisch, stratigraphisch oder regional unterschiedlicher Sedimente. Zur Lösung spezieller stratigraphisch-genetischer Fragen und für den Vergleich der mit Schwermineralanalyse und Geröllanalyse erzielten Ergebnisse wurden die mit beiden Methoden gewonnenen Werte für vier Profile gemeinsam graphisch dargestellt (Abb. 18 bis 21). Die Zusammenhänge werden unter 4.6. diskutiert. Die Auswertung wird abgeschlossen mit einer Darstellung der Schwermineralspektren der einzelnen Flüsse durch jeweils ein oder mehrere Stäbchendiagramme (Abb. 22), einer auf Grund der schwermineralanalytischen Befunde veränderten paläogeographischen Karte des mittleren Saale—Elbe-Gebietes (Abb. 23) sowie einer überarbeiteten Karte des quartären Flußnetzes zwischen Werra und Neiße (Abb. 24).

Tab. 2: Regionale und stratigraphische Zuordnung der Schwermineralanalysen aus dem Gebiet zwischen Bode und Neiße

Flußgebiet ↓	Stratigraphie, Genese →	f_{TT5-Q1}	f_{QB}	f_{QEb}	f_{QM}	f_{QE1}	$(f_{qt}-f_{QE1n-2n})$	f_{QS1}	$f_{qt-QS2n}$	f_{QW}	f_{QHo}	Summe
Bode								4				4
Saale			3		7	3	3	6				22
Saale + Weiße Elster				2		4						6
Saale, Weiße Elster, Zwickauer Mulde					8							8
Weiße Elster			2	3				3				8
Pleiße								3				3
Zwickauer Mulde		4		3	8+	9						24
Vereinigte Mulde							2	10				12
Zschopau/Flöha/Striegis						3	14					17
(Oschatzer und Riesaer Mulde)												
Triebisch und Weißeritz							1					1
Elbe mit allen Muldearmen				4		5						9
Elbe (Raum Mühlberg und oberhalb)		2		3	2	7	9	2		6		31
Elbe (Raum Torgau)				1		6	13	3	3	13	2	41
Elbe (Raum Jessen—Wittenberg)							24	13	16	12	14	79
Elbe (Teltowhochfläche)								3				3
Neiße						2						2
glazifluviatile Sedimente der Elstereiszeit allgemein												14
glazifluviatile Sedimente in der elsterglazialen Elbtalwanne												8
glazifluviatile Sedimente in elsterglazialen Rinnen												19
glazifluviatile Sedimente der Saaleeiszeit allgemein												5
glazifluviatile Sedimente im saaleglazialen Dahlemer Sander												12
Summe												328

+5 $f_{QM-f_{QE1}}$

3 $f_{QM-f_{QEb}}$

Fortsetzung Abb. 4.

Proben- bezeichnung	Stratigraphisch- genetisches Symbol	Flußgebiet	Ort der Probenahme
117—119	f_{QEb}	Elbe	Kobershain
120	f_{QEb}	Elbe	Neiden
109—112	f_{QEb} bis f_{QM}	Zwickauer Mulde/Elbe	Wörblitz
○ 281	$gf-f_{\text{QE2n}}$	Elbe	Linda
○ 282	$gf-gl_{\text{QE2n}}$	—	Linda
○ 345	$gf-gl_{\text{QE2n}}$	—	Selbitz
○ 349	$gf-f_{\text{QS2n}}$	Elbe	Coswig/Anhalt
○ 401—404	gf_{QS}	—	Großwig
○ 408—409	gf_{QE2n}	—	Torgau-Pflückuff
○ 410	TT4	—	Torgau-Pflückuff
115—116	f_{TT5}	Elbe	Ottendorf-Okrilla
314—315	umgelagertes TT4	—	} Falkenberg/ Elster-Ost Klöden Mockritz Eilenburg
316	TT4	—	
260	umgelagertes TT4	—	
446	TT4	—	
415—417	TT4	—	

Erläuterung: TT4 = Miozän; TT5 = hier: Spätmiozän und Pliozän

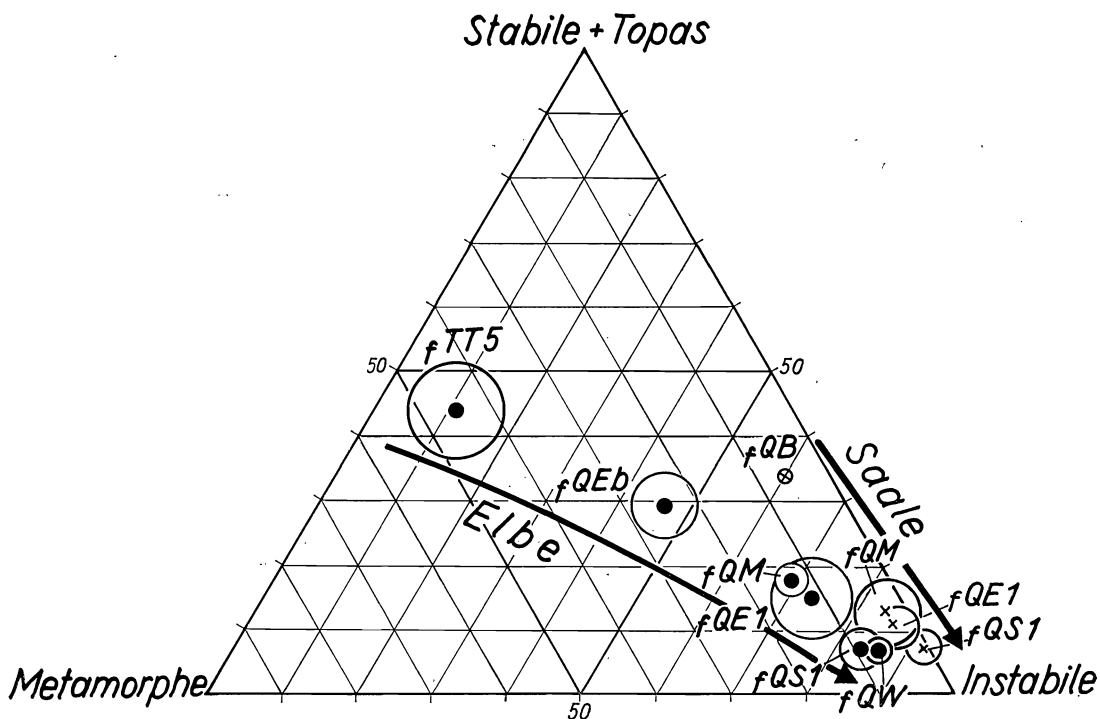


Abb. 5. Zeitliche Veränderung des Schwermineralspektrums von Elbe- und Saaleschottern im Dreiecksdiagramm Stabile + Topas/Metamorphe/Instabile
 Dargestellt sind Mittelwert (Punkt bzw. Kreuz) und Streuung (offene Kreise). Die stratigraphisch-genetischen Kurzbezeichnungen entsprechen Tab. 1

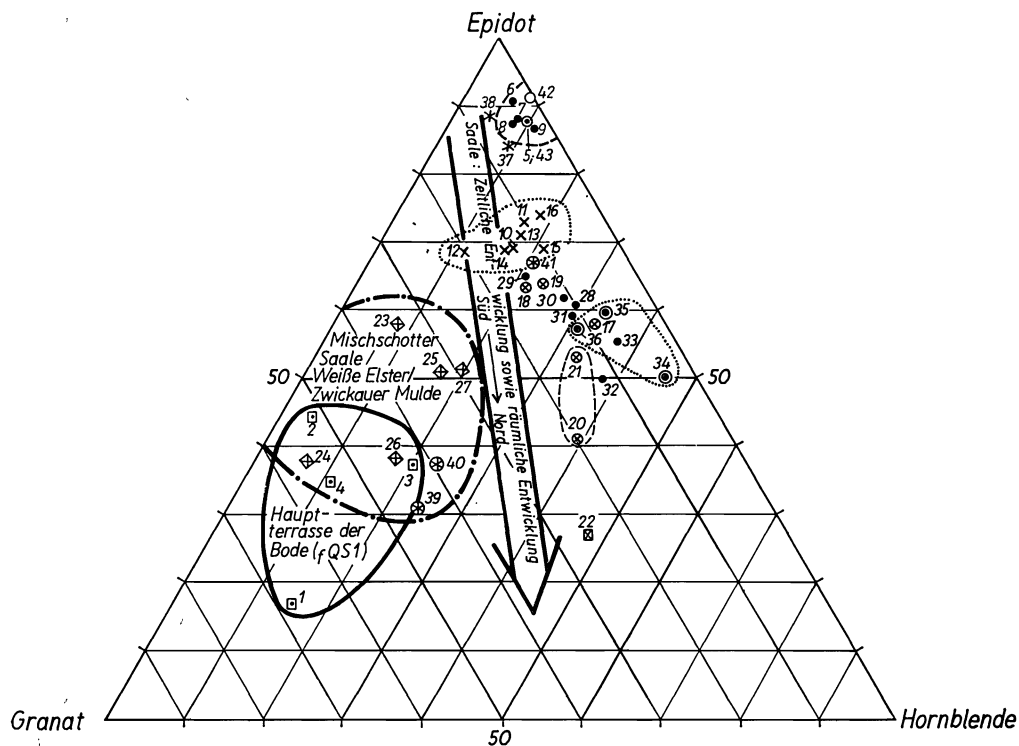


Abb. 6. Schwermineralanalytische Kennzeichnung quartärer Bode- und Saaleschotter im Dreiecks-Diagramm Epidot/Granat/Hornblende

Proben Nr.	Stratigraphisch-genetisches Kurzsymboll	Flußgebiet	Ort der Probenahme
1—4	fQS1	Bode	Quedlinburg
5—7	fQB	Saale	Domsen
8—9	fQB	Weißer Elster	Domsen
10—11	fQM	Saale	Pörsten
12—16	fQM	Saale	Kölzen
17—19	fQE1	Saale	Lützen
20—21	fQE1	Saale/Weißer Elster	Delitzsch
22	fQE1	Saale	Tornau
23—27	fQM bis fQE1	Saale/Weißer Elster/ Zwickauer Mulde	Jahmo (23—26) Grabo (27)
28—33	fQS1	Saale	Wallendorf
34—36	fQS1	Saale	Lochau
37—38	fQE1	Saale/Weißer Elster	Priester
39—41	fQM	Saale/Weißer Elster/ Zwickauer Mulde	Schleesen (41 fast reines Saalematerial)
42—43	fQEb	Saale/Weißer Elster	Leipzig- Völkerschlachtdenkmal

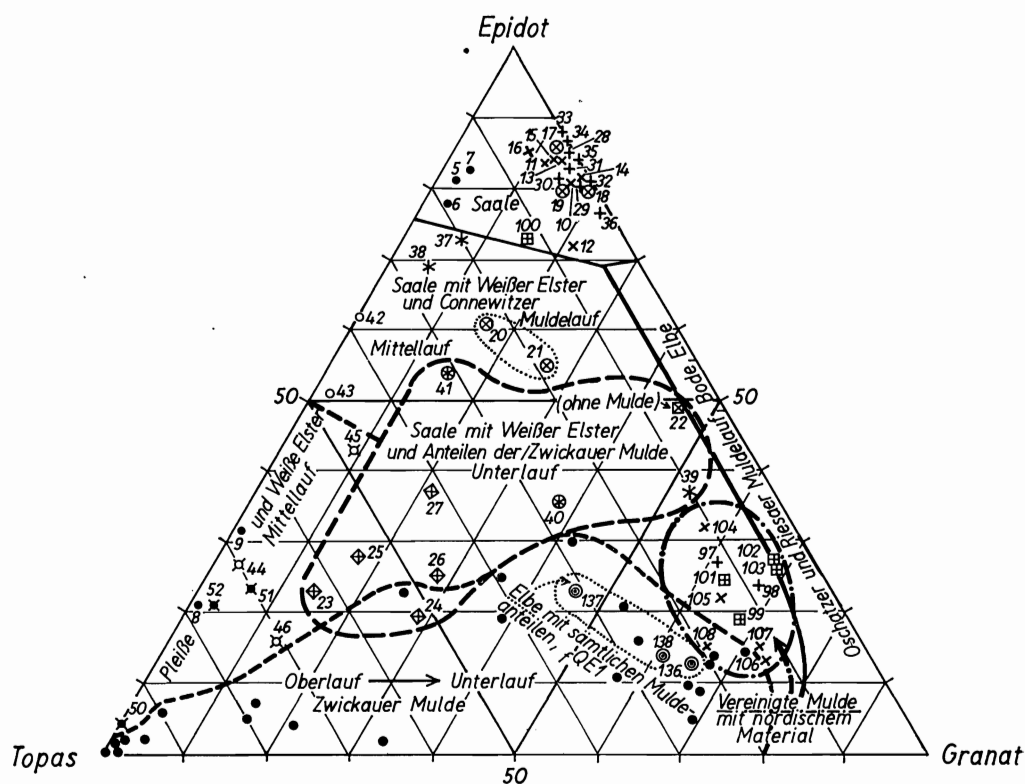


Abb. 7. Schwermineralanalytische Kennzeichnung von Flußschottern der Saale, Weißen Elster, Pleiße und Mulde im Dreiecksdiagramm Epidot/Topas/Granat

Proben- Nummer	Stratigraphisch- genetisches Symbol	Flußgebiet	Ort der Probenahme
5—7	fQB	Saale	Domsen
8—9	fQB	Weißer Elster	Domsen
10—11	fQM	Saale	Pörsten
12—16	fQM	Saale	Kölzen
17—19	fQE1	Saale	Lützen
20—21	fQE1	Saale/Weißer Elster	Delitzsch
22	fQE1	Saale/Weißer Elster	Tornau
23—27	fQM bis fQE1	Saale/Weißer Elster/ Zwickauer Mulde	Jahmo (23—26) Grabo (27)
28—33	fQS1	Saale	Wallendorf
34—36	fQS1	Saale	Lochau
37—38	fQE1	Saale/Weißer Elster	Priester
39—41	fQM	Saale/Weißer Elster/ Zwickauer Mulde	Schleesen (41 = fast reines Saalematerial)
42—43	fQEb	Saale/Weißer Elster	Leipzig- Völkerschlachtdenkmal
44—46	fQEb	Weißer Elster	Käferhain
50—52	fQS1	Pleiße	Windischleuba
97—98	fQE2n	Vereinigte Mulde	Prellheide
99—103	fQS1	Vereinigte Mulde	Leipzig-Stünz
104—108	fQS1	Vereinigte Mulde	Delitzsch
136—138	fQE1	Elbe/sämtliche Muldeanteile	Wittenberg

• sämtliche Proben Zwickauer Mulde

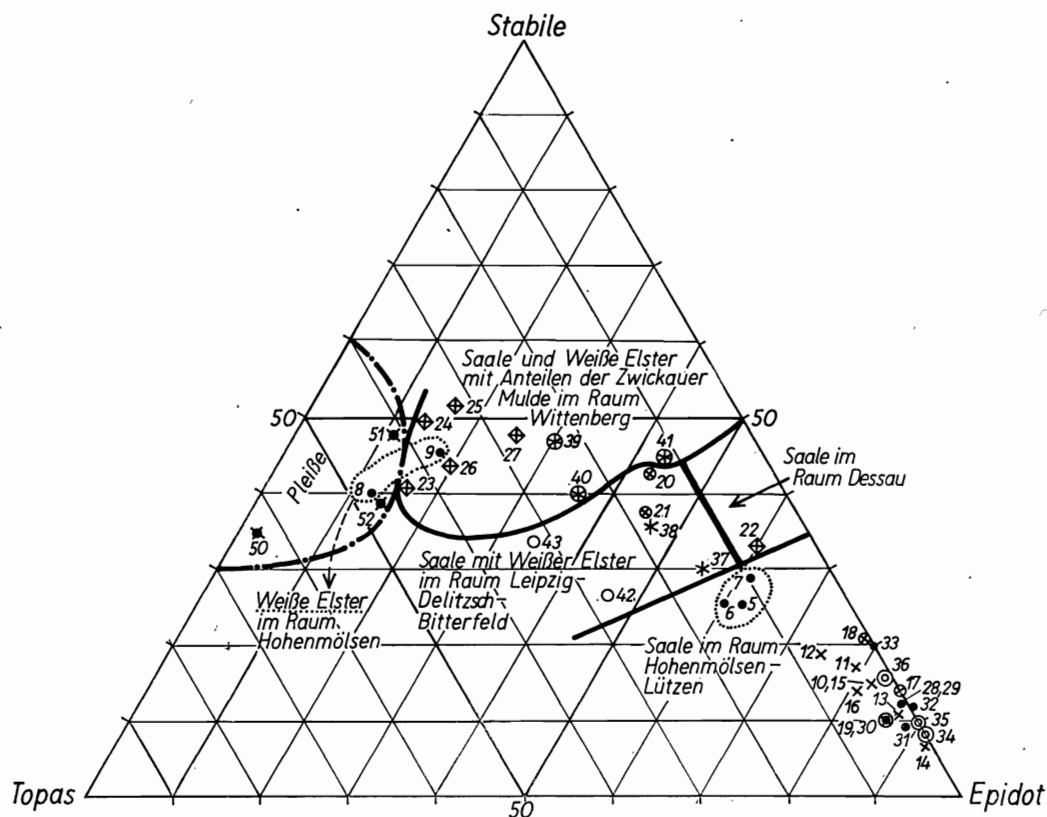


Abb. 8. Verhältnis Stabile Schwerminerale/Topas/Epidot in quartären Schottern der Saale, der Weißen Elster und Pleiße

Proben-Nr.	Stratigraphisch-genetisches Kurzsymboll	Flußgebiet	Ort der Probenahme
5—7	f ₁ QB	Saale	Domsen
8—9	f ₁ QB	Weiße Elster	Domsen
10—11	f ₁ QM	Saale	Pörsten
12—16	f ₁ QM	Saale	Kölzen
17—19	f ₁ QE1	Saale	Lützen
20—21	f ₁ QE1	Saale/Weiße Elster	Delitzsch
22	f ₁ QE1	Saale	Tornau
23—27	f ₁ QM bis f ₁ QE1	Saale/Weiße Elster/ Zwickauer Mulde	Jahmo (23—26) Grabo (27)
28—33	f ₁ QS1	Saale	Wallendorf
34—36	f ₁ QS1	Saale	Lochau
37—38	f ₁ QE1	Saale/Weiße Elster	Priester
39—41	f ₁ QM	Saale/Weiße Elster/ Zwickauer Mulde	Schleesen
42—43	f ₁ QEb	Saale/Weiße Elster	Leipzig- Völkerschlachtdenkmal
50—52	f ₁ QS1	Pleiße	Windischleuba

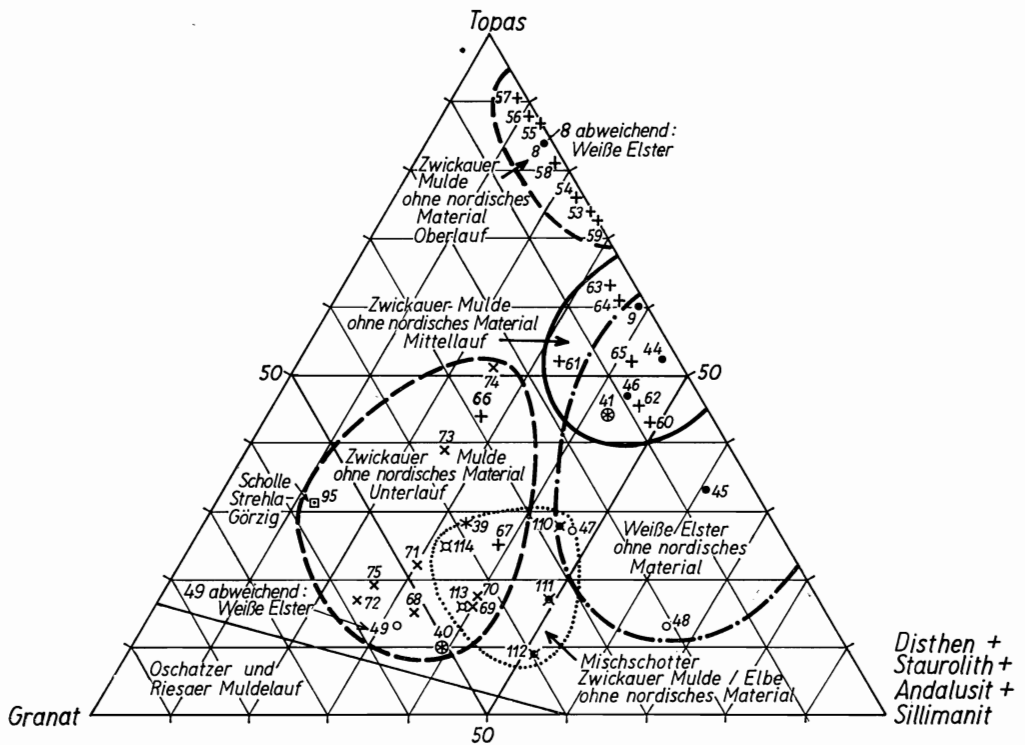


Abb. 9. Schwermineralanalytische Kennzeichnung von Flußschottern der Weißen Elster und der Zwickauer Mulde im Dreiecksdiagramm Topas/Granat/Metamorphe

Proben-Nr.	Stratigraphisch-genetisches Kurzsymbol	Flußgebiet	Ort der Probenahme
8—9	f_{QB}	Weiße Elster	Domsen
44—46	f_{QEb}	Weiße Elster	Käferhain
47—49	f_{QS1}	Weiße Elster	Pegau
39—41	f_{QM}	Saale/Weiße Elster/Zwickauer Mulde (41 = fast reines Saalematerial)	Schleesen
53—54	f_{TT5} bis f_{Q1}	Zwickauer Mulde	Wiesen
55—57	$f_{QE1?}$		Reinsdorf
58—59	$f_{TT5?}$		Reinsdorf
60—62	f_{QE1}		Weiditz
63—65	f_{QEb}		Hungerberg bei Hohnbach
66	f_{QE1}		Leipzig-Floßplatz
67	f_{QE1}		Grimma
68—70	$f_{QM-f_{QE1}}$		Köplitz
71—72	$f_{QM-f_{QE1}}$		Meuro
73	$f_{QM-f_{QEb}}$		Roitzsch
74—75	$f_{QM-f_{QEb}}$		Großwig
95	f_{QE1} -Scholle	Zwickauer Mulde	Strehla-Görsig
110—112	f_{QEb} (bis f_{QM})	Zwickauer Mulde/Elbe	Wörblitz
113—114	f_{QE1} (bis f_{QM})	Elbe/Zwickauer Mulde	Trossin

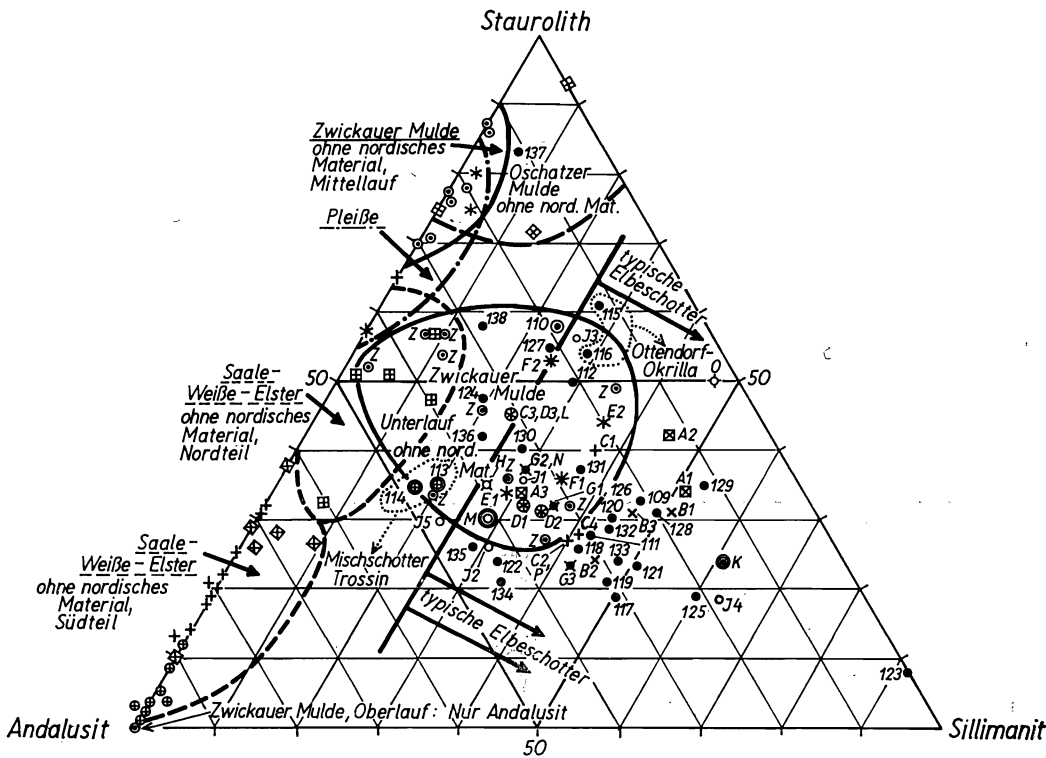


Abb. 10. Die Verteilung von Staurolith, Andalusit und Sillimanit in quartären Flußschottern zwischen Saale und Elbe

Proben- bezeichnung	E ¹⁾ M ¹⁾	Stratigraphisch- genetisches Kurzsymbol	Flußgebiet	Ort der Probenahme
+	E	_f QB bis _f QE1	Saale	
	E	_f QB bis _f QE1	Weißer Elster	
	E	_f QB bis _f QE1	Saale mit Weißer Elster	südlich Wittenberg
*	E	_f QS1	Pleiße	
	E	_f QM bis _f QE1	Saale mit Weißer Elster	nördlich Bitterfeld
○	E	_f TT5?— _f QE1	Zwickauer Mulde	Oberlauf, Mittellauf
○ Z	E	_f QEb bis _f QE1	Zwickauer Mulde	Unterlauf
	E	_f QE1	Oschatzer Mulde	

(Fortsetzung Abb. 10.)

Proben- bezeichnung	E ¹⁾ M ¹⁾	Stratigraphisch- genetisches Kurzsymbol	Flußgebiet	Ort der Probenahme
109—112	E	_f QEb bis _f QM	Zwickauer Mulde/Elbe	Wörblitz
113—114	E	_f QE1 bis _f QM	Elbe/Zwickauer Mulde	Trossin
115—116	E	_f TT5	Elbe	Ottendorf-Okrilla
117—119	E	_f QEb		Kobershain
120	E	_f QEb		Neiden
121—122	E	_f QM		Luppa
123—125	E	_f QE1		Streumen
126—128	E	_f QE1		Schmannewitz
129	E	_f QE1		Strehla-Görzig
130—132	E	_f QE1		Torgau-Pflückuff
133	E	_f QE1		Drebligar
134—135	E	_f QE1		Uebigau
136—138	E	_f QE1	Elbe/gesamte Mulde	Wittenberg
A1	M	_f QE1n-2v/ _f QE2n	Elbe	Neuburxdorf
A2	M	_f QW bis _f QE2n		Neuburxdorf
A3	M	_f QW		Neuburxdorf
B1	M	_f QE1n-2v/ _f QE2n	Elbe	Mockritz
B2	M	_f QS1 bis _f QW		Mockritz
B3	M	_f QHo		Mockritz
C1	M	_f QHo bis _f QW	Elbe	Naundorf
C2	M	_f QS1 ?		Naundorf
C3	M	_(gf-f) _f QE2n		Naundorf
C4	M	_f QE1n-2v		Naundorf
D1	M	_f QS1 ?	Elbe	Holzdorf
D2	M	_{gf-f} _f QE2n	Elbe	Holzdorf
D3	M	_{gf} _f QE2n	Einfluß der Elbe	Holzdorf
E1	M	_f QS1	Elbe	Linda
E2	E	_{gf-f} _f QE2n	Elbe	Linda
F1	M	_f QHo	Elbe	Coswig
F2	M	_f QE2n	Elbe	Coswig
G1	M	_f QW	Elbe	Züllsdorf
G2	E	_{gf-f} _f QS2n	Elbe	Züllsdorf
G3	M	_f QS1	Elbe	Züllsdorf
H	M	_f QW bis _f QS1	Elbe	Buckau
J1	M	_f QHo bis _f QW	Elbe	Schützberg
J2	M	_{gf-f} _f QS2n	Elbe	Schützberg
J3	M	_f QS1	Elbe	Schützberg
J4	M	_f QE2n	Elbe	Schützberg
J5	E	_{gf} _f QE2n	—	Schützberg
K	M	_f QS1	Elbe	Jühnsdorf
L	E	_f QW	Elbe	Uebigau
M	M	_f QW, _f QS1?, _f QE2n	Elbe	Falkenberg-Nord
N	M	_f QHo und _f QW	Elbe	Selbitz
O	M	_f QHo	Elbe	Wittenberg
P	E	_f QE1n-2v	Weißeritz/Triebisch	Torgau

¹⁾ E = Einzelwert; M = Mittelwert

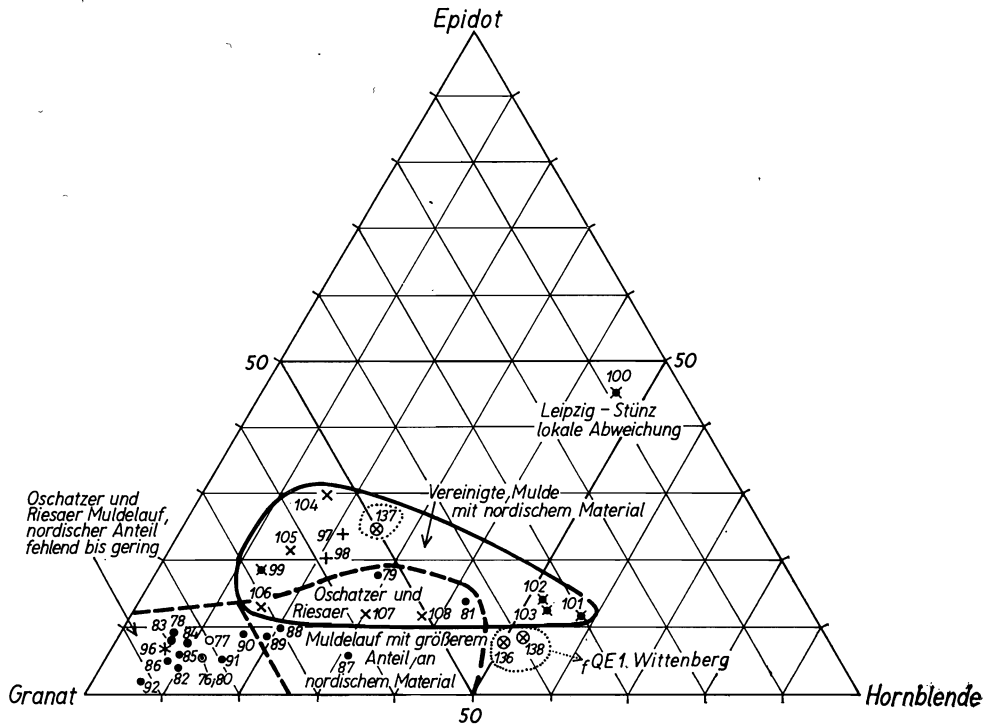


Abb. 11. Schwermineralanalytische Kennzeichnung von Flußschottern des Oschatzer und Riesaer Muldelaufs sowie der Vereinigten Mulde im Dreiecksdiagramm Epidot/Granat/Hornblende

Proben Nr.	Stratigraphisch-genetisches Kurzsymbol	Flußgebiet	Ort der Probenahme
76	fQE1	Oschatzer Muldelauf ⁺	Mannschatz
77	fQE1	Oschatzer Muldelauf ⁺	Klitzschen
78—80	(gf-)fQE2	Riesaer Muldelauf ⁺	Döbeln-Gärtitz
81—86	(gf-)fQE2	Riesaer Muldelauf ⁺	Merschütz
87—92	(gf-)fQE2	Riesaer Muldelauf ⁺	Jahna
96	fQE1	Oschatzer Muldelauf ⁺	Strehla-Görzig
97—98	fQE2n	Vereinigte Mulde	Prellheide
99—103	fQS1	Vereinigte Mulde	Leipzig-Stünz
104—108	fQS1	Vereinigte Mulde	Delitzsch
136—138	fQE1	Elbe/sämtliche Muldeanteile	Wittenberg

⁺ umfassend Zschopau mit Flöha und Striegis

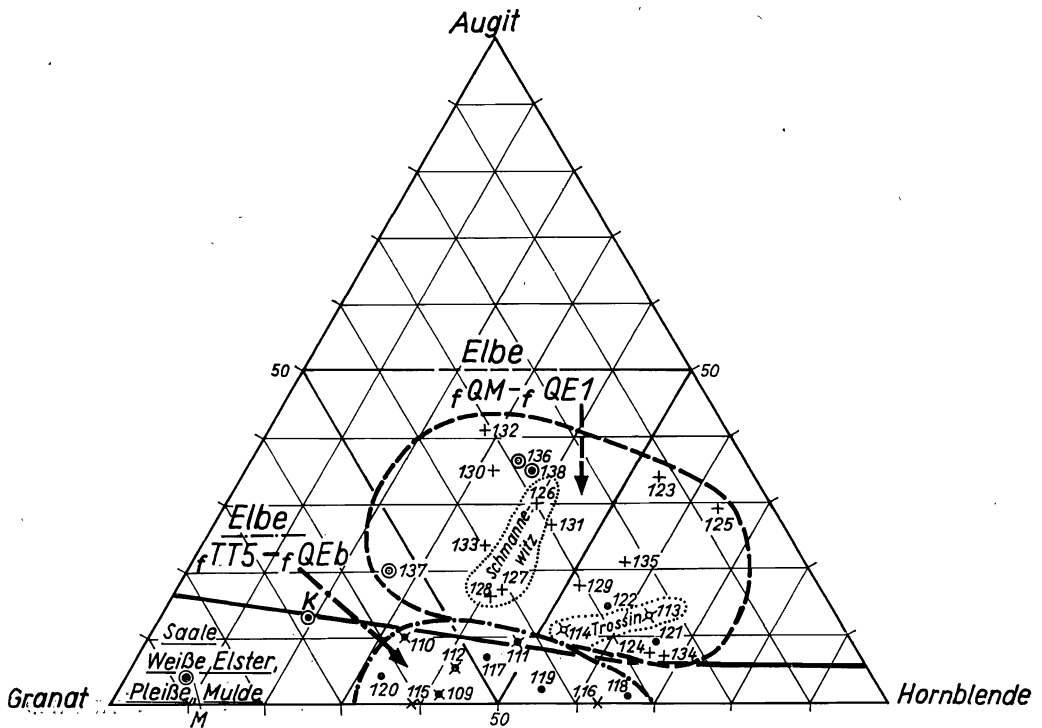


Abb. 12. Schwermineralanalytische Kennzeichnung der Elbeschotter ohne nordisches Material im Dreiecksdiagramm Augit/Granat/Hornblende

Proben- Nummer	Stratigraphisch- genetisches Symbol	Flußgebiet	Ort der Probenahme
115—116	_f TT5	Elbe	Ottendorf-Okrilla
117—119	_f QEb	Elbe	Koberschain
120	_f QEb	Elbe	Neiden
121—122	_f QM	Elbe	Luppa
123—125	_f QE1	Elbe	Streumen
126—128	_f QE1	Elbe	Schmannewitz
129	_f QE1	Elbe	Strehla-Görzig
130—132	_f QE1	Elbe	Torgau-Pflückuff
133	_f QE1	Elbe	Drebligar
134—135	_f QE1	Elbe	Uebigau
136—138	_f QE1	Elbe/sämtliche Muldeanteile	Wittenberg
113—114	_f QE1 (bis _f QM)	Elbe/Zwickauer Mulde	Trossin
109—112	_f QEb (bis _f QM)	Zwickauer Mulde/Elbe	Wörblitz
K	_f QE1	Oschatzer Mulde (Zschopau/Flöha/Striegis)	Kurzanalysen von LIEBSCHER, Raum Oschatz
M	_f QE1		Mannschatz

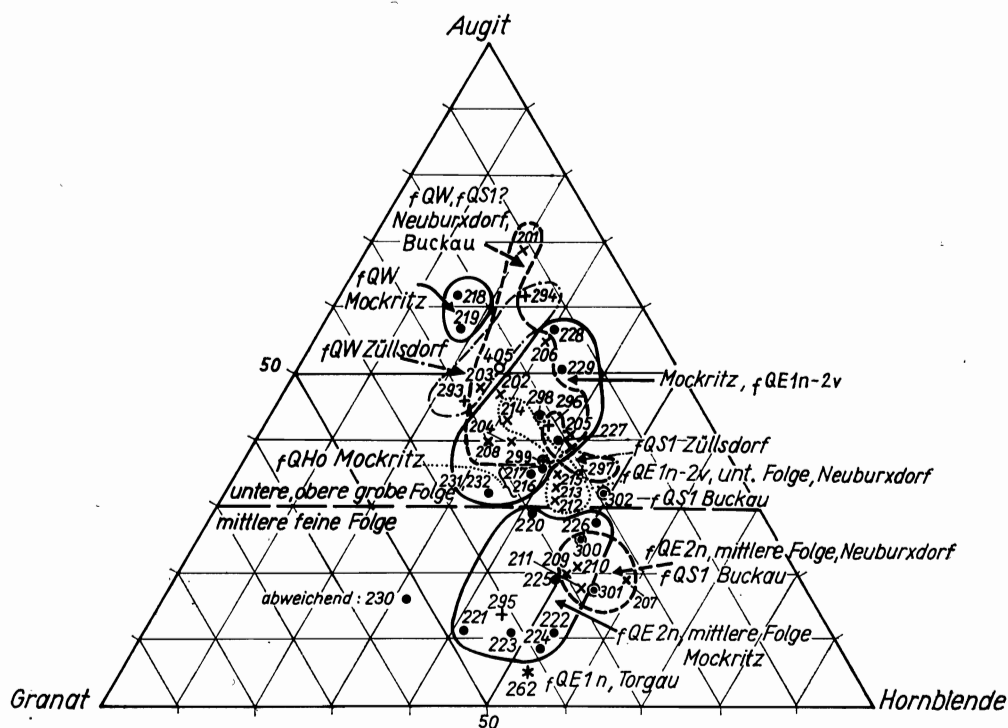


Abb. 13. Schwermineralanalytische Kennzeichnung fluviatiler Sedimente in der Elbtal-Glazialwanne. Teil 1: Profile mit Schottern des Berliner Elbelaufs im Raum Mühlberg—Torgau

Probenbezeichnung	Stratigraphisch-genetisches Kurzsymbol	Flußgebiet	Ort der Probenahme
× 201—205	fQW	Elbe	Neuburxdorf
× 206	fQS1 ?		
× 207—211	fQE2n; mittlere, feine Folge		
× 212—215	fQE1n-2v; untere, grobe Folge		
• 216—217	fQHo	Elbe	Mockritz
• 218—219	fQW bis fQS1		
• 220—226	fQE2n; mittlere, feine Folge		
• 227—232	fQE1n-2v; untere, grobe Folge		
262	fQE1n-2v; untere, grobe Folge	Weißeritz/ Freiberger Mulde s. str./ Triebisch	Torgau
+ 293—294	fQW	Elbe	Züllsdorf
+ 295	gf-fQS2n		
+ 296—297	fQS1		
○ 298—299	fQW	Elbe	Buckau
○ 300—301	f-gfQS2n ?		
○ 302	fQS1		
○ 405	Scholle (von fQS1 ?) in gfQS	Elbe	Trossin

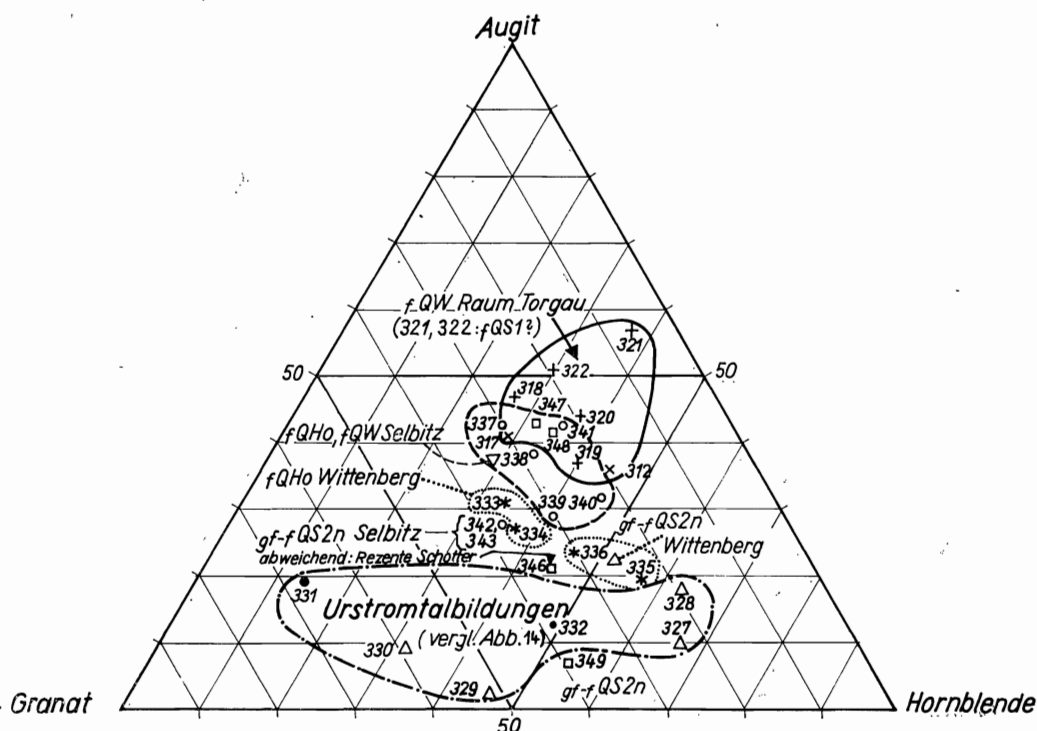


Abb. 15. Schwermineralanalytische Kennzeichnung fluviatiler Sedimente in der Elbtal-Glazialwanne. Teil 3: Profile mit Schottern der Niederterrasse und Urstromtalbildungen im Raum Torgau—Wittenberg

Probenbezeichnung	Stratigraphisch-genetisches Symbol	Flußgebiet	Ort der Probenahme
× 312	f. QW	Elbe	Falkenberg/Elster-Ost
× 317	f. QW		Uebigau
+ 318—320	f. QW		Falkenberg/Elster-Nord
+ 321—322	f. QS1 (oder f(-gf) QE2n)		Falkenberg/Elster-Nord
327—330	gf-fu QS2n		Jessen
• 331—332	gf-fu QS2n		Zörnigall
* 333—334	f. QHo		Wittenberg
* 335—336	gf-f QS2n		Wittenberg
○ 337—339	f. QHo		Selbitz
○ 340—341	f. QW		Selbitz
○ 342—343	gf-f QS2n		Selbitz
346—348	f. QHo	Elbe	Coswig/Anhalt
349	gf-f QS2n		Coswig/Anhalt

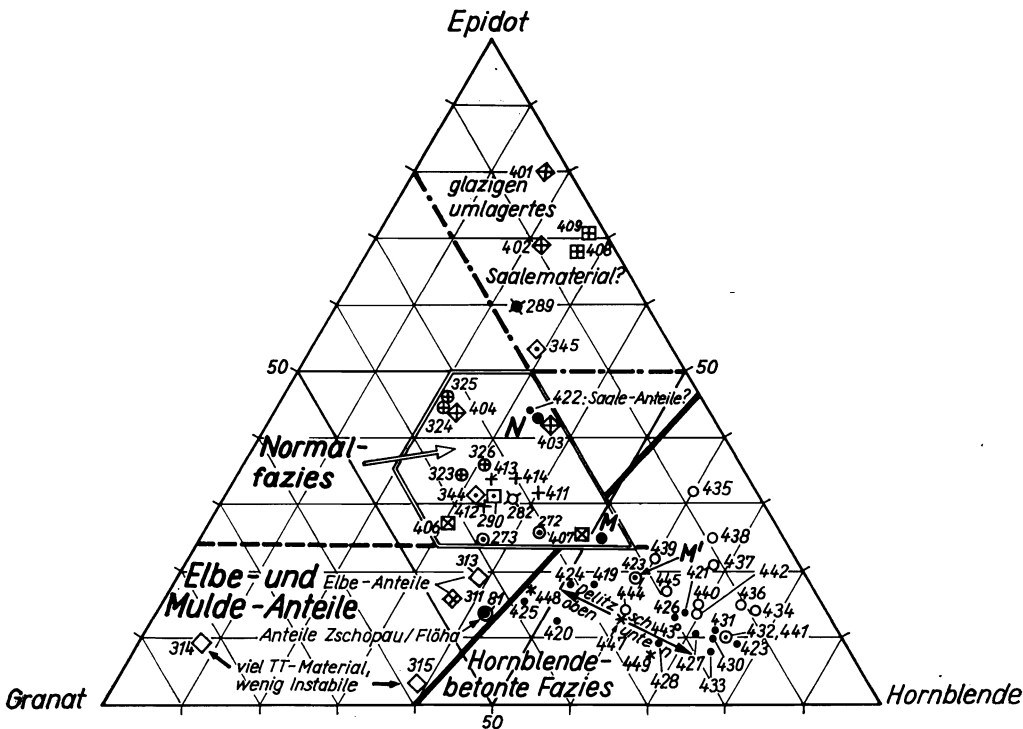


Abb. 16. Schwermineralanalytische Kennzeichnung glazifluvialer Sedimente im Dreiecksdiagramm Epidot/Granat/Hornblende

Probenbezeichnung	Stratigraphisch-genetisches Symbol	Ort der Probenahme
81	gtQE2n	Merschütz
○ 272–273	gtQE2n (Elbtal-Glazialwanne)	Holzdorf
282	gt-gtQE2n (Elbtal-Glazialwanne)	Linda
289	gtQE2n (Elbtal-Glazialwanne)	Schützberg
290	gtQE2n (Elbtal-Glazialwanne)	Coswig
311	gtQE ?	Jühnsdorf b. Teltow
313–315	gtQE2n (Rinne)	Falkenberg/Elster-Ost
323–326	gtQE2n (Rinne)	Falkenberg/Elster-Nord
344–345	gt-gtQE2n (Elbtal-Glazialwanne)	Selbitz
401–404	gtQS2 (Endmoräne)	Großwig
406	gtQS2 (Endmoräne)	Trossin
407	gtQE2n	Trossin
408–409	gtQE2n	Torgau-Pflickeuff
+ 411–414	gtQE2n	Wildschütz
• 419–433	gtQE2n (Rinne), von oben nach unten	Delitzsch
○ 434–445	gtQS2 (Sander), von oben nach unten	Luppa
* 447–449	gtQE2n	Eilenburg
N	gtQ (Durchschnittswert)	Niedersachsen (nach HENNINGSSEN 1983) und SW-Mecklenburg (nach WEYRICH 1963)
M	glazigene Sedimente (Durchschnittswert)	Mecklenburg (nach WEYRICH 1963)
M*	glazigene Sedimente (Durchschnittswert)	Mecklenburg ohne SW-Mecklenburg (nach WEYRICH 1963)

In der mittleren Fraktion 0,1–0,2 mm haben ihr Maximum:

Turmalin	}	(Maximum oftmals nach der groben Fraktion verschoben)
Andalusit		
Granat		
Epidot		(Maximum oftmals nach der feinen Fraktion verschoben)
Augit		(Maximum variiert je nach Verhalten der Begleitminerale und liegt in Gegenwart größerer Anteile an Hornblende häufig in der groben Fraktion)

Ähnliche Differenzierungen der Schwerminerale in der Korngröße mit ähnlicher Reihenfolge wurden des öfteren beobachtet. Im allgemeinen nimmt die Korngröße der Schwerminerale mit zunehmender Dichte ab (unter anderem DIETZ 1973). Von entscheidender Bedeutung ist ferner die primäre Größe der Schwermineralkörner im Liefergestein. Größere Sedimente führen im allgemeinen auch größere Schwerminerale.

Die Frage der Korngrößenverteilung der Schwerminerale in Sedimenten ist in der Literatur immer wieder diskutiert worden, weil vielfach in praxi Sedimente der unterschiedlichsten Korngrößenbereiche vom steinigten Kies bis zum schluffigen Feinsand miteinander verglichen werden sollten. Die meisten Autoren kommen zu dem Schluß, daß eng begrenzte Fraktionen, und zwar die Fraktionen 0,063–0,1 mm und 0,1–0,2 mm, recht gut für den Vergleich von Sand und Kies geeignet sind (so auch MOLNÁR 1970 und HENNINGSEN 1981), jedoch die ausschließliche Verwendung einer einzigen Fraktion bedenklich sein kann.

In der vorliegenden Untersuchung wurde zur Auswertung und Kennzeichnung der verschiedenen Flußsysteme in der Regel die Fraktion 0,1–0,2 mm verwendet. So kommt auf Grund der in diese Fraktion fallenden Maxima der relativen Kornprozent die charakteristische hohe Andalusitführung der Weißen Elster, die starke Granatbeteiligung in Ablagerungen der Zwickauer und Oschatzer Mulde sowie die Epidotvorherrschaft der Saalesedimente zum Ausdruck. Zur Abgrenzung der Neißeschotter ist daneben der Fraktion 0,063–0,1 mm Beachtung zu schenken, in der die Zirkonanteile mehr als 50% erreichen. Das gleiche gilt für Elbeschotter, die in der feinsten Fraktion besonders hohe Augitwerte (oft über 60%, manchmal über 70%) erreichen. Dagegen ist für die Schotter der Weißen Elster, der Pleiße und der Zwickauer Mulde die Fraktion 0,2–0,315 mm mit bis zu 60% Topas (in den Oberläufen der pliozänen bis älteren frühpleistozänen Schotter sogar bis zu 90%) besonders interessant. In dieser Fraktion sind die Staurolithanteile gelegentlich höher als 20%. Die charakteristischen Sillimanitgehalte der Elbe treten in der groben Fraktion besonders hervor und betragen oft das Zweibis Fünffache der mittleren Fraktion. Sie überschreiten in der groben Fraktion oft 10%, im pliozänen Elbeschotter sogar 23%. Nur in diesem zeigt Sillimanit ein zweigipfliges Verhalten und tritt nochmals in der feinen Fraktion in erstaunlicher Weise hervor (bis 36%), während Staurolith, Topas, Disthen und Andalusit in gewohnter Weise zurücktreten. Möglicherweise liegen diesem abweichenden Verhalten klimatische Ursachen zu Grunde.

4.2. Räumliches Verhalten beim fluviatilen Transport

Mit dem Beginn des Transports von Gesteinsmaterial nimmt die Einwirkung des Transportmediums auf die Veränderung von Korngröße und mineralogischer Zusammensetzung des Ausgangsmaterials ihren Anfang. Wie auch experimentelle Untersuchungen von DIETZ 1973 gezeigt haben, bilden sich durch den Sortierungsprozeß gewisse Korrelationen zwischen Korngröße, Rundung und Kornform heraus, die sich durch mechanische Korrosion kontinuierlich verändern in Abhängigkeit von der Dichte,

der Kristallstruktur, Härte, Spaltbarkeit und Sprödigkeit eines Minerals. Alle diese Faktoren haben Einfluß auf die Zusammensetzung des abgelagerten Sediments. Ein weiterer wichtiger Vorgang ist die progressive Verdünnung („progressive dilution“, PETTJOHN 1949). Mit zunehmendem Transportweg verändert sich das Mineralspektrum durch seitliche Zuflüsse und Aufnahme von anderem Material, sofern das neu hinzukommende Material andere Mineralspezies liefert.

Im Untersuchungsgebiet ist ganz allgemein auffällig, wie wenig sich die Schwermineralführung der einzelnen Flußsysteme vom Eintritt in das Flachland an ändert. Auch die mechanisch instabileren Minerale wie Epidot, Hornblende und Augit bleiben stark repräsentiert bis in den Raum Wittenberg und bis in die Teltowhochfläche bei Berlin. Die Metamorphen behalten ihre geringen, doch charakteristischen Gehalte bei. So kommt es zu keiner merklichen Erhöhung der relativen Anteile für die Stablen. Dies ist sicher unter anderem auf den relativ kurzen Abschnitt der untersuchten Flachlandstrecke zurückzuführen. (Quantitative Vergleiche über größere Distanzen hinweg bis zum Mündungsgebiet der größeren Flüsse in den Niederlanden sollen an anderer Stelle vorgenommen werden.) Vor allem aber werden die Auswirkungen von Sortierung und Abrasion stark überdeckt durch seitliche Zufuhr andersartigen Materials. Hierzu einige Beispiele:

- Das rasche Zurücktreten des im Oberlauf der Zwickauer Mulde unter den Metamorphen dominierenden Stauroliths ist durch ein großes Angebot neu hinzutretender Minerale im Mittellauf, vor allem Granat aus dem Sächsischen Granulitgebirge, bedingt. Ähnliches gilt für Andalusit in der Weißen Elster.
- Das nur zögernde Zurücktreten der Hornblende, eines infolge der perfekten Spaltbarkeit nach (110) gegenüber mechanischer Beanspruchung relativ anfälligen Minerals in Schottern nach dem ersten Elstereisvorstoß ist zum Teil auf die laufende Zufuhr aus glazigenen Sedimenten zurückzuführen. Ebenso werden auch Granat und Epidot aus glazigenen Sedimenten zugeführt.

4.3. Zeitliche Entwicklung vom Jungtertiär bis zum oberen Quartär

Die zeitliche Entwicklung vom Jungtertiär über das Frühpleistozän bis zum glaziär-glazigen geprägten oberen Quartär ist in den Schwermineralspektren durch eine enorme Zunahme der Instabilen gekennzeichnet. Die Veränderungen können durch den mehr und mehr nachlassenden Anteil an warmzeitlich entstandenen Verwitterungsprodukten (zunehmende Beseitigung der Verwitterungshauben) und die gleichzeitige Zunahme des kaltzeitlich entstandenen Frostverwitterungs-Schuttes erklärt werden. Daneben kann auch Verwitterung im Sediment zu Veränderungen der Schwermineral-Zusammensetzung geführt haben, gerade in älteren Sedimenten, die längere Zeit in Oberflächennähe lagerten. Vor allem ist hierbei an eine Reduzierung des Augits zu denken, die ältere Elbeschotter unkenntlich machen könnte. Dies ist zu beachten bei der Betrachtung problematischer Schotterkörper wie derjenigen von Wörblitz und Trossin (Abschnitt 5.5.3) sowie Luppä („Dahlener Elbelauf“). Ferner ist daran zu denken, daß die Verschiebungen des Schwermineralbestandes während des fluviatilen Transports im Quartär in anderer Weise erfolgten als im Tertiär und in den Interglazialen anders als in den Kaltzeiten (vgl. THIEKE 1975).

Die generelle Erhöhung des Gehalts an Instabilen läßt folgende Grundzüge erkennen: Die spätertertiären Schotter von Ottendorf-Okrilla fallen in der Dreiecksdarstellung Stabile/Metamorphe/Instabile (Abb. 4) noch in das Feld der Tertiärsedimente. Schotter der Oberen und Mittleren Frühpleistozänen Terrasse liegen bereits mit höheren Gehalten an Instabilen (bis 69%) im Feld „Quartär mit wesentlichen Anteilen von Tertiärmaterial“. Sedimente der Unteren Frühpleistozänen Terrasse und der Frühelsterterrasse fallen nur noch in Ausnahmefällen in dieses Feld der Abb. 4, zumeist aber schon in das Feld

„Quartäre Sedimente ohne wesentliche Tertiäranteile“ mit 70% und mehr an Instabilen. In dieses Feld würden die meisten der untersuchten Proben hineingehören, und es wäre nicht möglich, sie in dem Diagramm unterzubringen.

Für die Elbe und die Saale wurden die Veränderungen gesondert berechnet (Tab. 3) und im Dreiecksdiagramm Stabile/Metamorphe/Instabile mit Mittelwerten und Streuung dargestellt (Abb. 5). Dabei wurde der recht stabile Topas in die Stabilgruppe einbezogen.

Tab. 3. Zeitliche Veränderung des Schwermineralspektrums von Elbe- und Saaleschottern im Verhältnis Stabile + Topas/Metamorphe/Instabile. Fraktion: 0,1—0,2 mm

Stratigraphie	Elbe				Saale			
	n	Stabile und Topas	Metamorphe	Instabile	n	Stabile und Topas	Metamorphe	Instabile
fTT5	2	44,4 ± 6,4	44,6 ± 8,4	11,0 ± 2,0	—	—	—	—
fQB	—	—	—	—	3	34,0 ± 1,0	6,1 ± 0,3	59,8 ± 1,3
fQEb	5	28,8 ± 2,1	24,2 ± 3,6	45,5 ± 3,7	—	—	—	—
fQM	2	17,6 ± 1,6	13,5 ± 2,5	68,8 ± 0,9	7	12,5 ± 3,9	2,5 ± 0,9	84,2 ± 4,7
fQE1	16	14,5 ± 5,5	12,0 ± 2,7	72,8 ± 6,9	3	10,5 ± 2,5	2,9 ± 0,7	84,5 ± 3,7
fQS1	17	7,3 ± 2,0	8,6 ± 2,2	83,6 ± 3,2	3	6,7 ± 2,0	0,3 ± 0,4	91,8 ± 2,7
fQW	12	6,8 ± 1,5	7,1 ± 1,3	85,5 ± 2,1	—	—	—	—

Es fällt auf, wie eng die Werte für die Untere Frühpleistozäne Terrasse und die Frühelsterterrasse beieinander liegen. Dies gilt auch für Geröllanalysen. Angesichts dieser Tatsache sei die klare terrassenmorphologische Unterscheidbarkeit beider Einheiten betont.

Die Erhöhung des instabilen Anteils in saale- und weichselglazialen Schottern gegenüber der Frühelsterterrasse kann nicht nur mit der Zufuhr instabiler Minerale aus glazigenen Sedimenten erklärt werden, denn die durchschnittlichen Gehalte glazifluviatiler Bildungen an stabilen und metamorphen Mineralen liegen kaum unter, die an instabilen Mineralen kaum über denen der Frühelsterterrasse der Elbe. Die Tendenz der verstärkten Zufuhr von Frostverwitterungsschutt auf Kosten des in wärmeren Zeiten verwitterten Anteils hat sich also, wenn auch in abgeschwächter Form, fortgesetzt.

Für die instabilen Schwerminerale gilt im einzelnen folgendes: Der mechanisch zwar stabile, im sauren Milieu aber chemisch empfindliche Granat und vor allem der gegenüber warmzeitlichen Verwitterungsbedingungen besonders anfällige Augit treten erst vom Quartär an überhaupt und seit der Unteren Frühpleistozänen Terrasse stärker in Erscheinung. Auch Hornblende ist, wenn auch nicht so kraß wie Augit, in den älteren Terrassen noch selten. Dagegen ist Epidot bereits von der Oberen Frühpleistozänen Terrasse an in größeren Mengen vorhanden. Diese Beobachtung entspricht der bei Experimenten bei pH = 5,6 (NICHEL 1973) und in natürlichen Verwitterungsprofilen gefundenen Stabilitätsreihe Epidot — Granat und Hornblende — Pyroxen in Richtung abnehmender Verwitterungsbeständigkeit.

Vom ersten Elstereisvorstoß an sind klimatisch bedingte Änderungen kaum noch zu beobachten. Das liegt zum Teil daran, daß interglaziale Schotter selten beprobt werden konnten. Lediglich in der Elbtal-Glazialwanne wurde zwischen spätelsterglazialen Schottern im Liegenden und den frühsaaleglazialen Schottern des Berliner Elbelaufs im Hangenden ein feinkörniger Komplex mit auffällig verringerten Augitgehalten festgestellt, für den entsprechend den weiter nördlich (Raum Jüterbog—Berlin) durch THIEKE (1975) getroffenen Feststellungen der Verdacht bestand, daß die Augitreduktion

mit dem warmzeitlichen Klima des Holsteininterglazials in Zusammenhang steht (vgl. Abschnitt 5.6.3.). Schotter, die jünger als der erste Elstereisvorstoß sind, erfahren durch Beimengung nordischen Materials (Hornblende, Epidot, Granat) eine Veränderung, die jedoch so gering bleibt, daß der eigentliche Charakter der Schwermineralassoziation des entsprechenden Flusses nicht verwischt wird. Dies gilt insbesondere für die Flüsse, die aus ihrem Einzugsgebiet selbst beachtliche Mengen an Hornblende, Granat und Epidot mitbringen (Mulde, Elbe). Der Versuch, den nordischen Anteil durch Rückrechnung zu eliminieren, stieß auf Schwierigkeiten, da in der vorliegenden weit südlichen Position die glazigene bis glazifluviatile Zufuhr selbst bereits stark lokal geprägt ist. Dies wird bei näherer Betrachtung des Schwermineralbestandes glazifluviatiler Sedimente (Abschnitt 6.) deutlich.

4.4. Der Einfluß der Liegendsedimente

Im Hügelland drückt sich der Einfluß des anstehenden Tertiärs und Prätertiärs unmittelbar in der Schwermineral-Zusammensetzung der quartären Sedimente aus. Im Flachland sind es Mischungseffekte sowie die Reaktionen auf den fluviatilen Transport, die zu Veränderungen des Schwermineralbestandes führen. Darüber hinaus macht sich der Schwermineralbestand des die quartären Bildungen unterlagernden Tertiärs hier und da in den tiefsten Teilen der Schotterkörper, Rinnen und Wannen unmittelbar bemerkbar. Hier sind Erhöhungen der Gehalte an Stablen sowie einigen Metamorphen (im Westteil vor allem Andalusit, im Ostteil Staurolith) festzustellen. Abb. 4 liefert an Hand des Verhältnisses Stabile/Metamorphe/Instabile Kriterien zur Unterscheidung quartärer und tertiärer Schwermineralspektren und zur Kennzeichnung von Beimengungen tertiären Materials in quartären Sedimenten. Überschneidungen und Unschärfen in der Besetzung der Felder dieses Diagramms ergeben sich durch natürliche Aufarbeitung und künstliche Verunreinigungen bei der Probengewinnung aus den Grenzbereichen Quartär/Tertiär in den Bohrungen. Diesem Umstand wurde bei dem (sehr hoch angesetzten) 26-%-Grenzwert für die Instabilen, der die Tertiärsedimente abgrenzen soll, bereits Rechnung getragen. In Wahrheit haben reine Tertiärsedimente (außer Pliozän) stets weniger als 2% Instabile und bis 30% Metamorphe. Abweichende Befunde gelten für die Neiß. Bei Topasgehalten von mehr als 35% ist das Diagramm nicht verwendungsfähig, weil Topas einerseits im Quartär gewisse Einzugsgebiete völlig beherrscht und andererseits doch zu den stabileren Schwermineralen gehört, die schon vom Alttertiär an häufig sein können. Deshalb wurde Topas in Abb. 4 eliminiert.

Aus Abb. 4 ist ersichtlich, daß in das Feld der Quartärsedimente mit wesentlichen Tertiäranteilen neben frühpleistozänen Schottern (vgl. 4.3.) einzelne Proben aus tieferen Bereichen der Elbtal-Glazialwanne, wenige Vorkommen saale- und elsterglazialer Schmelzwassersande sowie vereinzelt Urstromtalbildungen gehören. Hier ist durch glazigene Vorgänge Tertiärmaterial aufgearbeitet und beigemischt worden. Als Beispiel für die mit der Teufe zunehmenden Liegendeinflüsse in flächenhaft verbreiteten Schmelzwassersandkörpern dienen folgende Werte aus spätelsterglazialen Kiessanden von Eilenburg:

Teufenbereich	Turmalin	Andalusit	Topas
gtQE2n {			
20—21 m	3,5%	1,1%	0,2%
23—24 m	2,0%	3,0%	1,8%
31—32 m	4,8%	3,6%	1,9%
liegendes Tertiär	19—31%	15—22%	9—12%

Zwei Beispiele aus der Elbtal-Glazialwanne belegen ähnliche Effekte:

Bohrung	Teufenbereich	Stabile	Staurolith
Mockritz	2—13 m	3—6%	1—2%
	13—46 m	7—12%	1—3%
	46—50 m	14%	1—2%
	50—60 m	15%	4%
	lieg. Tertiär	49%	10%

Dieselben Befunde ergeben sich bei getrennter Betrachtung von Turmalin, Rutil und Zirkon.

Bohrung	Teufenbereich	Stabile gesamt	Turmalin	Zirkon	Rutil
Holz- dorf	2—40 m	4,6—9,1%	2,3—4,6%	0,7—3,9%	0,6—1,8%
	87—91 m	15,7%	8,0%	4,1%	3,4%
	96—100 m	14,4%	7,2%	4,5%	2,6%

Das Tertiär wurde nicht erreicht. Sein Einfluß zeichnet sich jedoch in den beiden Proben aus größerer Tiefe deutlich ab.

Einen interessanten Einfluß des Liegenden zeigt eine Bohrung östlich von Falkenberg/Elster: Jungquartärer Flußschotter wird von elsterglazialen Rinnensedimenten mit erstaunlich hohen Anteilen von Stabilen und Metamorphen unterlagert; das liegende Tertiär zeigt erhöhte Andalusit- und Topaswerte (ähnlich dem Oberlauf der Weißen Elster):

	Stabile	Disthen	Staurolith	Andalusit	Topas
rQW, oberer Teil	4,5%	1,1%	1,9%	2,8%	1,4%
rQW, unterer Teil	7,3%	5,9%	5,1%	3,1%	1,4%
grQE	30—43%	16—24%	11—12%	4—5%	1,9—2,2%
liegendes Tertiär	50,6%	4,3%	2,7%	6,1%	13,9%

Bisweilen ist die Ursache spezieller Schwermineral-Anreicherungen in tieferen Teilen der Schotterkörper nicht erkennbar: Bohrung Klöden zeigt in ca. 40 m Tiefe spät-elsterglaziale, in die Elbtal-Glazialwanne geschüttete Kiessande mit einer ausgesprochenen Andalusitanreicherung bei niedrigen Topaswerten. Als Ursache kann man eventuell eine (glazigene?) Umlagerung aus Bereichen mit hohen Andalusit- bei niedrigen Topasgehalten (z. B. tertiäre Sedimente im Saalegebiet) vermuten.

Bohrung	Teufenbereich	Stabile	Andalusit	Disthen + Staurolith + Sillimanit	Topas
Klöden	0—33 m	8—13%	1,1—2,7%	2,2—11,8%	1,2—3,2%
	33—36 m	18%	0,7%	3,2%	0,8%
	36—38 m	15%	10,0%	7,3%	1,6%
	38—41 m	42%	35,0%	14,0%	1,1%
	41—42 m	6%	8,8%	2,8%	1,7%

Im Gegensatz zu den vorgeführten Beispielen gibt es zahlreiche Fälle bei Flußschottern und selbst bei tiefen Rinnen (Delitzsch), in denen die tiefsten Proben genau so arm an tertiären Umlagerungen (Stabilanteil) sind wie die höchsten Proben, so daß auch an der Basis die fluviatilen bzw. glazifluviatilen Anteile unverändert dominieren.

4.5. Herkunft der Schwerminerale

Die Gruppe der Stabilen dominiert als Durchläufer in allen älteren, polyzyklisch umgelagerten Sedimenten. Sie stammt auch im Untersuchungsmaterial sicher zu einem hohen Anteil aus tertiären Sedimenten (nach STEINMÜLLER & ORTMANN 1970 Turmalin besonders aus dem Westerzgebirge und dem Vogtland, Zirkon und Rutil besonders aus Thüringen), daneben aber auch in entsprechenden Einzugsgebieten, z. B. der Saale, aus denen des Buntsandsteins. Darüber hinaus erfolgte eine Zulieferung aus primärer Lagerstätte. Turmalin wird im gesamten Mulde-Einzugsgebiet, also vom West- bis zum Osterzgebirge, aus hochspezialisierten Granitoiden und ihren Pegmatiten und pneumatolytisch veränderten Gesteinen zugeführt, ist auch akzessorisch in den Harzgraniten und deren Kontaktgesteinen enthalten. Zirkon ist weit verbreiteter akzessorischer Bestandteil von Gesteinen der Granit- und Syenitfamilie und kann jeweils aus den Granitoiden und Rhyolithoiden des Harzes, des Thüringer Waldes, des Vogtlandes und des Erzgebirges sowie Nordwestsachsens, aber auch aus den Granuliten des Granulitgebirges stammen. Der hohe Zirkonanteil der Weißablagerungen ist wohl in erster Linie auf den Isergebirgsgranit zurückzuführen, der von HELLWIG 1973 auch in Geröllen beobachtet wurde. Daneben kommen auch die Granitoide der Lausitz als Lieferanten in Betracht. Rutil ist primär als Gemengteil in magmatischen Gesteinen entstanden, daneben aber auch in metamorphen Bildungen wie Phylliten, Glimmerschiefern und Gneisen. Der selten beobachtete Anatas ist in Sedimenten überwiegend als Neubildung zu betrachten. Das gleiche gilt für den noch selteneren Brookit. Der Bildungsbereich des Titanits ist recht groß; er reicht von magmatisch bis zu hydrothermal und schließt die niedrigthermale Kontaktmetamorphose mit ein. Neuerdings wird er gehäuft aus Tuffen und Tuffiten beschrieben. Monazit ist vereinzelt in manchen Graniten anzutreffen.

Minerale, die zur Gruppe der Metamorphen zusammengefaßt werden, erscheinen in nordischem Material und in Kristallingebieten in wechselnder Anreicherung. Auch Tertiärsedimente kommen für die Anlieferung in Frage, führen diese doch nach STEINMÜLLER & ORTMANN (1970) in westerzgebirgisch-vogtländischen und in thüringischen Einzugsgebieten bedeutende Andalusitmengen; auch Disthen und Staurolith sind in bestimmten Gebieten angereichert. Ansonsten stammt Disthen aus meso- bis katazonalen Metamorphiten Skandinaviens, des Erzgebirges, des Granulitgebirges und des Moldanubikums. Der für Regionalmetamorphite typische Staurolith ist ebenfalls in nordischem Material enthalten, wird aber außerdem aus Metamorphiten des thüringisch-sächsischen Raumes, vor allem aus der Umrandung des Granulitgebirges, sowie aus Böhmen zugeführt. Sillimanit ist ebenfalls sporadisch in nordischem Material anzutreffen, wird ferner von Glimmerschiefern des Granulit- und Erzgebirges geliefert, ist aber vor allem aus dem Kristallin Böhmens in größeren Mengen bekannt. Aus dem letztgenannten Gebiet stammen offensichtlich vor allem die relativ hohen Gehalte an faserigem Sillimanit in den Elbeschottern. Ausschließlich auf südliche Schüttungen sind in unserem Raume die Minerale Andalusit und Topas zurückzuführen, die vor allem in Schottern der Weißen Elster und Zwickauer Mulde z. T. sehr hohe Anteile der Schwermineralassoziation ausmachen. Andalusit stammt aus dem Kontaktbereich sowie aus regionalmetamorphen Glimmerschiefern des mittleren und westlichen Erzgebirges, des Vogtlandes, des Fichtelgebirges sowie aus Böhmen. Ähnlich wie der Turmalin wird

Topas aus spezialisierten, spätmagmatisch beeinflussten Granitoiden und ihren Nebengesteinen (Greisen, Zwitter) des Vogtlandes und Erzgebirges zugeführt. Bei Granat, Epidot (einschließlich Zoisit) und Hornblende wird die Ableitung schwierig, da diese Minerale sowohl als Hauptkomponenten des nordischen Materials (fennoskandische Herkunft) auftreten wie auch unter kaltzeitlichen Verwitterungsbedingungen aus dem südlichen Kristallin stammen können. Als Granat-Lieferant kommen in erster Linie das Sächsische Granulitgebirge, aber auch die Gneise und Glimmerschiefer des Erzgebirges und des Moldanubikums infrage. Die Herkunft des in Saaleschottern dominierenden Epidots konnte noch nicht geklärt werden; am wahrscheinlichsten ist die Umrandung des Fichtelgebirgskristallins. Umlagerung aus anderen Sedimenten ist auszuschließen. Bei den jüngeren Ablagerungen muß in zunehmendem Maße mit der Lieferung von Gemeiner (grüner) Hornblende aus einheimischen und böhmischen syenitischen, intermediären bis basischen Magmatiten und Metamorphiten gerechnet werden (Meißener Massiv; Gabbros und Amphibolite Mittelsachsens und des Erzgebirges). Braune basaltische Hornblende ist offensichtlich in südlichen Schüttungen gegenüber dem fennoskandischen Material etwas erhöht. Die Unterschiede sind jedoch nicht statistisch gesichert.

Augit ist, wenn überhaupt, in unserem Gebiet in fennoskandischem Material nur ganz untergeordnet anzutreffen. Merkliche Augitführung ist immer auf einheimisches Material zurückzuführen. Augite sind charakteristisch für die tertiären basaltischen Effusiva, die in Böhmen gehäuft auftreten, aber auch in der Lausitz und im Erzgebirge vorkommen. Als gesichert kann die Herkunft der Augite der Elbeschotter aus den Jungvulkaniten Böhmens gelten, da erhöhte Augitgehalte mit dem Auftreten entsprechender Vulkanitgerölle einhergehen. In geringeren Mengen stammt Augit auch aus katazonalen Metamorphiten Mittelsachsens und den Basiten des Bröckenmassivs. Die massenhafte Zuführung von Augiten, die terrassensynchronem Vulkanismus entstammen, ist im Gegensatz zu den Verhältnissen am Niederrhein auszuschließen.

Apatit ist unter Verwitterungsbedingungen im sauren Milieu extrem empfindlich, in tertiären Sedimenten unseres Gebietes daher nicht enthalten. Er findet sich dagegen relativ reichlich in den unter ariden Bedingungen gebildeten Sedimenten des Buntsandsteins. Primär ist er akzessorisch in granitischen Gesteinen sowie in pneumatolytischen Bildungen zu finden. Auch im unverwitterten fennoskandischen Material ist er, allerdings nur in jeweils wenigen Exemplaren, anzutreffen. Die ganz vereinzelt auftretenden Minerale Spinell und Korund mögen aus den Metamorphiten des Granulit- und Erzgebirges stammen.

Anschließend sei auf die Möglichkeit der Mehrfachumlagerungen nicht nur der Stabilen (über Buntsandstein und Tertiär), sondern auch anderer Schwerminerale hingewiesen. LUDWIG & LUDWIG (1953) und LUDWIG (1955) fanden in bestimmten Rotliegendesedimenten des südlichen und östlichen Harzvorlandes Granat, Disthen und Andalusit in stark wechselnden und teilweise beachtlichen Mengen. In Zusammenhang mit Gerölluntersuchungen wiesen sie die Herkunft zumindest des Granats aus dem Sächsischen Granulitgebirge nach. Die Tatsache, daß bereits im Rotliegenden Abtragungsschutt des Granulitgebirges bis in das Harzvorland gelangt ist, muß bei der Bewertung der nicht unbedeutenden Granatgehalte in vor- bis frühesterglazialen Saaleschottern beachtet werden.

4.6. Vergleiche zwischen Geröll- und Schwermineralanalyse

Geröll- und Schwermineralbestand wurden bereits von LUDWIG & LUDWIG (1953) in quantitative Beziehungen zueinander gesetzt. Es wurde versucht, die Schwerminerale durch Vergleiche mit der Masse der gleichzeitig auftretenden, herkunftsmäßig bestimm-

baren Gerölle auf fünf Herkunftsgebiete aufzuteilen. Im Ergebnis lassen sich die unterschiedenen Schotterströme teilweise an Hand der Schwerminerale voneinander unterscheiden.

Im folgenden soll versucht werden, die Beziehungen zwischen Geröll- und Schwermineralführung mit Hilfe von Korrelationsrechnungen zu untersuchen.¹⁾ Zu diesem Zweck wurden an vier Profilen (Abb. 18 bis 21) jeweils 10 bis 17 Paare Geröll- und Schwermineralanalysen ausgeführt. Offensichtliche, visuell an den Profilen ablesbare Korrelationsbeziehungen sind rar; in Abb. 18 und 19 sind Basaltoide und Augit positiv, in Abb. 20 Feuerstein und Epidot sowie Feuerstein und Stabile positiv, Feuerstein und Augit negativ korreliert, während Abb. 21 keine klaren Entsprechungen erkennen läßt.

Auch die für jedes dieser Profile vorgenommenen Korrelationsrechnungen ergeben nur wenige signifikante Beziehungen. Diese gehen aus Tab. 4 hervor. Mindestens zwei Profilen gemeinsam sind lediglich die folgenden positiven Korrelationen:

Feuerstein — Stabile	} Feuerstein gänzlich, die Schwerminerale zu beträchtlichen Anteilen aus fennoskandischem Material stammend
Feuerstein — Disthen	
Feuerstein — Staurolith	
Feuerstein — Epidot	
Basaltoide — Augit	Geröll und Schwermineral stammen aus denselben Gesteinskomplexen

Gegensätzlich verhalten sich in mindestens zwei Profilen Feuerstein und Augit als typische Vertreter des rein nordischen und des rein südlichen Anteils, desgleichen die Porphyrygruppe und Granat sowie Basaltoide und Hornblende. Da Granat und Hornblende in wechselnden Anteilen sowohl nordischer wie südlicher Herkunft sein können, die Gerölle aber typische Vertreter des vorwiegend von Süden gelieferten Materials sind, kann man auch hier die entgegengesetzten Trends von nordischem und südlichem Material erkennen. Möglicherweise kommen hier aber auch Variationen innerhalb der südlichen und einheimischen Komponenten zum Ausdruck, insofern die Einzugsgebiete von Porphyry und Granat sowie von Basaltoiden und Hornblende sich mehr oder weniger ausschließen. Ein Wechsel zwischen fern- und nahtransportiertem Material zeichnet sich jedoch in der Gesamtheit der vorliegenden Analysen nicht ab. — Auffällig ist die Tatsache, daß Quarz zu keinem Schwermineral eindeutige, wiederkehrende Beziehungen aufweist.

Die Tatsache, daß zwischen Geröllen und Schwermineralen nur wenige klare Korrelationen bestehen, zeigt, daß beide Gruppen nur teilweise gleiche, teils aber unterschiedliche Sachverhalte erfassen und Teileinzugsgebiete repräsentieren. So gibt es im Vergleich der Ergebnisse beider Untersuchungsmethoden einerseits Entsprechungen (Basaltoide — Augit), andererseits Ergänzungen: Die Porphyrykomplexe liefern, absolut gesehen, wenig Schwerminerale; sie führen nur einige, wenn auch typische Zirkone, die im Schwermineralspektrum untergehen. Wohl aber tragen die Porphyrykomplexe wesentlich zur Geröllzusammensetzung bei und prägen sie. Das gleiche gilt für die großen Areale, die von Schiefergebirgsmaterial eingenommen werden. Auch sie tragen zum Schwermineralspektrum wenig bei, wohl aber zur Geröllzusammensetzung. So ist es erklärlich, daß sich für die Zeilen „Schiefergebirgsmaterial ...“ und „Kieselschiefer ...“ in Tab. 4 keine oder unklare oder sogar einander widersprechende Korrelationen ergeben. In eingeschränktem Maße gilt das auch für die Porphyrygruppe. Umgekehrt liefern hochspezialisierte Erzgebirgsgranite viele Schwerminerale (Topas, Turmalin), aber wegen des groben Korns und der mechanischen Instabilität nur relativ wenig Gerölle. Die Tatsache, daß unterschiedliche Gesteinskomplexe ganz verschiedene absolute Schwermineralmengen liefern, ist in auffälliger Weise am starken Einfluß der — flächenmäßig

¹⁾ Für die Ausführung der Korrelationsrechnungen sei Frau Dipl.-Math. O. Gebhardt, Leipzig, bestens gedankt.

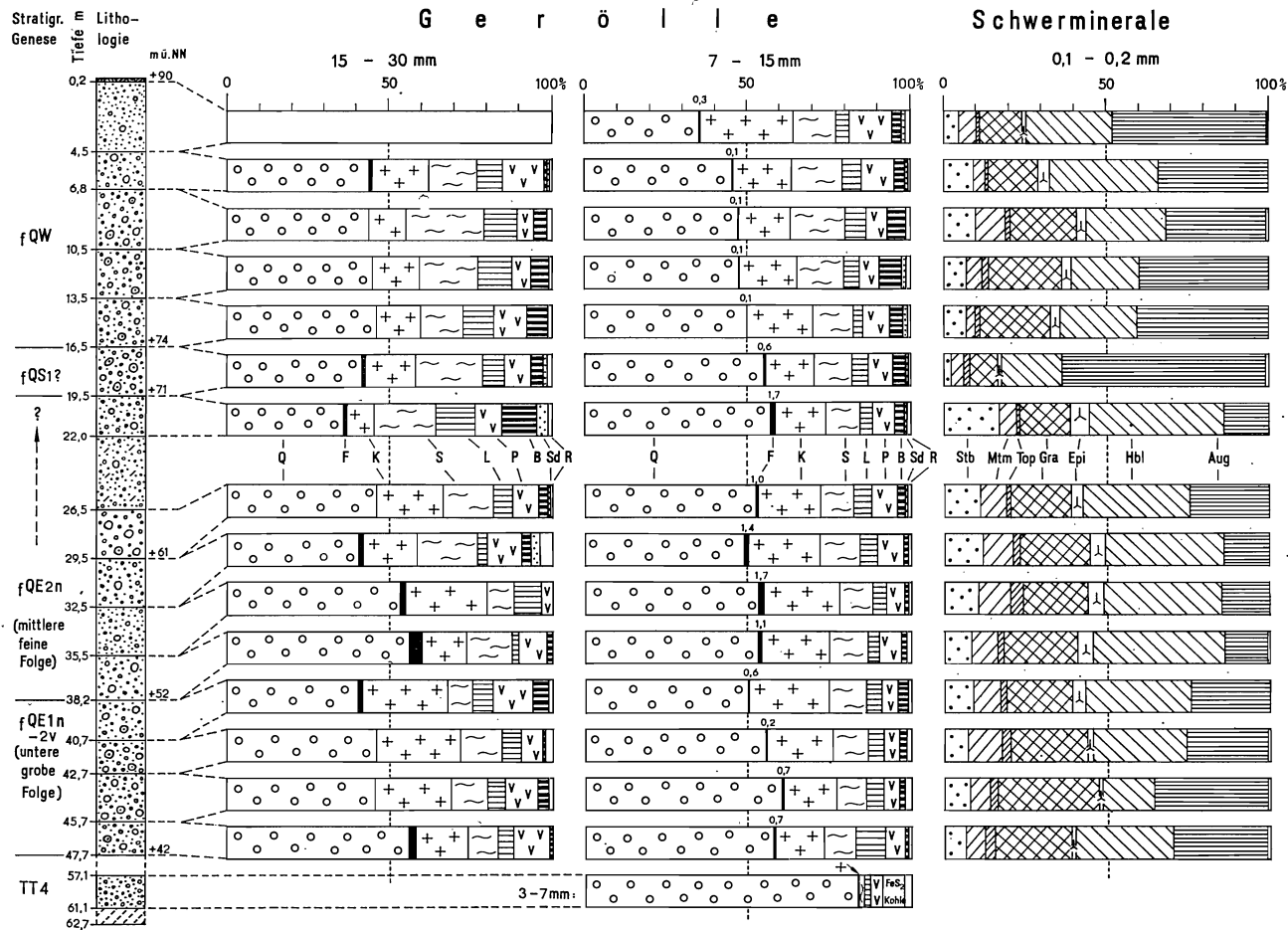


Abb. 18. Quartärprofil Neuburxdorf bei Mühlberg/Elbe mit Geröll- und Schwermineralanalysen.

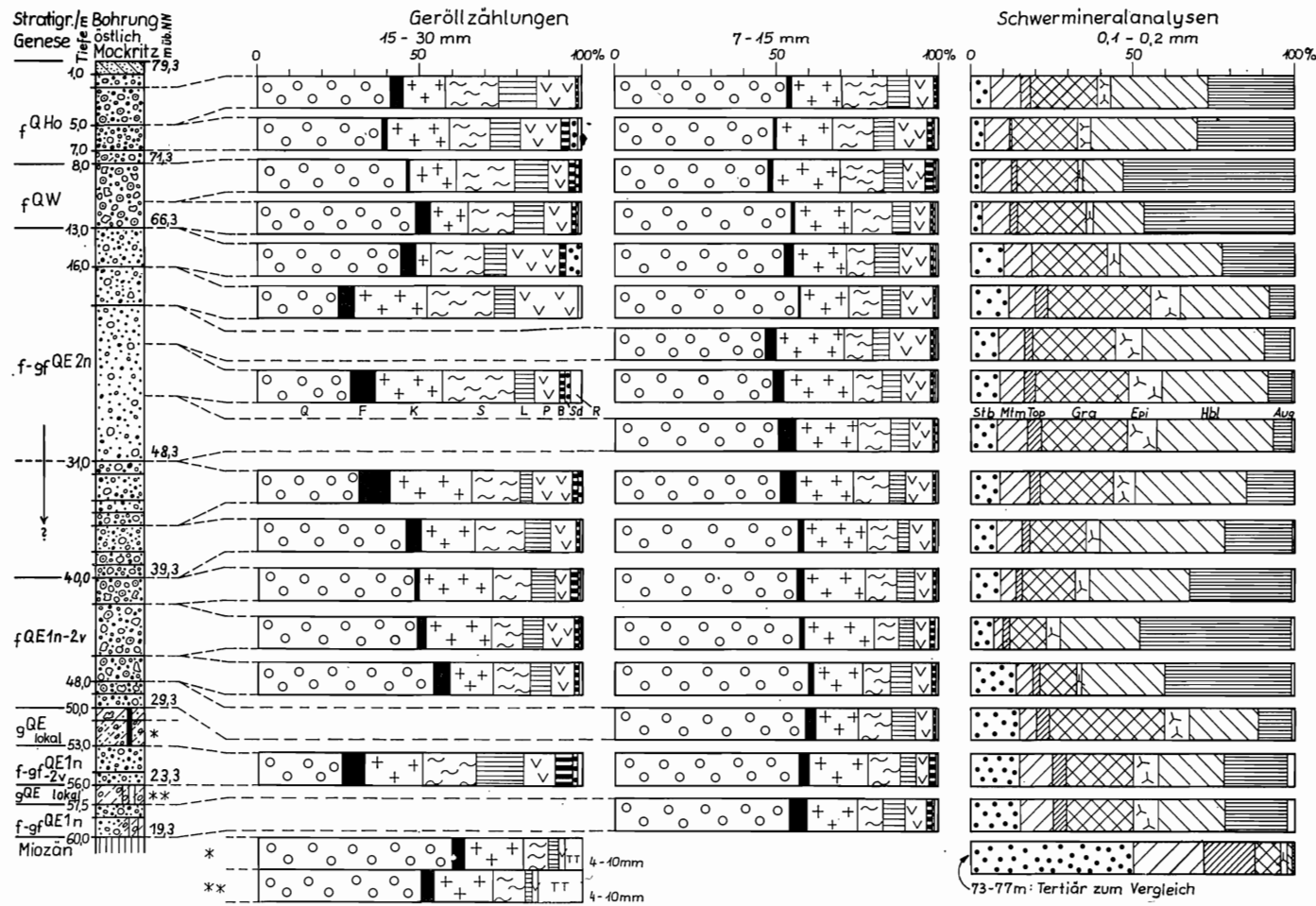


Abb. 19. Quartärprofil östlich Mockritz, Kreis Torgau, mit Geröll-, Geschiebe- und Schwermineralanalysen

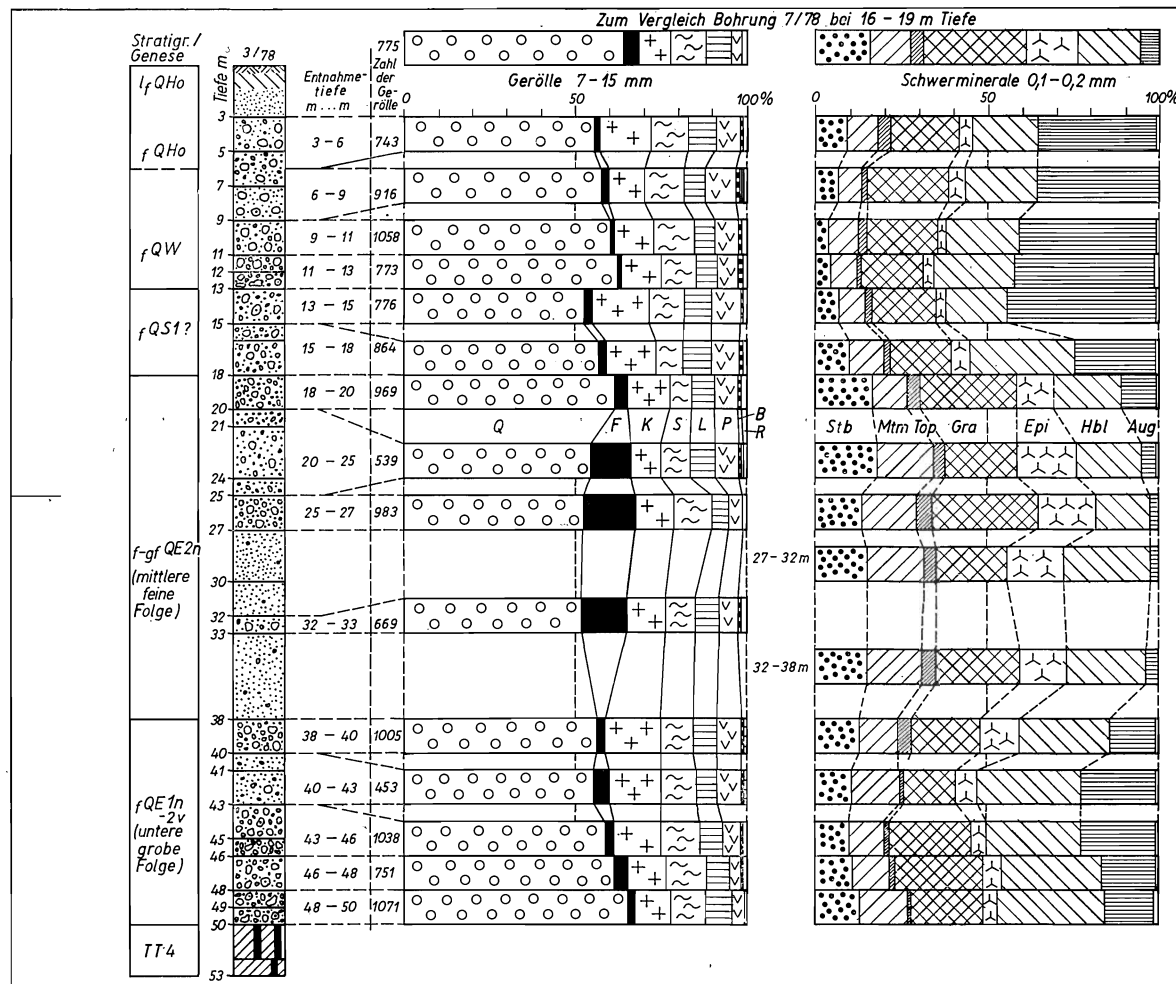


Abb. 20. Quartärprofil westlich Naundorf bei Prettin/Elbe mit Geröll- und Schwermineralanalysen

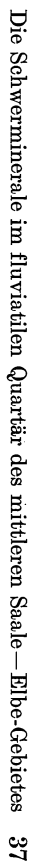


Abb. 21. Quartärprofile westlich von Schützberg bei Pretzsch/Elbe mit Ergebnissen von Geröll- und Schwermineralanalysen

Tab. 4. Korrelationsbeziehungen Geröllzählung — Schwermineralanalyse in ausgewählten Profilen aus dem fluviatilen Quartär des mittleren Elbegebietes

Dargestellt sind signifikante positive (+) und negative (−) Korrelationen (Irrtumswahrscheinlichkeit 0,05). Mehrfache gleichsinnige Korrelationen sind hervorgehoben.

Profil Neuburxdorf bei Mühlberg →

+

 Profil Mockritz bei Torgau . . . →

+

 Profil Naundorf bei Prettin . . . →

+

 Profil Schützberg bei Jessen . . . →

+

	Stabile	Zirkon	Disthen	Staurolith	Andalusit	Sillimanit	Metamorphe insgesamt	Granat	Epidot	Hornblende	basaltische Hornblende	Augit								
Quarz	. + .	. + .	. . —	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .								
Feuerstein	<table><tr><td>+</td></tr><tr><td>. + .</td></tr></table>	+	. + .	. . .	<table><tr><td>. + +</td></tr></table>	. + +	<table><tr><td>. + +</td></tr></table>	. + +	. + .	. . .	. + .	. . .	<table><tr><td>+</td></tr><tr><td>. + .</td></tr></table>	+	. + .	. + .	. . .	. . .	<table><tr><td>. + + —</td></tr></table>	. + + —
+																				
. + .																				
. + +																				
. + +																				
+																				
. + .																				
. + + —																				
Kristallin ohne Paralleltextrur (Granitoide)	. . .	. . .	. — + .	. . .	. — + .	+ . .	+ — . .	. . .	. . .	. . .	. . .	— . .								
Kristallin mit Paralleltextrur (Gneise)	. . .	. . .	. . — .	. + .	. — .	. . .	. + — . .	. . .	. . + .	. . .	. . .	. . .								
Kristallin insgesamt	. — .	. — .	. — + .	. — —	. . .	. . —	. . .	. — .	. . .	. . .	. . .	. . .								
Schiefergebirgs- material außer Kieselschiefer	. — — +	. — . .					. . + .			. . .	. . .	. . .								
Kieselschiefer, hell und dunkel	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. — + .		. . .	. . —	. . .	. . .	. . .								
Porphyrygruppe		. — . .	. — . .			. . .	. . .	<table><tr><td>. — —</td></tr></table>	. — —	. . —	. + .	. + .	. + .							
. — —																				
Basaltoide	. . .	. — .	. — .	. — .	. — .	. . .	. — .	. — .	. + .	<table><tr><td>. — .</td></tr></table>	. — .	. + .	<table><tr><td>+ + + .</td></tr></table>	+ + + .						
. — .																				
+ + + .																				

Bemerkung: Die Korrelationsbeziehungen unterscheiden sich von Profil zu Profil. Beispiel: Wenn das gesamte Kristallin überwiegend nordischer Herkunft ist (so im Profil Schützberg), treten positive Korrelationen zu Disthen auf; vorwiegend südliches Kristallin zeigt keine oder negative Korrelationen zu Disthen.

unbedeutenden — basischen Anteile des Brockenplutons auf die Schwermineral-Zusammensetzung der Innerste und der Bode zu erkennen. In beiden Flüssen, besonders in der Innerste (ASCHRAFI 1981), treten die Augite hervor, die nur hier ihren Ursprung haben können.

Die Befunde bestätigen, daß Geröll- und Schwermineralanalyse nicht durch einander ersetzbar sind, sondern sich in ihren Aussagen wesentlich ergänzen.

5. SCHWERMINERALFÜHRUNG DER EINZELNEN FLUSSGEBIETE

5.0. Allgemeines

Eine Kurzcharakteristik der untersuchten Flüsse vermittelt Tabelle 5. Hier wurden die wichtigsten Werte für einzelne Flüsse am Beispiel einer charakteristischen Analyse ohne Berücksichtigung der stratigraphischen Stellung oder der Laufentwicklung zusammengestellt. Bereits aus dieser groben Übersicht ist abzulesen, daß artenreiche Mineralspektren mit stark wechselnden Mengenverhältnissen vorliegen, die günstige Voraussetzungen für den Einsatz der Schwermineralanalyse bieten. Vorgehend sei auf Abb. 22 verwiesen, die, als Zusammenfassung der in diesem Abschnitt folgenden Ausführungen, einen detaillierteren Überblick bietet (siehe S. 62, vgl. auch Tab. 9 auf S. 63).

Im folgenden wird versucht, an Hand verschiedener Dreiecksdarstellungen die Flußgebiete und, wenn möglich, ihre regionale und zeitliche Entwicklung zu charakterisieren.

Tab. 5. Charakteristische Schwermineralanalysen der wichtigsten Flüsse zwischen Bode und Neiße Auswahl jeweils einer typischen Analyse. Fraktion 0,1—0,2 mm. Zahlen in Korn- %

	Bode	Saale	Weißer Elster	Pleiße	Zwickauer Mulde	Zschopau/Flöha/ Striegis (Oschatzer Mulde)	Elbe	Neiße
Stabile	20	13	23	29	13	9	9	77
Staurolith	2	1	1	9	7	1	2	3
Andalusit	2	3	28	7	3	1	3	1
Sillimanit	1	—	—	—	3	1	3	1
Topas	1	1	32	51	23	2	2	—
Granat	32	12	6	1	27	70	20	2
Epidot	28	50	7	1	10	4	2	1
Hornblende	8	17	1	1	9	8	26	9
Augit	4	1	1	—	1	1	31	6
Rest	3	3	2	1	4	3	2	2

5.1. Bode

Untersucht wurden frühsaaleglaziale Hauptterrassenschotter östlich von Quedlinburg. Charakteristisch sind hohe Granat- und Epidotgehalte (metamorphe Zone¹) und nordisches Material), zu denen wechselnde Anteile von Hornblende und Augit (Brockenmassiv, Hornblende zum Teil nordisch) treten. Unter den metamorphen Schwermineralen dominiert Staurolith. Die hohen Anteile an nordischen Schwermineralen sprechen für, absolut gesehen, geringe Gehalte der Bode an einheimischen Schwermineralen. Die Charakterisierung der Schwerminerale der Bode erfolgt im Dreieck Epidot/Granat/Hornblende (Abb. 6); weitere Unterscheidungsmerkmale von anderen Flüssen ergeben sich aus Abb. 7.

¹) Charakteristische lithologisch-stratigraphische Einheit im Unterharz

5.2. Saale

Außerordentlich typisch für die Saale ist der hohe Epidotgehalt, der im Raum Hohenmölsen—Lützen 60% übersteigt. Um die Herkunft des Epidots (vgl. Abschnitt 4.5.) zu klären, muß die Schwermineral-Zusammensetzung der Saale künftig weiter nach Süden verfolgt werden, als es bisher geschehen ist. Die verschiedenen alten Saaleterrassen lassen sich im Diagramm Epidot/Granat/Hornblende (Abb. 6) unterscheiden. Obere und Mittlere Frühpleistozäne Terrasse sind noch fast frei von Granat und Hornblende; stabile Minerale sind häufig. Mit sinkendem Alter steigt über die Untere Frühpleistozäne Terrasse bis zur Frühelsterterrasse im Raum Lützen—Pegau der Gehalt an instabilen Mineralen und sinkt der Gehalt an stabilen Schwermineralen und (relativ) auch an Epidot. Auch in räumlicher Entwicklung sinkt die Epidotvormacht allmählich in Richtung Leipzig—Delitzsch und weiter in den Raum Gräfenhainichen—Wittenberg zugunsten aller anderen Minerale (Granat, Hornblende, Stabile). Die Ursache hierfür liegt nicht in einer Ausmerzung des mechanisch recht stabilen Epidots, sondern in einer Verdünnung durch Einmündung epidotärmerer Nebengewässer. Demgegenüber ist der noch sehr hohe Gehalt an Epidot im Schotter der Mittleren Frühpleistozänen Terrasse von Leipzig-Völkerschlachtdenkmal und im frühelsterglazialen Schotter von Priester bei Delitzsch zu betonen. Die aufgezeigte Entwicklung läßt sich mittels der Dreiecksdiagramme Stabile + Topas/Metamorphe/Instabile (Abb. 5) und Stabile/Topas/Epidot (Abb. 8) verfolgen. Was die metamorphen Minerale anlangt, so zeigen Saalesschotter ohne nordisches Material im Süden deutliche Andalusitvormacht über Staurolith und Sillimanit (vgl. Abb. 10), ein Charakteristikum für Vogtland und Thüringer Schiefergebirge (vgl. Weiße Elster). Nördlich von Bitterfeld schiebt sich auf Grund der höheren Beständigkeit der Staurolith nach vorn und überwiegt über Andalusit. Dasselbe gilt generell für Saalesschotter mit nordischem Material.

Die Topasgehalte liegen in reinen Saalesschottern unter 13% (0,1—0,2 mm). In der zeitlichen Entwicklung sinken die Durchschnittsgehalte von 11% (rQB) über 3% (rQM) und 1,2% (rQE1) bis auf 0,7% (rQS1). Damit wird die gleicherweise auch bei den stabilen Schwermineralen erkennbare Tendenz im Ausmaß bei weitem übertroffen. Dadurch steigt das Verhältnis Topas:Stabile für die genannten stratigraphischen Einheiten von 1:2 über 1:4 und 1:8 bis auf 1:10 an. Es wird sichtbar, daß Topas zu den verwitterungsbeständigsten Mineralen gehört und deshalb in den älteren Schottern stärker hervortritt. Veränderungen im Einzugsgebiet oder eine nachlassende Beeinflussung durch Anteile der Weißen Elster vermögen wir in der dargestellten Entwicklung nicht zu erkennen. Unterhalb der Einmündung der Weißen Elster steigt der Topasgehalt allerdings stark an und erreicht Anteile bis 30% des Gesamtspektrums (Abb. 8). Die Mischschotter sind durch ein wechselndes Verhältnis der Hauptbestandteile Epidot, Hornblende und Topas gekennzeichnet. — Eine Unterscheidung der Saalesschotter von Elster- und Muldeschottern wird besonders in Abb. 7 (Dreiecksdiagramm Epidot/Topas/Granat) deutlich.

5.3. Weiße Elster

Charakteristisch für die Weiße Elster ist ein hoher Topasgehalt in Verbindung mit Andalusit. Der erstere entstammt vorwiegend den pneumatolytischen Bildungen und Gneisen des Westerzgebirges, der letztere den Andalusitglimmerschiefern des Vogtlandes. Besonders in der groben Schwermineralfraktion kann der Topasgehalt 60% (Proben Käferhain) und sogar 80% (Proben Domsen) überschreiten. Die Andalusitgehalte übersteigen teilweise 40% (Proben Pegau). Am besten läßt sich der Elsterschotter im Dreieck Topas-Granat-Metamorphe (Abb. 9) charakterisieren; hier hebt sich der

hohe Topasgehalt besonders der frühpleistozänen Schotter heraus. Ähnliche Tendenzen zeigen sich im Dreieck Epidot-Topas-Granat (Abb. 7), das die Unterscheidung von den Saale- und Muldeschottern ohne nordisches Material gestattet. Die zeitliche Entwicklung ist gekennzeichnet durch das Ansteigen von Granat (r_{QB} um 1%, r_{QEb} 2—6%, r_{QS1} 15—30%) bei gleichzeitigem Absinken der Stabilgruppe (r_{QB} um 35%, r_{QEb} um 25%, r_{QS1} um 20%). Ebenso gehen die Anteile an Andalusit relativ zurück. Die Ursache dieser Veränderungen liegt im verstärkt angelieferten granatführenden Frostschutt aus dem Elstergebirge, der die teilweise aus Tertiärsedimenten zugeführten stabilen und metamorphen Minerale mehr und mehr überlagert. Rezente Elsterschotter aus Bad Elster erwiesen sich als granatreich.

5.4. Pleiße

Die Pleiße ist durch Schwermineralanalysen von drei Proben vertreten, die aus Windischleuba bei Altenburg stammen. Hauptkennzeichen ist der überaus häufige westergbergische Topas neben vielen stabilen Schwermineralen, die ebenfalls aus dem Gebiet der westergbergischen Granite stammen. Vieles davon mag auch über die im Einzugsgebiet der Pleiße weit verbreiteten Tertiärsedimente in die Pleißeschotter gelangt sein. Aus dem Rotliegenden können zusätzlich auch solche Schwerminerale angeliefert werden, die dem Einzugsgebiet sonst fremd sind, wie zum Beispiel Granat. Innerhalb der metamorphen Gruppe überwiegt im Gegensatz zu Saale und Weißer Elster Staurolith (Abb. 10). Die Charakterisierung der Pleißeschotter erfolgt am besten im Dreieck Stabile-Topas-Epidot (Abb. 8) und im Dreieck Epidot-Topas-Granat (Abb. 7).

5.5. Mulde

5.5.1. Zwickauer Mulde

Oberlauf: Aus dem Raum Zwickau liegen pliozäne (?) Proben (aus Wiesen) sowie frühpleistozäne bis frühelsterglaziale Proben (aus Reinsdorf) vor, die von tertiären Schottern unterlagert werden. Sie fallen sämtlich durch extrem hohe Topasgehalte (grobe Fraktion bis über 90%) und daneben Andalusit (bis über 20%) auf und unterscheiden sich in diesem Raum kaum von den Schottern der Weißen Elster, wohl aber von denen der Pleiße mit ihrer Staurolithvormacht über Andalusit (vgl. Diagramm Abb. 10). Im Mittellauf (Sächsisches Granulitmassiv und Umrandung) treten in den frühpleistozänen Terrassen vor allem Staurolith (flußabwärts bald über Andalusit dominierend) und etwas Epidot und Granat hinzu (Hungerbergterrasse in Hohnbach bei Colditz), in den frühelsterglazialen Schottern vor allem Granat, Hornblende und Epidot (Proben aus Weiditz). Während sich der Schwermineralbestand oberhalb des Granulitgebirges nicht von dem der Weißen Elster unterscheiden läßt, beginnt mit dem Eintritt der Zwickauer Mulde in das Granulitmassiv eine drastische Veränderung durch den stark ansteigenden Granatgehalt und die einsetzende Staurolithdominanz über Andalusit. Die graphische Kennzeichnung der Zwickauer Muldeschotter erfolgt am zweckmäßigsten im Dreieck Topas/Granat/Metamorphe (Abb. 9).

Feuersteinfreie Schotter der Zwickauer Mulde, gekennzeichnet durch das gemeinsame Vorkommen hoher Topas- und Granatwerte, kommen im Unterlauf räumlich breit gefächert vor. Von einem westlich gelegenen Leipziger Muldearm (GROSSE 1973) bzw. Connewitzer Muldearm (EISSMANN 1975), der gemeinsam mit der Weißen Elster südlich von Delitzsch in die Saale mündete, liegt eine für die Zwickauer Mulde typische Analyse vom Floßplatz in Leipzig vor. Ein entsprechender Arm ist wahrscheinlich auch

zur Zeit der Unteren Frühpleistozänen Terrasse existent gewesen und für die bemerkenswerten Gehalte an Muldematerial in den Saaleschottern von Muldenstein bei Bitterfeld und Schleesen bei Gräfenhainichen verantwortlich (vgl. 5.5.2.). Ein mittlerer Arm der Zwickauer Mulde (Altenhain-Meuroer Muldelauf) ist von Grimma zur zentralen Dübener Heide zu verfolgen und durch Schwermineralanalysen von Meuro und Köplitz belegt. Durch die Kenntnis des Connewitzer Muldelaufs entfällt nunmehr die Notwendigkeit, einen vom Altenhainer Lauf in Richtung NW zur Saale hin abweigenden Arm anzunehmen, der im heutigen Muldetal zwischen Bad Dübén und östlich von Bitterfeld postuliert worden war (EISSMANN, zuletzt 1975, Abb. 9). Die Existenz eines östlichen Flußarms, eines Abzweiges des Altenhainer Muldelaufs im Zeitraum der Mittleren bis Unteren Frühpleistozänen Terrasse sowie der Frühelsterterrasse, wird durch den Schwermineralbestand von Schottern aus Roitzsch, Großwig, Wörblitz und Trossin belegt. Wir schlagen hierfür die Bezeichnung „Altenhain-Großwiger Muldelauf“ vor. Eine Probe mit ganz ähnlichem Schwermineral-Bestand aus Görzig bei Strehla ist dagegen als glazigene Scholle zu betrachten. Zwischen all diesen Flußläufen mögen feine zeitliche Differenzierungen vorhanden sein.

Generell gilt für den Schwermineralbestand der Unterläufe der Zwickauer Mulde neben den hohen Granat- und Topaswerten ein ausgewogenes Verhältnis zwischen Disthen, Staurolith, Andalusit und Sillimanit, so daß an Hand dieser Minerale Unterscheidungen (z. T. auch von der Elbe) nicht mehr möglich sind (vgl. Abb. 10). Der Connewitzer Muldelauf zeigt noch 34% Topas und 23% Granat, dazu erstaunlich viel (13%) Staurolith (Einnündung der Wyhra, evtl. auch schon Einfluß der Pleiße). Der Altenhainer Muldelauf weist in der Fraktion 0,1–0,2 mm zunächst (Grimma) wegen Überdeckung durch den mit 33% recht hohen Hornblendegehalt nur 15% Granat und 10% Topas auf. Weiter nördlich ergaben die Proben von Köplitz (fQM–fQE1) Granatgehalte von 25–28%, nur noch 8–10% Topas und ausgewogene Verhältnisse zwischen der Metamorphen. Die Proben von Meuro lieferten fast identische Werte. Der östliche Arm der Zwickauer Mulde läßt sich nur rein qualitativ durch erhöhte Topasgehalte nachweisen, während die übrigen Minerale, vor allem auch ein hoher Granatgehalt, eine Unterscheidung von der Oschatzer Mulde (Zschopau/Flöha/Striegis) nicht zulassen. Die Schotter von Großwig und Roitzsch, die wir wegen der niedrigen Stabilanteile zur Unteren Frühpleistozänen Terrasse stellen, weisen 13 bis 33% Topas auf, wobei die Probe mit 13% Topas durch ihren hohen Granatgehalt (38%) auffällt. Die Frage nach der Einnündung dieses Laufes in den Dahlemer Elbelauf mit Zschopau/Flöha/Striegis muß vorerst offen bleiben. Mischschotter Zwickauer Mulde/Elbe aus anderen Terrassenstufen werden unter 5.5.3. besprochen. Die obere Probe der Bohrung Strehla–Görzig ergab 23% Topas und 42% Granat und ist damit eindeutig ein glazigen verfrachteter Schotter der Zwickauer Mulde.

5.5.2. Zwickauer Mulde mit Saale und Weißer Elster

Im Raum Gräfenhainichen (Proben Schleesen) sowie im Vorfläming nördlich Wittenberg (Proben Jahmo und Grabo) fanden sich Saaleschotter (inclusive Weißer Elster mit Pleiße) der Unteren Frühpleistozänen Terrasse (bei Jahmo und Grabo eventuell auch der Frühelsterterrasse), die geringe Anteile der Zwickauer Mulde enthalten (Einfluß des Connewitzer Muldelaufs). Diese Anteile, die sich im Geröllbestand > 7 mm nur geringfügig bemerkbar machen (ganz selten Granulite), zeigen sich in der Schwermineralanalyse deutlich. Neben dem Epidot, den die Saale zuführt, treten größere Mengen an Granat, Topas und Hornblende auf. Die Schleesener Proben enthalten im Mittel 16% Granat (max. 25%) gegenüber $10,5 \pm 2,8\%$ (max. 15%) in der südlichen Leipziger Tieflandsbucht. Gleichzeitig erreicht der Staurolithgehalt die Höhe des Andalusitgehalts und überschreitet sie leicht. Im übrigen wechseln die Mengenverhältnisse zwischen

Disthen, Staurolith, Andalusit und Sillimanit. Auffällig sind in der Stabilgruppe neben Turmalin auch Rutil- und Zirkongehalte bis jeweils über 5%.

Die graphische Charakterisierung erfolgt in den Dreiecksdiagrammen Epidot/Granat/Hornblende (Abb. 6), Epidot/Topas/Granat (Abb. 7) und Topas/Granat/Metamorphe (Abb. 9). Das letztere zeigt entsprechend den wechselnden Flußanteilen stark streuende Werte. Eine der Proben (Nr. 41) ergab niedrige Granat- und hohe Epidot- und Topaswerte, ein Zeichen für in diesem Fall nur geringe Muldeanteile im Saale—Elster-Schotter.

5.5.3. Zwickauer Mulde mit Elbe

Als problematisch erwiesen sich Flußschotter, die bei Neiden, Trossin und Wörblitz, Kreis Torgau, weite Verbreitung besitzen. Die Schotter von Wörblitz waren trotz niedriger Augitgehalte wegen der hohen Sillimanitwerte und vor allem aus geröllanalytischer Sicht von GENIESER (1957) und GENIESER & DIENER (1958) als Ablagerungen eines frühelsterglazialen Schmiedeberger Elbelaufs gedeutet worden. EISSMANN (1965) konnte zeigen, daß die geröllanalytischen Befunde auch für die Oschatzer Mulde gelten können, wies auf Ähnlichkeiten mit dem Schwermineralbestand der Dahlemer Terrasse hin und betrachtete die Kiese von Wörblitz mit diesen als frühpleistozäne Muldeschotter. WOLF (1977) zeigte, daß die Dahlemer Terrasse der Elbe angehört und verwies die Wörblitzer Schotter mit dieser wiederum zur Elbe; er sprach jetzt vom Schmiedeberger Elbelauf im Sinne der Unteren Frühpleistozänen Terrasse. Neue geröll- und schwermineralanalytische Untersuchungen ergaben nunmehr: In ihrem Geröllbestand besitzen die Wörblitzer Schotter den Charakter von Muldeschottern; sie enthalten viel Restkristallin, körnige Porphyre, deutlich Granulit, kaum Basaltoide und Kreidesandstein. Mit durchschnittlich 9% Topas können sie keine reinen Elbeschotter sein, obwohl man beim Topas insofern vorsichtig sein muß, als in Elbeschottern mit wenig Instabilen der recht stabile Topas bis 5,9% ansteigt (Mittelwert von Otten-dorf-Okrilla); der Schildauer Elbelauf hat noch 4,2%, der Dahlemer Elbelauf (vgl. 5.6.2.) noch 3,8% Topas. Der durchschnittliche Topasgehalt von 7,9% in Neiden und 9,3% in Wörblitz läßt trotzdem einen Einfluß der Zwickauer Mulde erkennen, zumindest für Wörblitz und hier in Zusammenhang mit dem geröllanalytischen Befund. Die Wörblitzer Proben enthalten andererseits so viel Sillimanit (bis 8,7% oder 42% der Summe Andalusit + Staurolith + Sillimanit), daß eine Beteiligung der Elbe angenommen werden muß. Der höchste Sillimanitgehalt ist zudem mit einer leichten Erhöhung des Augitgehalts gekoppelt, was ebenfalls für Elbeeinfluß spricht. Auf der anderen Seite geht ein erhöhter Topasgehalt mit geringerem Sillimanitgehalt einher (hoher Mulde-Anteil). In den wechselnden Anteilen macht sich eventuell der wechselnde Stromstrich bemerkbar.

Wir betrachten die Wörblitzer Schotter als Sedimente des Altenhain—Großwiger Laufs der Zwickauer Mulde und stellen sie vor allem wegen des hohen Gehalts an stabilen Schwermineralen (im Mittel 28%) zur Mittleren Frühpleistozänen Terrasse (rQEb), analog zum Schildauer Elbelauf, der ähnliche Kriterien aufweist. Wir nehmen an, daß Wörblitz im Einflußbereich der Mündung in die Elbe liegt.

Eng anzuschließen ist das Vorkommen westlich von Neiden, dessen enormer Sillimanitgehalt (10,5%) und ein etwas geringerer Topasgehalt eine noch engere Bindung an die Elbe nahelegt und deshalb beim Schildauer Elbelauf (rQEb) besprochen werden soll.

Auch für das Flußschottervorkommen von Trossin ist es schwierig, die sich aus Höhenlage, geographischer Position, Geröllbestand und Schwermineralanalyse ergebenden Argumente zu einem Gesamtbild zusammenzufügen.

- Der niedrige Stabilgehalt im Schwermineralspektrum (8%) spricht für Frühelsterterrasse, der hohe Quarzgehalt im Geröllbestand für frühpleistozäne Schotter (77% gegenüber 68—74% beim Altenhain-Meuroer Muldelauf)
- Topasgehalte von 9% (0,1—0,2 mm) und 22% (0,2—0,315 mm) sprechen für Zwickauer Mulde
- Augitgehalte von 7% liegen über den sonst bei Muldeschottern beobachteten Werten und müssen von der Elbe hergeleitet werden; die relativ niedrigen Sillimanitwerte sprechen dagegen nicht für Elbeschotter

- Der geröllanalytische Befund deutet mehr auf Mulde-, als auf Elbeschotter: Basaltoide fehlen weitgehend, Granitoide lassen die typischen Vertreter des Meißener Massivs vermissen; unter den Porphyren sind allerhand körnige, nordwestsächsische Typen vertreten; Granulit ist nicht selten; Tharandter Porphyry wurde nicht bemerkt; der Gehalt an Restquarzen ist hoch.

Wenn der leicht erhöhte Augitgehalt als Einfluß der Elbe gedeutet wird, muß es sich um ein Vorkommen der Frühelsterterrasse handeln, denn die Augitgehalte aller älteren Elbeschotter liegen für eine solche Beeinflussung zu niedrig.

Wir deuten die Trossiner Schotter als frühelsterglaziale Mischschotter zwischen Zwickauer Mulde (Altenhain-Großwiger Muldelauf) und Elbe im Mündungsgebiet, wobei die Elbe bereits vorher die Oschatzer Mulde aufgenommen haben muß. Die Elbeanteile stellen eine weit nach Westen ausgreifende Bucht in der ehemaligen Niederung des Streumener Elbelaufs dar, der zwischen den Raum Trossin und Übigau eine Breite von ca. 33 km gehabt haben muß.

5.5.4. Oschatzer Mulde (Zschopau mit Flöha und Striegis)

Der frühelsterglaziale Oschatzer Muldelauf (EISSMANN, zuletzt 1975; WOLF 1977) entwässerte die Einzugsgebiete der heutigen Zschopau mit der Flöha und der Striegis. Seine Schotter zeichnen sich vom Raum Oschatz (Probe Mannschatz) bis in den Raum westlich Torgau (Probe Klitzschen) durch extrem hohe Granatgehalte aus, die aus dem Sächsischen Granulitmassiv abzuleiten sind und neben denen nur Hornblende und etwas Epidot bemerkenswert erscheinen (vgl. Dreieck Epidot/Granat/Hornblende, Abb. 11). Unter den Metamorphen dominiert Staurolith (vgl. Abb. 10). Sillimanit tritt nur in geringen Mengen auf. Eine Analyse aus dem Strehlaer Muldearm (EISSMANN 1975, S. 55) stammt vom Hanganschnitt bei Strehla—Görzig und zeigt ganz ähnliche Befunde (Abb. 10, 11). Sillimanit fehlt. EISSMANN (1965) zitiert einige von Dipl.-Min. LIEBSCHER, Dresden, für den Oschatzer Muldelauf angefertigte Kurzanalysen, die nach Umrechnung die folgenden Durchschnittswerte lieferten:

52% Granat, 15% Hornblende, 10% Augit, 23% Sonstige. Der erhöhte Augitgehalt deutet auf den Einfluß der Elbe hin. Im Dreieck Augit/Granat/Hornblende fällt der genannte Durchschnittswert wegen des Granatreichtums nicht in das für feuersteinfreie Elbeschotter typische Feld (vgl. Abb. 12, in der auch die Mannschatzer Probe zum Vergleich mit eingetragen ist). Der Augitgehalt entspricht dem der Dahleener Elbeterrasse (vgl. Abschnitt 5.6.2.) und könnte durch Aufarbeitung dieser Schotter bedingt sein. Alle nördlich und östlich von Klitzschen untersuchten und bisher der Oschatzer Mulde zugerechneten Schottervorkommen (z. B. Forst Pflückuff bei Torgau) haben einen so starken Anteil an für die Elbe typischen Schwermineralen, daß sie als Elbeschotter im Mündungsbereich der Oschatzer Mulde angesehen werden müssen und unter 5.6.2. besprochen werden.

5.5.5. Riesaer Muldelauf

Im Zuge der Elster-1-Vereisung erfolgte nördlich von Döbeln eine Talverschüttung, die zur Laufverlegung der Oschatzer Mulde führte. Für eine relativ kurze Zeit trat ein Riesaer Muldelauf in Funktion und floß von Döbeln aus etwa im Verlauf des heutigen Jahnals bis nach Riesa. Er wurde bereits bei der geologischen Landeskartierung entdeckt, später von GENIESER (1957) und EISSMANN (1964 und später) beschrieben und zuletzt von WOLF (1978) als Produkt einer fluviatil/glazifluviatil gemischten Talverschüttung während der Elster-2-Vereisung eingestuft. Auch der Riesaer Muldelauf entwässerte die Einzugsgebiete der heutigen Zschopau mit der Flöha und der Striegis. Zuunterst liegen Flußschotter mit relativ wenig nordischem Material; nach oben nimmt der glazifluviatile Anteil zu.

Proben aus Döbeln-Gärtitz, Merschütz und Jahna zeichnen sich durch sehr hohe Granatwerte ($63 \pm 12\%$, in der groben Fraktion bis über 80%) aus. Die Staurolithgehalte liegen mit $2,4 \pm 1,5\%$ nicht signifikant über den Andalusitgehalten ($2,1 \pm 2,1\%$). Sillimanit bleibt unter 1% . Hinzu tritt allerhand Hornblende und Epidot, z. T. nordischer Herkunft. Leicht erhöhte Augit- und Topaswerte lassen sich aus glazigen umgelagerten älteren Flußsedimenten herleiten. Die Kennzeichnung erfolgt im Diagramm der drei häufigsten Minerale Epidot/Granat/Hornblende (Abb. 11). Die Unterscheidung von der Zwickauer Mulde ergibt sich aus dem niedrigen Topasgehalt und ist in den Abb. 7 und 9 ersichtlich. Von Elbeschottern wird die Zschopau/Flöha/Striegis durch niedrige Augit- (Abb. 12) und niedrige Sillimanitgehalte unterschieden. Die Schwermineralanalysen bestätigen, daß auch die „gemischten“ Talverschüttungssedimente ganz überwiegend aus fluviatilem Material bestehen.

5.5.6. Freiburger Mulde

Analysen der frühpleistozänen bis frühelsterglazialen Freiburger Mulde s. str. ohne Zschopau/Flöha/Striegis und ohne die — wenn vorhanden, stets dominierenden — Elbeanteile liegen nicht vor. Sie floß in dieser Zeit mit der Triebisch etwa im Verlauf des heutigen Triebischtales nach Meißen und weiter nach Norden in Richtung Streumen/Koselitz (WOLF 1977) und mündete dort in die Elbe. Ähnliches gilt für die elster-2-glaziale Freiburger Mulde (Dieraer Muldelauf nach WOLF & STEDING 1978). Da im Schwermineralspektrum der Elbe die Anteile der Freiburger Mulde nicht zu erkennen sind, muß die Frage vorerst offen bleiben, ob es schwermineralanalytische Kriterien gibt, um die Freiburger Mulde s. str. (d. h. nur mit Bobritzsch) von der Oschatzer Mulde (Zschopau/Flöha/Striegis) zu trennen. Entsprechende Untersuchungen sind vorgesehen.

Erst in der Abschmelzphase der Elster-2-Vereisung wurde die Freiburger Mulde in das heute benutzte Tal über Roßwein zur Zschopau und weiter zur Zwickauer Mulde hin gelenkt. Seit dieser Zeit wurden im Gebiet nördlich der heutigen Mündungsstelle der Freiburger in die Zwickauer Mulde Schotter der Vereinigten Mulde abgelagert.

5.5.7. Vereinigte Mulde

Seit dem späten Elsterglazial existiert eine Vereinigte Mulde im heutigen Sinn. Schwermineralanalytisch bearbeitet wurden Schotterproben des spätelsterglazialen Krippehnaer Muldelaufs, die aus der Prellheide bei Bad Dübén stammen. Sie zeigen neben Granat erhebliche Anteile an Hornblende und Epidot (nordisches Material) sowie über 5% Topas (Anteil der Zwickauer Mulde). Die Verhältnisse Disthen/Staurolith/Andalusit sind ausgeglichen. Die Sillimanitgehalte liegen unter 1% .

Hauptterrassenschotter (τ QS1) des Leipziger Muldelaufs sind aus Leipzig-Stünz und dem Raum Delitzsch (hier mit Weißer Elster und Pleiße) untersucht worden. An der erstgenannten Stelle überwiegen Granat und Hornblende; Staurolith dominiert schwach über Disthen und Andalusit. Sillimanit überschreitet 1% nicht. Die Topasgehalte liegen mit $1,8$ – $8,8\%$ recht niedrig. Die Schotter von Delitzsch unterscheiden sich hiervon durch höhere Topasgehalte ($7,5$ – 11% im Ergebnis der Einmündung von Elster und Pleiße, in der groben Fraktion bis 24%), erhöhte Andalusitgehalte (bis 6% , Einfluß der Weißen Elster) und in unterschiedlichem Grade erhöhte Epidotwerte (bis 21% ; Umlagerung aus Saaleschottern). Dafür liegen die Hornblendegehalte entsprechend niedriger. Es sei noch angemerkt, daß die Proben aus Leipzig-Stünz stark streuen; die oberste Probe hat anomal wenig Hornblende und viel Granat, die nächste Probe sehr wenig Granat und dafür mehr Epidot (Aufarbeitung von Saalematerial ist auszuschließen, da sehr wenig Andalusit auftritt).

Schotter der Vereinigten Mulde sind in den Dreiecken Epidot/Granat/Hornblende (Abb. 11) und Epidot/Topas/Granat (Abb. 7) dargestellt.

5.6. Elbe

5.6.1. Grundzüge

Das Verdienst, eine erste und im Prinzip noch heute gültige schwermineralanalytische Kennzeichnung der Elbeschotter vorgenommen zu haben, gebührt K. GENIESER, der die von I. DIENER durchgeführten Schwermineralanalysen gemeinsam mit geröllanalytischen Befunden deutete (GENIESER & DIENER 1958, GENIESER 1962). Er erkannte die Bedeutung des Sillimanits und des Augits, des letzteren in Bildungen, die jünger als der „Schmiedeberger Elbelauf“ sind (von GENIESER mit der frühelsterglazialen I-Terrasse korreliert). Erhöhte Sillimanitgehalte sind, wie sich jetzt herausgestellt hat, für Elbeschotter aller Altersstufen typisch. Sie betragen mehr als 25% der Summe Staurolith + Andalusit + Sillimanit; bei allen anderen hier betrachteten Flüssen (mit Ausnahme einiger Proben aus dem Unterlauf der Zwickauer Mulde) liegt dieser Wert niedriger; er ist aus der Dreiecksdarstellung Staurolith/Andalusit/Sillimanit (Abb. 10) zu ersehen. Augit fehlt in den pliozänen Schottern noch, zeigt sich in den älteren Frühpleistozänen Schottern spärlich und nimmt von der Unteren Frühpleistozänen Terrasse an deutlich zu, um in Schottern, die jünger als der erste Eisvorstoß der Elstereiszeit sind, zu dominieren. Mit den Schwankungen des Augitgehalts in spätelsterglazialen bis frühsaaleglazialen Schottern des Berliner Elbelaufs nördlich des hier betrachteten Gebietes befaßte sich THIEKE (1975), auf dessen Befunde wir noch zurückkommen werden. Die Augitgehalte der Elbeschotter sind im Dreieck Augit/Granat/Hornblende (Abb. 12 bis 15) ersichtlich. Abb. 12 betrifft die Schotter vor dem ersten Elstereisvorstoß, Abb. 13 Profile im Raum Torgau—Mühlberg, Abb. 14 solche um Pretzsch—Jessen und Abb. 15 Profile im Raum Wittenberg—Coswig sowie einzelne in den Abb. 13 und 14 nicht unterzogene Analysen.

Vier Profile wurden komplex geröll- und schwermineralanalytisch untersucht. Sie zeigen Gesetzmäßigkeiten der elsterglazialen Zuschüttung der Elbtal-Glazialwanne und reichen über frühsaaleglaziale und weichselglaziale bis zu holozänen Elbeschottern. Die Proben stammen von Neuburxdorf bei Mühlberg (Abb. 18), Mockritz bei Torgau (Abb. 19), Naundorf bei Prettin (Abb. 20) und Schützberg bei Jessen (Abb. 21).

5.6.2. Prä- und frühelsterglaziale Elbeschotter

Eine den modernen Stand repräsentierende Übersicht über die verschiedenen Elbeterassen findet man bei WOLF (1980).

Die pliozänen¹⁾ Schotter von Ottendorf-Okrilla (A₁-Terrasse, Senftenberger Elbelauf) enthalten klimabedingt nur 9–13% instabile Komponenten, dafür um 20% Staurolith, um 10% Sillimanit sowie erhebliche Mengen an Turmalin, Zirkon und Rutil. Augit fehlt noch, sei dies nun lediglich durch das Klima der Aufschotterungszeit bedingt oder durch den Anfall von Verwitterungsschutt aus zurückliegenden, wärmeren Zeiten des Tertiärs (Abb. 4 und 5, Diagramm Stabile/Metamorphe/Instabile).

Analysen des Bautzener Elbelaufs (A₂-Terrasse) wurden von I. DIENER (1955) ausgeführt.

Die Schotter des Schildauer Elbelaufs (fQE_b, nach WOLF 1977 und 1980 mit der E-Terrasse gleichgesetzt) enthalten im Vorkommen von Kobershain bei Schildau bereits je 12–25% Hornblende und Granat (jedoch keinen Granulit!), etwas Augit (1–3%), dafür einen entsprechend geringeren Gehalt an Stabilen (Abb. 5), der mit 24% zwischen dem von Ottendorf-Okrilla und den jüngeren Schottern liegt. Die Metamorphen enthalten weniger Staurolith als das Vorkommen Ottendorf-Okrilla; Sillimanit beginnt zu dominieren (bis 11%). Damit ist in Verbindung mit Topaswerten unter 6% (0,1–0,2 mm) die Elbe für dieses Vorkommen neben dem geröllanalytischen Befund auch schwer-

¹⁾ nach neueren Befunden spätmiozänen bis pliozänen

mineralanalytisch gesichert. Auffällig ähnlich verhält sich ein neues Vorkommen westlich von Neiden (nördlich Torgau) mit ebenfalls nur 1,7% Augit, aber 10,5% Sillimanit und 25% Granat. Das Neidener Vorkommen wird unter Vorbehalt zum Schildauer Elbelauf gestellt, wenngleich der Topaswert von 7,9% (0,1—0,2 mm) eine Beziehung zur Zwickauer Mulde (Mündungsbereich?) nahelegt (vgl. 5.5.3). Auch das gleichfalls unter 5.5.3. behandelte Schottervorkommen von Wörblitz weist Elbeanteile auf (Mündungsbereich der Zwickauer Mulde) und gehört auf Grund des Gehaltes an Stabilen (28%) zur Mittleren Frühpleistozänen Terrasse.

In die Untere Frühpleistozäne Terrasse (rQM) gehört nach EISSMANN (1965) ein Schottervorkommen im Raum Dahlen. WOLF (1977) konnte zeigen, daß es sich dabei um Elbeschotter handelt. Da das für den Schmiedeberger Elbelauf (GENIESER 1957; WOLF 1977) namensgebende Vorkommen überwiegend weder Elbeschotter, noch Untere Frühpleistozäne Terrasse bis Frühelsterterrasse ist, soll der Terminus Schmiedeberger Elbelauf fallengelassen werden. Für die Untere Frühpleistozäne Terrasse sollte besser vom Dahlemer Elbelauf gesprochen werden. Dieser muß vor Dahlen die Oschatzer Mulde (Zschopau/Flöha/Striegis) aufgenommen haben. Die beiden Proben aus Luppä bei Dahlen weisen Augitgehalte auf, die mit 4% bzw. 9% zwischen Schildauer und Streumener Elbelauf liegen; auch der Sillimanitgehalt spricht mit 4,5% für die Elbe. Weiterhin sind Hornblende (35 und 44%) und Granat (17%) zu erwähnen. Der weitere Verlauf des Dahlemer Elbelaufs ist nicht bekannt; er ist im später erodierten Gebiet des Oschatzer Muldelaufs und Streumener Elbelaufs sowie in der jungquartären Elbeniederung zu suchen.

Schwermineralanalysen des frühelsterglazialen Streumener Elbelaufs liegen von Streumen bei Riesa, Strehla—Görzig, Schmannewitz, Torgau—Pflückuff, Drebligar, Übigau, mit Vorbehalt Trossin und schließlich von Wittenberg vor. In den Streumener Proben liegen die Augitgehalte mit im Mittel 17% deutlich im für Elbeschotter typischen Bereich. Hornblende ist zu 39%, Granat zu 10% beteiligt. Dieser niedrige Wert weist darauf hin, daß sich Sediment der Freiburger Mulde erst nördlich von Streumen dem Elbesediment beigemischt haben kann, eine Tatsache, die an Hand von Geröllzählungen schon WOLF (1977) erkannt hat. Sillimanit (im Mittel 5,9%) dominiert in Streumen eindeutig über Staurolith und Andalusit. Auch die tiefste Probe einer Bohrung in Strehla—Görzig weist einen Schwermineralbestand der Elbe auf, in die hier der Strehlaer Muldearm mündete (die höher gelegene Probe vom Hanganschnitt stammt von der Zschopau/Flöha/Striegis, vgl. S. 44). Die Probe vom Elbeschotter führt 12% Augit, 5% Sillimanit neben 22% Granat und 37% Hornblende; sie bewegt sich im Rahmen der Streumener Proben, der höhere Granatanteil zeigt Anteile des mündenden Strehlaer Muldearmes an.

Ein überraschendes Ergebnis lieferten drei Proben von Schmannewitz in der Dahlemer Heide. Die nach Lage und Höhe eindeutig frühelsterglazialen Schotter im Raum Schmannewitz—Lausa—Sitzenroda—Taura waren ursprünglich dem Oschatzer Muldelauf zugerechnet worden. Die schwermineralanalytisch untersuchten Proben von Schmannewitz (Abb. 12) enthalten jedoch neben 21—29% Granat erhöhte Augitwerte (11%), eine Probe sogar 22% Augit und in Verbindung damit ein Überwiegen von Sillimanit über Staurolith und Andalusit (vgl. Abb. 10). Damit steht für diese Schotter zumindest die Beteiligung der Elbe fest. Dies führt zu paläogeographischen Konsequenzen: Es muß angenommen werden, daß die Mündung des Oschatzer Muldelaufs in die Elbe (Streumener Elbelauf) bereits auf der Linie Schmannewitz—Beckwitz—Forst Pflückuff bei Torgau—Neiden erfolgte. In diesem Falle wäre anzunehmen, daß das Tertiärhochgebiet von Belgern—Neußen eine Insel im Streumener Elbelauf ist oder im Frühelsterglazial noch nicht existent war und ausschließlich glazigen gedeutet werden muß.

Im Raum Torgau ist die frühelsterglaziale Elbaue zwischen den beprobten Bohrungen Torgau—Pflückuff und Übigau ca. 25 km breit. Der Westrand (Proben Torgau—Pflückuff und Drebligar) zeichnet sich im Schwermineralbestand durch etwa gleich hohe Garnat-

Augit- und Hornblendegehalte (je 20–30%) aus. Die Sillimanitgehalte (2,3–5,9%) betragen 38–80% der Summe Staurolith + Andalusit + Sillimanit. Es handelt sich also um eindeutige Elbeschotter, in denen der Anteil der Freiburger Mulde vorläufig nicht nachweisbar ist. Der Ostrand des Tales unterscheidet sich hiervon deutlich. In Übigau kommt weniger Augit (im Mittel 9%) und Granat (16%) vor, dafür liegt der Hornblendegehalt höher (35–43%). Der Sillimanit-Wert beträgt 40–54% der Summe Staurolith + Andalusit + Sillimanit. Das Überwiegen der Hornblende dürfte auf die Einmündung eines Lausitzer Gewässers (Vorläufer der Schwarzen Elster) mit fast fehlendem Augit und Granat zurückzuführen sein (vgl. 5.7.).

Proben aus dem Wittenberger Raum beanspruchen besonderes Interesse, ist doch in diesem Raum die Mündung des Altenhainer Laufs der Zwickauer Mulde und der Saale mit Elster und Pleiße in die Elbe zu vermuten. Ein neues Vorkommen in Wittenberg lieferte so hohe Augitwerte (im Mittel 19%), daß ganz wesentliche Elbeanteile vorhanden sein müssen, obwohl der Sillimanitgehalt (0,6–1,9%) nur in einer Probe den für die Elbe typischen Relativgehalt von 25% der Summe Staurolith + Andalusit + Sillimanit erreicht. Granat (19–23%) und Hornblende (11–26%) sind ebenfalls sehr häufig. Die hohen Topaswerte (6,5–16,0%) belegen wie die hohen Staurolithgehalte die erfolgte Einmündung der Zwickauer Mulde (Altenhainer Lauf). Die Saale ist wegen der relativ niedrigen Epidotgehalte (im Mittel 7%) nicht sicher zu belegen, allerdings auch nicht auszuschließen; die niedrigen absoluten Schwermineralgehalte der Saaleschotter erlauben im Falle einer Vermischung gegenwärtig keine Abschätzung gegenüber den Elbeanteilen. So bleibt für Wittenberg die Elbe belegt, die neben Freiburger und Oschatzer Mulde auch die Zwickauer Mulde enthält.

Die bisher behandelten Schotter werden in den Dreiecksdiagrammen Augit/Granat/Hornblende (Abb. 12) und Staurolith/Andalusit/Sillimanit (Abb. 10), die Wittenberger Proben auch in den Diagrammen Epidot/Granat/Hornblende (Abb. 11) und Epidot/Topas/Granat (Abb. 7) dargestellt.

5.6.3. Elster-Hochglazial bis Holsteinwarmzeit

Während der elsterglazialen Vereisungsphasen erfolgte durch Exaration und glazihydro-mechanische Erosion die Ausformung von gewaltigen Destruktionsformen, deren bedeutendste im Arbeitsgebiet als Elbtal-Glazialwanne (MÜLLER 1973) bezeichnet wird. Die Ausschürfung ging wahrscheinlich bereits in einem fortgeschrittenen Entwicklungsstadium der Elster-1-Vereisung vor sich, nachdem unter dem Gletscher der mächtige Dauerfrostboden getaut war. Die Zufüllung der Wanne erfolgte von den Rändern und vom niedertauenden Gletscher her mit glazilimnischen, glazifluviatilen und glazigenen Sedimenten. Von Süden her schob sich eine fluviatile Sedimentfolge in die Wanne vor; sie beginnt an der Basis mit grobem Flußschotter („untere, grobe Folge“), dem ganz im Süden wenig, dann nach und nach mehr nordisches Material beigemischt wurde. Wie PRÄGER (1984) annimmt, wurde das von Dresden aus nach Norden führende Elbtal durch den ersten Elstereisvorstoß verschüttet, so daß die Elbe schon in der Zeit zwischen beiden elsterglazialen Eisvorstößen, etwa dem heutigen Tal entsprechend, in Richtung Meißen entwässerte. Dabei kam es zwischen beiden Eisvorstößen zu einer Erosion, die bis unter das Niveau der Frühelsterterrasse reicht (PRÄGER 1985a und frühere Arbeiten). Der elsterglaziale „Piskowitzer Elbelauf“ (SCHUBERT 1976, WOLF 1980) ließe sich mit dieser Anschauung nicht vereinbaren. PRÄGER (1984, 1985b) deutet diese Bildungen deshalb als flußterrassenartige Schmelzwasserbildungen mit aufgearbeiteten Anteilen des Senftenberger und Bautzener Elbelaufs. Eine abschließende Beurteilung der vorerst widersprüchlich erscheinenden Befunde muß späteren Untersuchungen vorbehalten bleiben.¹⁾ Es existieren nämlich Beweise dafür, daß die Elbe

¹⁾ Dazu Anmerkung auf S. 65

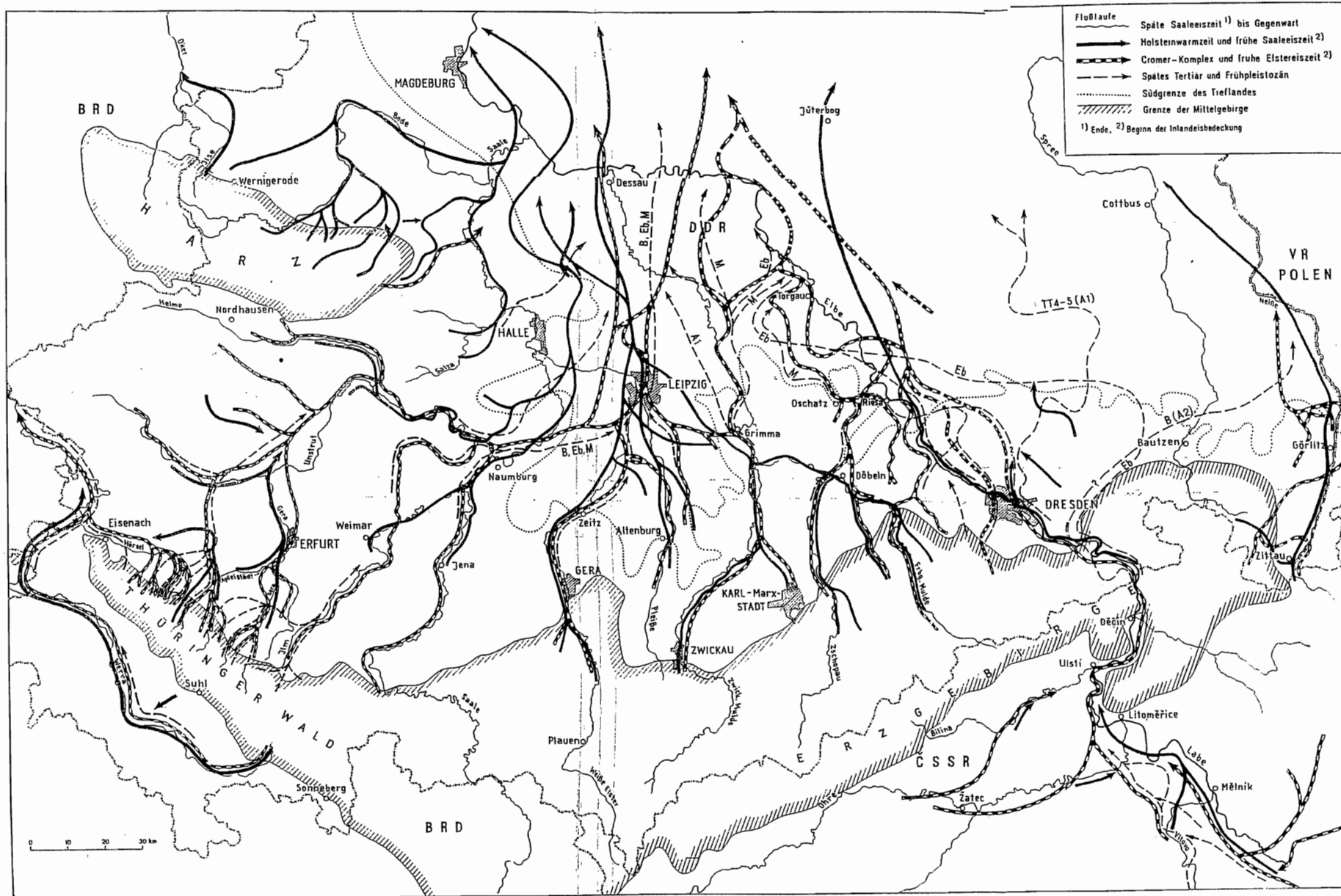


Abb. 24. Das quartäre Flußsystem zwischen Werra und Neiße. Aus EISSMANN 1975, Abb. 47a; ergänzt

Symbole bzw. Abkürzungen: M – (?)Menap-Kaltzeit; Eb – (?)Eburon-Kaltzeit; B – (?)„Brüggen“-Kaltzeit; TT4-5 – spätes Miozän bis Pliozän; A2 – A2-Schotterkörper (Bautzener Elbelauf); A1 – A1-Schotterkörper (Senftenberger Elbelauf bzw. Brandiser Muldelauf)

zumindest nicht sofort nach Abtauen des Elster-1-Gletschers über Meißen nach Riesa floß: Östlich des heutigen Elbtals liegt auf der Hochfläche der feuersteinführende Schotter des Dieraer Muldelaufs (WOLF & STEDING 1978). Er müßte unmittelbar nach dem Zerfall des E1-Gletschers sedimentiert worden sein, sollte die Elbe noch vor der E2-Vereisung über Meißen nach Riesa gelenkt worden sein und in dieser Zeit eine beachtliche Erosionsleistung vollbracht haben. Die im folgenden dargestellten Verhältnisse im Raum Torgau können diese Frage nicht entscheiden, denn sie wären im Zeitraum zwischen der Elster-1- und der Elster-2-Vereisung auch mit einem den Raum Riesa von Osten her erreichenden Elbelauf vereinbar. An der Basis der die Elbtalwanne im Raum Mühlberg—Torgau auskleidenden „unteren, groben Folge“ wurden örtlich Sedimente gefunden, die sehr viel Material des Osterzgebirges und des Meißener Massivs, aber kaum Basalte und in der Schwermineralfraktion kaum Augite enthalten (Probe 262 aus Torgau, Abb. 13). Hierbei handelt es sich offenbar um Material der Freiburger Mulde mit Weißeritz und Triebisch. Es sei angemerkt, daß der Sillimanitgehalt schon die für die Elbe typische Höhe besitzt (Abb. 10, Punkt P), die GENIESER & DIENER (1958) vorwiegend aus Böhmen ableiten möchten. Jedenfalls wurde in einer unmittelbar anschließenden Phase die Elbe über den Riesaer Raum in die entstandene Depression geleitet, wie an den meistens an der Basis der „unteren, groben Folge“ einsetzenden typischen Elbeschottern zu erkennen ist. Hierfür war neben der Talverschüttung nördlich von Dresden auch die Entstehung einer relativ niedrigen lokalen Erosionsbasis nordwestlich Riesa (Südende der austauenden Glazialwanne) verantwortlich. Durch letztere erhielt der aus Freiburger Mulde s. str., Weißeritz und Triebisch bestehende Fluß ein so hohes Gefälle und damit einen so starken Erosionsimpuls, daß die Elbe in relativ kurzer Zeit durch Anzapfung zur Weißeritz hin und damit in die Elbtal-Glazialwanne hinein gelenkt wurde. Die „untere, grobe Folge“ enthält demgemäß typische Elbeschotter: Darüber folgt eine „mittlere, feine Folge“ von schwächer kiesigen Sanden, die im Gegensatz zu den basalt- und augitreichen Schottern der unteren Serie (25—40% Augit) durch niedrigere Augitgehalte (10—25%) charakterisiert ist. Diese Verhältnisse werden in den Dreiecksdiagrammen Augit/Granat/Hornblende (Abb. 13, 14) sichtbar. THIEKE (1975) beschreibt im Raum Jüterbog—Luckenwalde zwischen spätelsterglazialen unteren Schottern und oberen frühsaaleglazialen Schottern eine mittlere, augitarne Folge, die er als Zeugen wärmeren Klimas deutet und in das Holsteininterglazial stellt. Tatsächlich ist Augit gegenüber warmzeitlichen Klimaeinflüssen empfindlich (vgl. den zuerst fehlenden und dann zögernd ansteigenden Augitgehalt in den Schottern vom TT5 bis 1QM). Wir würden THIEKE in seiner Deutung gern folgen, wenn nicht im Raum Torgau, in dem die mittlere, augitarne Folge in typischer Weise angetroffen wurde, eine Verzahnung mit glazilimnischen Sedimenten zu beobachten wäre und (allerdings selten angetroffene) bindige Schichten mit organischer Substanz eine kaltzeitliche Flora ergeben hätten. Weiter kommt hinzu, daß die feinere, augitarne Folge im Geröllbestand mehr Quarz und mehr nordisches Material als die Folgen darunter und darüber enthält, also weniger einheimische Nichtquarze (Kristallin, Basalt, Porphyry). An einigen Stellen wurde sogar nordischer Kalkstein gefunden. Auch Epidot und Stabile als für nordisches Material typische Schwerminerale erscheinen stets gehäuft. Unter diesem Aspekt muß wie die untere, grobe Folge auch die mittlere, feinere Folge in die (ausgehende?) Elsterzeit gestellt werden. Die vom Raum Mühlberg bis in den Raum Prettin zu verfolgende untere, grobe Folge in einer relativ zur Wannentiefe geringen Mächtigkeit ist genetisch schwer erklärbar. Mit Sicherheit ist es nicht nur der grobe Fuß einer Einschüttung in eine Hohlform, sondern eine eigene Einheit. Man sollte annehmen, daß eine Hohlform in gesamter Mächtigkeit zugeschüttet wird, indem bei Gefälleverlust das gesamte Sediment (grob und fein) abgesetzt wird und sich deltaartig verbaut. Daß damals ein so tiefer Wasserspiegel vorgelegen haben sollte, wie ihn die Obergrenze der unteren, groben Folge markieren würde, kann keinesfalls angenommen werden; eher dürfte der Wasserspiegel

noch höher als in den spätelsterglazialen bis holsteininterglazialen Folgezeiten gelegen haben. Die Überlagerung der weit aushaltenden unteren, groben Folge durch eine mächtigere, feine, ebenfalls überwiegend fluviatile, aber deutlich abweichend ausgebildete Folge könnte wie folgt erklärt werden:

Die untere, grobe Folge stellt einen Flußschotter dar, der mit normalem Gefälle in wesentlich höherem Niveau über mächtigem, in der Wanne liegendem Toteis transportiert und abgelagert wurde. Hierfür war wohl nur eine kurze Zeitspanne vonnöten. Beim Austauen des Toteises ließ das Gefälle immer mehr nach; es entstanden in wechselnder Gestalt und sich nach und nach erniedrigendem Niveau Seen, die von der Elbe deltaartig zugeschüttet wurden (feinere Serie). In dieser wohl wesentlich feuchteren Zeit mit immer noch lockerem Bewuchs stand infolge Erosion der frisch ausgetauten Grundmoränen mehr nordisches Material zur Verfügung als in der vorangegangenen Zeit. Daher die Verdünnung des Augits und anderer südlicher Anteile; Epidot, Granat, Hornblende und die Stablen wurden dagegen reichlich aus nordischem Material angeliefert, so daß sich für diese Minerale kein Verdünnungseffekt ergibt. Die Zuschüttung durch die feinere, augitarmer Serie erfolgte fortschreitend von Süden nach Norden. Es deutet sich die Möglichkeit an, daß dieselbe Sedimentfolge im hier betrachteten Arbeitsgebiet noch kaltzeitlich ist und die Zuschüttung beim Erreichen des Raumes Jüterbog die Grenze zum Holsteininterglazial überschreitet. Unter diesem Aspekt kann die Deutung von THIEKE (1975) widerspruchsfrei in die vorliegenden Befunde eingebaut werden, und dies um so mehr, als die Reduzierung des Augits in der mittleren, feineren Folge im Raum Luckenwalde—Ludwigsfelde ein Maß erreicht, das über die hier angegebenen Werte hinausgeht; zumindest für diesen Anteil kann dann auch der durch THIEKE 1975 gegebenen klimatischen Deutung der Augitreduzierung zugestimmt werden. Südlich des Raumes Jüterbog ist im Holsteininterglazial im wesentlichen nur Durchtransport der Sedimentfracht erfolgt.

Profile, die die untere, grobe und die mittlere, feinere Folge erfassen, wurden — von Süden nach Norden — aus Neuburxdorf bei Mühlberg/Elbe, aus Mockritz bei Torgau und Naundorf bei Prettin untersucht. In Bohrungen bei Holzdorf und Linda wurde die feinere, augitärmerere Folge erfaßt. Die Analysen der Bohrprofile Neuburxdorf und Mockritz sind im Dreiecksdiagramm Augit/Granat/Hornblende (Abb. 13) dargestellt. Hier findet man unter jüngeren Bildungen (t_{QHo} — t_{QS1}) die spätelsterglazialen Sedimente, die zunächst (Proben 209—211, 220—226) augitarm und darunter augitreich (untere, grobe Serie) sind. Die Grenze liegt in diesem Gebiet bei ca. 30% Augit in der Summe Augit + Granat + Hornblende. Die Schwermineral-Zusammensetzung der unteren, groben Serie entspricht völlig der der jüngeren Elbeschotter. Das Bohrprofil Naundorf ist in Abb. 14 ausgewertet. Die Augitgehalte liegen hier, flußabwärts, schon etwas niedriger, wohl auch infolge Einmündung eines östlichen Seitengewässers. Die Grenze zwischen augitarmer und -reicher Folge liegt bei 20% Augit im Dreiecksdiagramm Augit/Granat/Hornblende. Bei den metamorphen Mineralen ergeben sich zwischen beiden Serien nur für die Naundorfer Proben Unterschiede: Hier fällt die mittlere, feinere Serie aus dem für Elbeschotter typischen Feld heraus und enthält etwas weniger Sillimanit (24% der Summe Staurolith + Andalusit + Sillimanit in Abb. 10). Dies ist durch die Sillimanitarms des nordischen Materials bedingt, evtl. aber auch durch Einflüsse eines östlichen Nebengewässers. Weiter nördlich wurde das Profil Holzdorf untersucht (Abb. 14, Dreiecksdiagramm Augit/Granat/Hornblende), das unter jüngerquartärem Sediment (Probe 263, augitreich, allerdings sillimanitarm) und saaleglazialen Urstromtalbildungen (Probe 264, augitarm, relativ staurolithreich) typische Elbeschotter erbrachte (Proben 266—269, augit- und relativ sillimanitreich), die als obere, grobe Folge bezeichnet wurden und wahrscheinlich die saaleglaziale Terrasse bilden. Darunter folgen augitarmer, aber im Verhältnis zu Staurolith und Andalusit noch mäßig sillimanitreiche Sedimente, reich an Hornblende und Granat, die der mittleren, feinen Folge

entsprechen dürften (Proben 270, 271). Sie ähneln den in der Tiefe der Wanne liegenden glazifluviatilen Sedimenten (Proben 272, 273), nur daß diese noch weniger Sillimanit enthalten (Abb. 10) und außerhalb des für die Elbe typischen Feldes liegen.

Das nördlichste untersuchte Profil ist das von Linda. Unter jüngeren Bildungen tritt hier die feinkörnige, augitarme Folge auf, die von den tiefen, glazifluviatilen Füllmassen der Elbtal-Glazialwanne nicht zu unterscheiden ist. Gleich hohe Sillimanit- und Augitgehalte zeigen in diesem Fall, daß auch die glazifluviatilen Sedimente viel älteres Elbematerial aufgenommen haben können (Abb. 14, Punkte 281 und 282). Die hohen Epidotwerte weisen in beiden Fällen den nordischen Anteil aus.

Es hat den Anschein, als hätte die Elbe ihre Sedimentfächer im Spätelsterglazial in wechselnden Richtungen in die Elbtal-Glazialwanne vorgebaut. So deutet sich außer den genannten nordwärts gerichteten Schüttungen ein nach Nordwesten gerichteter Arm in Richtung Pretzsch—Wartenburg—Wittenberg—Coswig an. Die Bohrung Klöden bei Pretzsch erfaßte tiefreichende, hier insgesamt sehr augitreiche Schotter (Abb. 14). Dasselbe gilt für die Proben aus Schützberg, wo die Sillimanitgehalte im Verhältnis zu Stauroolith und Andalusit sehr hoch liegen (Abb. 10). Sogar in Coswig/Anhalt wurden tiefliegende, sehr charakteristische Elbeschotter angetroffen, die unter glazifluviatilen und urstromtalähnlichen Bildungen liegen. Sie können nur als fluviatile Füllung der Glazialwanne aufgefaßt werden. Sie liegen in Abb. 14 im Feld für die saaleglaziale Hauptterrasse der Elbe. Die Sillimanitgehalte liegen allerdings zugunsten von Stauroolith recht niedrig (Einfluß der Mulde?).

5.6.4. Frühsaaleglaziale Schotter des Berliner Elbelaufs

Die Elbe schüttete die Elbtal-Glazialwanne in der ausgehenden Elstereiszeit bis in den Raum Linda zu. In der Holsteinwarmzeit wurde der Raum Berlin—Luckenwalde noch durch eine ausgedehnte Seenlandschaft geprägt, in die — wahrscheinlich im Raum Jüterbog—Luckenwalde — die Elbe mündete und ihre Sedimentfracht vorschob. Verzahnungen sind als „Paludinenkiese“ bekannt geworden (zuletzt ZWIRNER 1974). Später und mit fortschreitender Zuschüttung finden wir Elbeschotter bis in den Berliner Raum (daher die Bezeichnung Berliner Elbelauf), wo sie als Wietstocker Kiese heute dem ausgehenden Holsteininterglazial bis frühen Saaleglazial zugeordnet werden (ZWIRNER 1974, THIEKE 1975). Im Gebiet der Elbtal-Glazialwanne bilden die frühsaaleglazialen Schotter des Berliner Elbelaufs die bisher noch nicht behandelte „obere, grobe Folge“, die in der jungquartären Niederung vielfach nicht zu trennen ist von weichselglazialen und holozänen Schottern. Nur außerhalb der jungquartären Elbeniederung sind sie sicher zuzuordnen, während man im weichselglazialen Tal mit weitgehender Aufarbeitung und Erosion während der Weichseleiszeit rechnen muß.

Frühsaaleglaziale Schotter (im weiteren Sinne) des Berliner Elbelaufs sind — von Süden nach Norden — aus Neuburxdorf (?), Falkenberg/Elster (?), Zülldorf, Buckau, Naundorf (?), Holzdorf, Schützberg (?), Linda und zum Vergleich vom Lindenberg bei Jühnsdorf (Teltow-Hochfläche, vgl. THIEKE 1975) untersucht und im Dreiecksdiagramm Augit/Granat/Hornblende (Abb. 13 und 14) sowie im Dreieck Stauroolith/Andalusit/Sillimanit (Abb. 10) dargestellt worden. Ein Vergleich zeigt, daß zwar von Süden nach Norden bereits eine Verdünnung des Augits eintritt (Neuburxdorf und Falkenberg/Elster $50 \pm 10\%$; Holzdorf und Linda $28 \pm 3\%$), andererseits aber in Jühnsdorf nochmals Augitgehalte von 40 bzw. 52% auftreten (eine dritte Probe aus tieferem Niveau besitzt deutlich weniger Augit und gehört eventuell ins Holsteininterglazial). Die relativ niedrigen Augitwerte des Profils Buckau sind wegen des gleichzeitig stark erhöhten Hornblendegehalts auf Beeinflussung durch ein östliches, Lausitzer Seitengewässer zurückzuführen (vgl. THIEKE 1975, S. 1098), einen Vorläufer der Schwarzen Elster. Die Sillimanitgehalte sinken in Richtung Norden ebenfalls etwas ab, liegen aber auch für

Buckau, Holzdorf, Linda und Schützberg mit 25–35% der Summe Staurolith + Andalusit + Sillimanit noch im Feld für typische Elbeschotter. Erstaunlicherweise zeigen sich auf der Teltow-Hochfläche wiederum ausgesprochen hohe Sillimanitanteile, wie wir sie als Mittelwerte nur von den frühesterglazialen Streumener und den spätsterglazialen Schützberger Proben, ansonsten nur aus Einzelwerten hier und da kennen. Im allgemeinen scheinen die spätsterglazialen Schotter etwas mehr Sillimanit als die frühsaaleglazialen zu führen, so daß für Jühnsdorf erwogen werden sollte, ob es sich um gestauchte Spätsteterschotter handelt, was freilich nach der geographischen Lage unwahrscheinlich ist.

5.6.5. Spätsaaleglaziale Mischbildungen

Durch glaziäre Sedimente der Saaleeiszeit wurde der Berliner Elbelauf verschüttet (Niederer Fläming). Als sich der Eisrand im Gebiet des Fläming befand und wohl auch in den folgenden Stadien des Eisabbaus, floß die Elbe etwa im Bereich der heutigen Elbeniederung um Wittenberg nach Westen und nahm Schmelzwässer auf (Lausitzer — Magdeburger Urstromtal). Fluvial-glazifluvial gemischte Bildungen werden in verschiedenen geodätischen Niveaus — Unterschieden in Erosionsniveau und Zeit entsprechend — aufgefunden und gelangten von zehn verschiedenen Stellen in unterschiedlicher Profilposition zur Analyse. Nur zum Teil stammen die Proben aus höher gelegenen Gebieten außerhalb der heutigen Elbeniederung, die schon morphologisch als Bildungen des Urstromtals eingestuft werden können (Proben aus Holzdorf, Linda, Jessen, Zörnigall bei Wittenberg); zum anderen sind es Proben aus Sedimenten, die unter den holozänen bis weichselglazialen Elbeschottern liegen und diesen Schottern nicht zugerechnet werden können, aber auch keine reinen Schmelzwassersedimente darstellen (Proben aus Zülldorf, Buckau, Schützberg, Wittenberg, Selbitz, Coswig). Sie dürften jünger als die erstgenannten Bildungen sein. So ist die Gruppe heterogen; da außerdem die Anteile fluvialen und glazifluvialen Materials jeweils unterschiedlich sind, schwanken die Werte stark.

Die Augitgehalte liegen in Schützberg über 20%, in Buckau, Holzdorf, Linda, Zörnigall, Wittenberg und Selbitz noch über 10%, in Zülldorf, Jessen und verständlicherweise auch in Coswig, am weitesten im Nordwesten, unter 10%. Die Sillimanitgehalte wiesen durchweg auf erhebliche Elbeanteile hin, bewegen sich aber an der Untergrenze des für Elbeschotter typischen Bereichs (25% der Summe Staurolith + Andalusit + Sillimanit) oder liegen etwas darunter. Gerade der Sillimanitgehalt liegt in Zülldorf (wenig Augit!) hoch, desgleichen in Wittenberg. Meist sind gegenüber den reinen Flußschottern die Metamorphen etwas erhöht (Flußschotter häufig 5–9%, Mischbildungen meist über 9%); das gleiche gilt für Epidot als Ausdruck nordischer Anteile. Für die Profile Zülldorf, Buckau, Schützberg, Holzdorf, Linda und Coswig sind die Punkte für Augit/Granat/Hornblende in den Diagrammen der Abb. 13 und 14 mit dargestellt, für das Verhältnis Staurolith/Andalusit/Sillimanit in Abb. 10 ebenso. Die Profile Jessen, Zörnigall, Wittenberg und Selbitz findet man in Abb. 15 (Augit/Granat/Hornblende), wobei zu beachten ist, daß die Proben aus Coswig nur geringe Elbeanteile und — am erhöhten Epidotgehalt abzulesen — Beteiligung von Saalematerial erkennen lassen (Umlagerung?). Bei den vier Proben aus dem Lausitzer Urstromtal bei Jessen fällt auf (Abb. 15), daß die beiden oberen Proben stark hornblendebetont (45%) und die beiden unteren granatbetont (um 30%) sind. Wir sehen in den letzteren ein Überwiegen des glazifluvialen Anteils, während die oberen, hornblendereichen Proben (Hornblende:Granat = 3) einen bedeutenden Einfluß der Schwarzen Elster (vgl. Abschn. 5.7.) anzeigen. Die Epidotwerte sind gleichbleibend, die Augitwerte sind im oberen Teil erhöht (Zurückdrängung des glazifluvialen Anteils).

5.6.6. Weichselglaziale und holozäne Elbeschotter

Erst in der ausgehenden Saaleeiszeit wurde der heutige Elbelauf fixiert. Die weichselglaziale Niederterrasse ist wohl die bedeutendste Elbeterrasse des mittleren Elbegebietes. Zusammen mit den schwer abgrenzbaren und im liegenden Teil möglicherweise hier und da erhalten gebliebenen frühsaaleglazialen Anteilen bildet sie in vielen untersuchten Profilen die „obere, grobe Schotterfolge“, die sich wieder durch hohe Augit- und relativ hohe Sillimanitwerte auszeichnet. Je höher man innerhalb des Profils der Niederterrasse kommt, desto mehr nehmen Augit, Basalt, Porphyre und andere südliche Kristallinkomponenten auf Kosten des Quarzes zu (Frostschutt!). Dies spiegelt sich in den Augitwerten der in den Abb. 13 und 14 unter „rQW“ eingetragenen Analysen wider, die im Raum Mühlberg—Torgau 32—69% der Summe Augit + Granat + Hornblende erreichen (Abb. 13). Hierzu gehören auch die Analysen von Falkenberg und Übigau in Abb. 15. Nach Norden nimmt der Augitgehalt nicht ab; die in Abb. 14 verzeichneten Analysen aus dem Gebiet Pretzsch—Jessen zeigen ebenfalls 35—65% Augit in der Summe Augit + Granat + Hornblende. Dasselbe gilt für die gleichfalls eingetragenen Analysen aus holozänen Aueschottern. Hier bleiben die Augitgehalte bis in den Bereich Wittenberg—Coswig bei 27—43% der Summe Augit + Granat + Hornblende (Analysen Wittenberg, Selbitz und Coswig in Abb. 15). Die holozänen Proben unterscheiden sich nur durch eine etwas größere Schwankungsbreite, allgemein etwas niedrigere Augitwerte als in den höheren Teilen der Niederterrasse und durch geringere Augitwerte gerade in rezentem Schotter von den weichselglazialen Sedimenten. Allerdings lassen sich holozäne und ältere Anteile in den Profilen nicht immer sicher trennen.

Die Sillimanitgehalte liegen in dem für Elbeschotter typischen Feld (Abb. 10), wobei besonders die Proben Mockritz und Wittenberg durch relativ hohe Sillimanitgehalte (über 40% der Summe Staurolith + Andalusit + Sillimanit) auffallen, weniger ausgeprägt auch die Naundorfer und Coswiger Proben. Man erkennt, daß flußabwärts bis Coswig/Anhalt noch keine generelle Veränderung der Sillimanitgehalte im Verhältnis zu den übrigen Metamorphen existiert. Erniedrigte Sillimanitgehalte scheinen aber ein guter Indikator für Beimengungen aus dem Liegenden oder seitlich einmündende Gewässer zu sein. So sind wohl die niedrigen Sillimanitgehalte in Übigau und Buckau in Verbindung mit Hornblendewerten über 35% durch die Einmündung der Schwarzen Elster zu erklären.

Als abweichend von den übrigen Proben ist die oberste, weichselglaziale bis holozäne Probe von Holzdorf zu erwähnen, die zwar einen noch für Elbe typischen Augitgehalt aufweist (18,4%; vgl. Abb. 14), aber wenig Sillimanit führt (13% der Summe Staurolith + Andalusit + Sillimanit). Wir halten dieses Material für eine Mischung Elbe/Schwarze Elster/umgelagerte Urstromtalbildungen.

5.7. Schwarze Elster und Spree als Nebenflüsse der Elbe

THIEKE (1975) kennzeichnet den Schwermineralbestand der Schwarzen Elster nach Proben aus Dübriichen bei Doberlug-Kirchhain durch Hornblendegehalte über 50%. Entsprechend hohe Werte wurden in den untersuchten Proben der Fraktion 0,1—0,2 mm nur in einem Ausnahmefall (Urstromtalbildungen in Zörnigall bei Wittenberg) gefunden. Hornblendegehalte über 50% treten selten in der Fraktion 0,063—0,1 mm auf. Eine Betrachtung der absoluten Hornblendegehalte in beiden genannten Fraktionen und ihres Verhältnisses zu Augit einerseits und zu Granat andererseits ergab, daß keiner dieser Werte eine Aussage gestattet. Bei komplexer Betrachtung kann man erkennen, daß die Elbeschotter von Luppa (rQM) sowie von Streumen und Übigau (rQE1) stark

hornblende- und augitbetont sind. Das liegt daran, daß diese Elbeläufe aus Richtung Großenhain kamen und den größeren Teil des heutigen Einzugsgebiets der Schwarzen Elster entwässerten. Entsprechende Anteile sind also schon enthalten. Nur die Proben im Westteil der breiten frühelsterglazialen Flußauflage lassen infolge Einmündung westlicher Nebengewässer und entsprechend hoher Granatbeimengungen eine Verdünnung des Hornblendegehalts erkennen.

In den nordischen Material führenden Elbeschottern schiebt sich Hornblende in der mittleren, augitärmeren Folge in den Vordergrund, und zwar schon weit südlich (Neuburxdorf bei Mühlberg), so daß in dieser stratigraphischen Position auch weiter nördlich entnommene Proben mit besonders hohen Hornblendewerten (Mockritz, Schützberg, Holzendorf) kein Hinweis auf Einmündung der Schwarzen Elster sind. In Schützberg, Buckau und Holzendorf fallen die basalen Proben der Frühsaaleterrasse (rQS1) durch Hornblendereichtum auf, besonders im Verhältnis zu Granat. Hier scheint die Schüttung durch lokale östliche Nebengewässer begonnen worden zu sein, ein Hinweis auf die Schwarze Elster. Bei den weichselglazialen Schottern der Niederterrasse fällt der besondere Hornblendereichtum der Proben von Falkenberg/Elster auf (Hornblende:Granat > 2). Diese Werte unterscheiden sich deutlich von den weiter westlich beobachteten Hornblendegehalten der Niederterrasse (nur die oberste, holozäne Probe von Schützberg ist vergleichbar). Wir meinen, daß sich hier die Einmündung der Schwarzen Elster abzeichnet. Abschließend sei festgestellt, daß echte Schotter der Schwarzen Elster mit den zu erwartenden niedrigen Augitgehalten nicht unter den von uns untersuchten Proben sind.

Die Spree läßt sich nach THIEKE (1975) durch Analysen von Cottbus und bei Müllrose wie folgt kennzeichnen:

Granat	24–31%; Mittelwert 27%
Epidot	7–13%; Mittelwert 11%
Hornblende	17–29%; Mittelwert 22%
Augit	3–5%; Mittelwert 4%

Der absolute Schwermineralgehalt der Spree dürfte relativ niedrig liegen und in den angegebenen Werten durch nordisches Material (Granat, Hornblende, Epidot) überdeckt sein. Eine eindeutige Charakterisierung, namentlich durch die Gruppe der Metamorphen, steht noch aus.

6. DIE SCHWERMINERALFÜHRUNG GLAZIFLUVIATILER SEDIMENTE

Aus dem Arbeitsgebiet stehen zur Ergänzung der Untersuchungen an fluviatilen Sedimenten auch 58 Schwermineralanalysen glazifluvialer Bildungen zur Verfügung. Die wichtigsten Befunde sind in Tab. 6 zusammengestellt. Diese Analysen wurden angefertigt, um den Sedimentationsverlauf in mächtigen Rinnenablagerungen bzw. einem bedeutenden Sanderkomplex zu studieren, oder sie fielen bei der Untersuchung mehrgliedriger Profile mit fluviatilen Sedimenten nebenbei an. Durch südliche Komponenten weitgehend unbeeinflusste Schmelzwasserbildungen lassen sich wie folgt kennzeichnen:

- Epidot, Granat und Hornblende in ungefähr gleichen Anteilen
- ca. 9–15% Stabile (Turmalin, daneben Rutil und Zirkon)
- ca. 10–15% Metamorphe, wobei Disthen über Sillimanit und oftmals auch über Staurolith und Andalusit dominiert
- Topas und Augit treten nur sehr untergeordnet auf

Tab. 6. Schwermineralanalysen glazifluviatiler Sedimente im mittleren Saale—Elbe-Gebiet
Fraktion 0,1—0,2 mm. Zahlen in %. (TT = Tertiär allgemein)

Ort der Probenahme	Stratigraphisch-geotectische Position	Anteile an Epidot/Gra-nat/Hornblende	Vormacht bei den Metamorphen	Gehalt an Stabilen	Beurteilung (Beeinflussung fluvial, oder durch TT)	Art der fluvialen Beeinflussung (Flußgebiet, Mineral)
Wildschütz	gfQE Toteisloch	22/20/28	Disthen	9	normal gf	—
		21/26/24	Disthen	11	normal gf	—
		22/22/22	Disthen	10	normal gf	—
		23/21/24	Staurolith	17	TT	—
Trossin	gfQS/Endmoräne	20/30/22	Staurolith	12	normal gf	wenig; Mulde?
	gfQE	19/19/36	Staurolith	5	normal gf	wenig; Mulde?
Falkenberg/Elster-Nord	gfQE Rinne	23/24/19	Disthen	13	normal gf	—
		31/24/15	Disthen	11	normal gf	—
		31/22/14	Disthen	14	normal gf	—
		25/22/21	Disthen	13	normal gf	—
Holzdorf	gfQE/Glazialwanne	16/18/26	Disthen	16	normal gf	Elbe (Aug 5%)
		16/25/24	Disthen	14	normal gf	Elbe (Aug 6%)
Coswig	gfQE/Glazialwanne	17/18/18	Disthen	13	normal gf	Elbe (Aug 7%)
Selbitz	gfQE/Glazialwanne	22/26/23	Disthen	11	normal gf	—
		24/08/13	Andalusit	37	TT	Saale? (Epi, And)
Merschütz	gfQE/Endmoräne	11/34/33	Disthen	10	fluvial	Zschopau/Flöha (Gra, Hbl)
Torgau-Pflückuff	gfQE flächig	43/03/17	Disthen	13	fluvial	Saale? (Epi)
		42/01/16	Staurolith	21	fluvial und TT	Saale? (Epi)
Großwig	gfQS Endmoräne	38/02/08	Staurolith	20	fluv. + TT	Saale? (Epi)
		33/04/11	Disthen	22	fluv. + TT	Saale? (Epi)
		26/13/22	Staurolith	18	TT	—
		27/20/14	Staurolith	16	normal gf	—
Falkenberg/Elster-Ost	gfQE Rinne	11/26/24	Disthen	7	fluvial	Elbe (Aug, Gra)
		02/19/02	Disthen	30	TT	wenig Elbe
		01/11/07	Disthen	43	TT	—
Schützberg	gfQE/Glazialwanne	46/13/18	Andalusit	9	fluvial	Saale (Epi, And)
Linda	gfQE/Glazialwanne	04/14/18	Staurolith	20	fluv. + TT	Elbe (Aug, Sil)
Jühnsdorf	gfQE	12/33/26	Disthen	13	fluvial	Elbe (Aug, Gra)
Delitzsch (15 Analysen)	gfQE/Rinne oberer Teil	16/22/40	Staurolith	9	} Hornblende-Vormacht	Mulde? (Hbl)
		08/13/57	Disthen	5		Mulde? (Hbl)
Luppa (12 Analysen)	gfQS/Sander oberer Teil	17/08/57	Staurolith	8	} Hornblende-Vormacht	?
		11/15/53	Andalusit	5		?
Eilenburg	gfQE flächig	10/21/46	Staurolith	12	} Hornblende-vormacht	?
		12/26/33	Andalusit	11		Elbe? (Aug)
		05/18/47	Andalusit	15		?

Abb. 16. zeigt das Verhältnis Epidot/Granat/Hornblende; das mittlere Feld, das die Bezeichnung „Normalfazies“ trägt, umfaßt die Proben, in denen etwa ausgeglichene Verhältnisse dieser drei Hauptbestandteile verwirklicht sind. In Verbindung mit dem Vorherrschen des Disthens bei den Metamorphosen ist dieses Normalverhalten eher die Ausnahme (Wildschütz, Falkenberg/Elster-Nord, Holzdorf, Coswig, eine Selbitzer Probe), weil vielfältige Beeinflussungen durch das lokale Liegende des Gletschers und auf seinem Wege aufgenommene tertiäre und quartäre Sedimente die Regel sind. Gering ist dieser Einfluß in Trossin (Staurolithvormacht beweist Muldeeinfluß), in Holzdorf und Coswig (Augitanteile sprechen für Elbeeinfluß); er wird stärker bei Proben mit über 16% Stablen (Tertiäreinfluß, z. B. in Großwig); Proben mit hohen Epidotgehalten weisen auf Aufarbeitung von Saaleschottern hin (Torgau—Pflückuff; Großwig und Selbitz zum Teil); erhöhte Granat- und Hornblendewerte und dadurch verringerte Epidotgehalte zeigen dagegen Einflüsse des Mulde—Elbe-Systems an (Merschütz, Falkenberg/Elster-Ost). Meist gehen diese Erscheinungen einher mit einer Verschiebung innerhalb der Metamorphosen weg vom Disthen in Richtung auf Staurolith und Andalusit.

Ein bemerkenswertes Phänomen ist das Auftreten sehr hornblendereicher Schmelzwasserbildungen („hornblendeбетonte Fazies“ im rechten unteren Teil des Diagramms Abb. 16); sie umfassen die Proben der Profile Delitzsch (elsterglaziale Rinnenfüllung), Luppa (saaleglaziale Sanderbildungen) und Eilenburg (elsterglaziale Nachschüttbildungen). Die Hornblendegehalte liegen zwischen 35 und 71% (Mittelwert Delitzsch 49%, Luppa 55%, Eilenburg 42%); sie erreichen in den Profilen dort die höchsten Werte, wo die nordischen Komponenten überwiegen, d. h. im Profil Delitzsch im unteren, im Profil Luppa im oberen Teil. Hilfreich für die Deutung dieser Faziesunterschiede werden Vergleiche mit weiter nördlich gelegenen Gebieten sein. Die mittleren Gehalte der drei betrachteten Minerale liegen nach den von HENNINGSEN (1983) und WEYRICH (1963) mitgeteilten Analysendaten für Niedersachsen und SW-Mecklenburg im Punkt N (Abb. 16), d. h. in dem als „Normalfazies“ bezeichneten Bereich, für das nördliche und östliche Mecklenburg im Punkt M' (unsere „hornblendeбетonte Fazies“). Punkt M gilt für die Analysen aus Mecklenburg insgesamt. Möglicherweise pausensich auch in den glazifluviatilen Sedimenten des südlichen Gebietes die wechselnden Eisstromrichtungen durch.

Zum Abschluß soll die vertikale Entwicklung der mächtigen glazifluviatilen Sedimentkörper in Rinnen und Sandern betrachtet werden. Sie wird im Diagramm Augit/Granat/Epidot (Abb. 17) veranschaulicht. Analysen des Delitzscher Rinnensystems zeigen von unten nach oben eine Zunahme des Granats (steigender Einfluß der Mulde) und eine Abnahme des Augits (zunehmende Überdeckung der Elbeanteile, die der Gletscher auf seinem Weg mitgeführt hatte) sowie eine leichte Abnahme des Epidots infolge der Abnahme des nordischen Anteils allgemein. Diese Beobachtungen stehen im Einklang mit Ergebnissen früherer Arbeiten, wonach das Delitzscher Rinnensystem während der Elstervereisung glazihydromechanisch angelegt und in seinen tieferen Teilen durch glaziäre Bildungen, in den hangenden Teilen von Süden und Osten her zunehmend auch durch fluviatile Sedimente verfüllt wurde. Der Dahlemer Sander ergab bezüglich Augit die gleiche Abnahme von unten nach oben, hier jedoch in Verbindung mit einer ähnlichen Abnahme des Granats nach oben, ein Zeichen dafür, daß der südliche Anteil nach oben generell abnimmt und der nordische steigt. Dementsprechend steigen auch die Epidotwerte nach oben an, die wir aus geographischen Gründen hier nicht als umgelagertes Saalematerial, sondern als ausschließlich nordisch interpretieren möchten.

Die Betrachtungen der Schwermineralspektren glazifluviatiler Sedimente sei mit dem Hinweis beschlossen, daß die Schwermineralspektren allein eine Unterscheidung von gewissen Flußschottern nicht zulassen. Schon ein Vergleich der Abb. 16 mit Abb. 6, die ebenfalls das Verhältnis Epidot/Granat/Hornblende zeigt, macht die Überschneidung mit der Schwermineral-Zusammensetzung gewisser Saale—Elster—Mulde-Schotter deutlich.

7. REGIONALE VERGLEICHE

Die Schwermineralspektren der bisher behandelten Flüsse sind in Abb. 22 und Tab. 9 gemeinsam mit denen der im Westen (Werra, Leine, Innerste) und im Osten (Neiße) benachbarten Flüsse dargestellt worden. Es soll auf Unterscheidungsmöglichkeiten und Gemeinsamkeiten hingewiesen werden. Im Anschluß daran soll der Einfluß der sächsisch-thüringischen Flüsse auf die Schwermineral-Zusammensetzung im Unterlauf, und zwar in den Niederlanden, betrachtet werden.

7.1. Das Elbe-System mit Saale und Mulde

Auf den Abb. 23 und 24 werden zwei durch die erörterten neuen Befunde revidierte Karten zur Flußgeschichte des Mittelelbe—Saale-Gebietes vorgelegt. Sie können in diesem Rahmen nur in allgemeinen Zügen erläutert werden.

Die Flußgeschichte des vorgestellten Raumes spiegelt wesentliche Züge der Flußentwicklung in Mitteleuropa während des jüngeren Känozoikums wider. Sie steht in enger kausaler Beziehung zu drei überregionalen Erscheinungen: Der stufenweisen tektonischen Heraushebung der Mittelgebirge im Verlaufe des mittleren und jüngeren Tertiärs, der zweimaligen mehrphasigen Vergletscherung des Gebietes bis zum Fuß der Mittelgebirge und des Übergangs von warm-gemäßigten Klimabedingungen mit intensiver chemischer Verwitterung im Tertiär zu gemäßigtem bis feucht-kühlem und kalt-aridem Klima im Quartär mit dominierender physikalischer Verwitterung. Von der Oberen Frühpleistozänen Schotterterrasse des Gebietes an herrschten zeitweise Bedingungen ständiger Bodengefrorennis (Permafrost).

Vor der Heraushebung der heutigen Mittelgebirge gehörten noch weite Teile des südlichen Hinterlandes zu den Einzugsgebieten der thüringischen und sächsischen Flüsse. So wurden während des mittleren Tertiärs offenbar noch beträchtliche Flächen Böhmens über die Leipziger Tertiärbucht entwässert. Einzig die Elbe hat sich gegen die Heraushebung ihres mittleren Laufabschnitts bis zum heutigen Tag durchgesetzt. Bis zu Beginn der Elstervereisung finden sich vielfach noch „Erinnerungen“ an das bezüglich der dominanten Untergrundstrukturen oder Abdachung konsequente tertiäre Tal- bzw. Flußsystem. Die aus der Zeit des älteren Pleistozäns bekannten größeren Bifurkationen beispielsweise der Saale und Zwickauer Mulde dürften altererbte Anlagen haben.

Bei noch überwiegender chemischer Verwitterung im jüngeren Tertiär existierten breite Flachmuldentäler. Mit Beginn der kühlen Klimaabschnitte entwickelten sich aus ihnen die linearen Kerb- und Sohlentäler, durch die die Laufrichtung der Flüsse bis zu Beginn der Elstereistransgression verhältnismäßig fest determiniert war.

Schon im Frühpleistozän bis zu Beginn der Elstervereisung hatten sich in den Hügelländern breite Sohlentäler mit mächtigen Schotterplatten auf dem Talgrund gebildet, die sich beim Eintritt in das Tiefland rasch zu ausgedehnten kegelartigen Schwemmfächern erweiterten. Zu Beginn der Elstervereisung waren im Tiefland zwischen Saale und Elbe mehr als 30% der Fläche in Flußschottern allein aus der Zeit Cromerkomplex/frühe Elstereiszeit ertrunken. Es bot sich das Bild einer weiten Flußlandschaft aus terrassenförmig angeordneten Schotterplatten, aus denen einzelne flache Rücken aus tertiären und älteren Gesteinen herausragten. Die ebene Landschaft bot in den kühlen Abschnitten mit hohem Schuttangebot und der Schotterakkumulation bis in die Höhe der niedrigen Wasserscheiden günstige Voraussetzungen für Laufverlegungen, auch des Einbruchs in fremde Einzugsgebiete. Wir sehen darin eine wesentliche Ursache der komplizierten Laufänderungen oder Flußaufgabelungen in der Zeit des jüngeren Frühpleistozäns bis zu Beginn der Elstervergletscherung, so im System Zwickauer Mulde

(Connewitzer, Altenhain—Meuroer und Altenhain—Großwiger Muldelauf), Oschatzer Mulde, Elbe und Saale (Lützen—Schkeuditzer und Leipziger Saalelauf).

Die gravierendsten Laufänderungen wurden durch die Verschüttung der Täler mit mächtigen Moränenmassen während der Elster- und Saaleeiszeit erzwungen. Die Saale, die vor der Elstervereisung einen starken Arm durch das Zentrum der Leipziger Bucht entsandte, wurde schrittweise ganz aus der Bucht verdrängt und nimmt seit dem Saalespätglazial den bezüglich Gesteinhärte und Morphologie ganz „unvernünftigen“ Weg durch das Hallesche Porphyrgbiet. Zschopau, Flöha und Striegis strömten als Oschatzer Muldelauf vor der Elstervereisung über Döbeln und Oschatz nach Norden. Mächtige Moränenmassen verbauten sowohl der Freiburger Mulde als auch der Zschopau—Flöha und Striegis den Weg bei Nossen bzw. Döbeln nach Norden. Sie wandten sich in der Folgezeit nach Westen und flossen bis zu Beginn der Saalevereisung durch die Leipziger Bucht. Am Ende dieses Glazials mußten sie auch diesen Weg aufgeben und sich ein Tal durch die widerständigen Porphyrfelsen zwischen Grimma und Wurzen bahnen.

Die Elbe hat seit dem jüngeren Tertiär eine wechselvolle Laufgeschichte hinter sich gebracht. Bereits im älteren Frühpleistozän gab sie ihre generelle Nordostrichtung auf. Im jüngeren Frühpleistozän fand sie in einem weiten Bogen sogar einmal einen Weg durch die Dahlemer Bucht. Der Lauf von Dresden über Meißen existiert erst seit dem späten Elsterglazial.

Kurz zusammengefaßt ergibt sich, daß die sächsisch-thüringischen Flüsse im Laufe des jüngsten Tertiärs und Quartärs mehrfach, einige zweimal, andere bis fünfmal ihre Laufrichtung wechselten. Die Laufänderungen haben ihre Ursachen im wesentlichen in exogenen Prozessen und ihren Wirkungen. Die Abhängigkeit der Gewässer- und Talrichtung von den Untergrundstrukturen ist im Laufe der quartären Entwicklung immer geringer geworden.

7.2. Werra, Leine und Innerste

Die Werra ist nach ELLENBERG (1975) durch einen mit 55% sehr hohen Gehalt an stabilen Schwermineralen charakterisiert. Dabei steht Zirkon mit durchschnittlich 32% deutlich im Vordergrund, gefolgt von Turmalin. Diese Minerale wurden vorwiegend aus dem Buntsandstein zugeführt. Die Hornblende-, Granat- und Epidotanteile lassen sich aus dem Thüringer Wald, in erster Linie aus seinen Kristallingebieten, ableiten; die stets enthaltenen Augite entstammen den Rhönbasalten.

Auch die Leine enthält nach ASCHRAFI (1981) große Mengen stabiler Schwerminerale, und zwar in der Frühsaaleterrasse bei Northeim und Gronau durchschnittlich 44%. Sie sind wie die erstaunlich hohen Apatitgehalte von 19% aus den ausgedehnten Buntsandsteinarealen herzuleiten. Granat und Augit stammen überwiegend aus dem Oberharz. Von den Schwermineralgemeinschaften des Saale-, Mulde- und Elbesystems sind Werra und Leine durch die Armut an Metamorphenen und Topas sowie den hohen Stabil-, insbesondere Zirkongehalt deutlich zu unterscheiden, die Leine weiterhin durch ihre sonst nicht in dieser Höhe bekannt gewordenen Apatitwerte.

Die Innerste ist nach ASCHRAFI (1981) in ihrer Schwermineralführung durch den Brockenpluton und hier wiederum durch dessen basische Anteile geprägt. Dies zeigt sich in dem außerordentlich hohen Augitgehalt, der in der Frühsaaleterrasse des Raumes Salzgitter—Hildesheim im Mittel noch 23% beträgt. Auch Granat ist häufig und ebenfalls aus dem Oberharz abzuleiten. Außerdem sind die Werte für Hornblende und Epidot erhöht. Sie sind wie ein Teil des Granats nordischer Herkunft. Der Gehalt an Stabilen ist zugunsten von Augit zurückgedrängt. So ähnelt das Schwermineralspektrum dem der Bode. Von den gleichfalls augitreichen Elbeschottern unterscheiden sich beide vor allem durch die höheren Gehalte an Stabilen, den weit niedrigeren Gehalt an Metamorphenen (Elbe über 9%, Leine und Innerste bis 5%) und das Fehlen von Topas.

7.3. Neiße und Oder

An zwei Proben aus Wittgendorf nördlich Zittau wurden die frühlsterglazialen Schotter der Neiße untersucht. Typisch ist die reich vertretene Stabilgruppe (63—91%; vgl. Abb. 4); es überwiegt dabei der Zirkon mit 27—37%. Hierfür ist vor allem der Isergebirgsgranit, daneben wohl auch andere Lausitzer Granitoide, verantwortlich. Innerhalb der Metamorphen dominiert Staurolith über Andalusit; Sillimanit fehlt, Topas ist sehr selten. Hornblende, Granat und Epidot sind nur in geringen, mit den übrigen Flußgebieten (abgesehen von der Pleiße) nicht vergleichbaren Mengen enthalten. THIEKE (1975) berichtet, daß in Eisenhüttenstadt noch 50% Stabile (dabei 25% Zirkon) enthalten sind, ein Wert, der im gesamten Berliner Elbelauf nirgends erreicht wird. Auch die bei THIEKE verzeichneten Werte lassen keine eindeutige Kennzeichnung der Neiße-schotter an Hand der instabilen Schwerminerale zu, die in etwa gleichen Mengen wie in Wittgendorf enthalten sind.

Die Oder scheint sich, den wenigen bei THIEKE (1975) zu findenden Angaben zufolge, nicht wesentlich von der Neiße zu unterscheiden. Analysen aus dem Raum Eberswalde zeigen ein Absinken des Anteils der Stabilen auf 20—30%. Die Instabilen verhalten sich wie folgt:

Granat	13—23% (Mittelwert: 18%)
Epidot	10—18% (Mittelwert: 14%)
Hornblende	23—35% (Mittelwert: 29%)
Augit	2—18% (Mittelwert: 10%)

7.4. Sächsisch-thüringische Schwermineralgemeinschaften in niederländischen Flußschottern

ZANDSTRA (1971 und mehrere andere Arbeiten) beschreibt niederländische Schwermineralassoziationen, die sich durch hohe Gehalte an Turmalin, Staurolith und anderen Metamorphen auszeichnen. Zusammen erreichen die genannten Minerale 20—40% des gesamten Schwermineralspektrums, stellenweise sogar 52%. In Rhein-, Maas- und in Scheldeschoottern sind es gewöhnlich unter 10%, immer jedoch unter 20%. In den an Metamorphen und Turmalin reichen Schottern fand ZANDSTRA (1971, 1978) im Feinkiesanteil Thüringer-Wald-Porphyre sowie einen hohen Anteil an Restquarz und Feldspat. ZANDSTRA deutet diese Flußsedimente als Ablagerungen „der ehemaligen östlichen Flüsse mit mitteldeutschen Komponenten“.

Um eines besseren Vergleichs willen wurden aus allen verfügbaren Schwermineralanalysen des Saale—Elbe-Gebietes die mittleren Gehalte an Metamorphen ermittelt und in Tab. 7 in Verhältniswerte umgerechnet. Während die Gehalte der vier ausgewählten Minerale in Korn-% wegen ihrer im einzelnen geringen Beträge nicht überbewertet werden sollen, spiegeln doch die in Zehntel angegebenen Verhältniszahlen die unterschiedliche Zuführung der Metamorphen aus den einzelnen Einzugsgebieten deutlich wider. Danach sind

- Sillimanit in der Elbe
- Andalusit in Saale und Weißer Elster
- Disthen in glazifluviatilen Bildungen
- Staurolith in Bode, Pleiße, Mulde und Neiße

besonders angereichert. Diese Verhältnisse sind bei einer späteren Beantwortung der Frage hinzuzuziehen, ob in vorelsterglazialer Zeit nur die Saale/Elster/Zwickauer Mulde mit der Weser zusammen in Richtung Niederlande geflossen ist oder auch die Elbe selbst mit den entsprechenden Nebenflüssen. ZANDSTRA (1971) stellt für die Enschede-Formation in den Niederlanden fest, „daß sich der Elbe/Saale/Mulde-Einfluß auf das

Tab. 7. Gehalte und Verteilung der metamorphen Schwerminerale im fluviatilen und glazifluviatilen Quartär des mittleren Saale—Elbe-Gebietes

Bei den absoluten Gehalten ist zu beachten, daß nur bei der Weißen Elster und der Zwickauer Mulde die Oberläufe erfaßt wurden.

Flußgebiet	Zahl der Analysen	Gehalte in Korn-% der durchsichtigen Schwerminerale					Verhältniszahlen der metamorphen Schwerminerale in Zehntel			
		Di-sthen	Stau-rolith	Silli-manit	Anda-lusit	Summe Meta-morphe	Di-sthen	Stau-rolith	Silli-manit	Anda-lusit
Bode	4	1,0	1,5	0,5	1,0	4,0	2	4	1	3
Saale	29	0,8	1,0	0,1	2,5	4,4	2	2	0	6
Weiße Elster	8	0,9	0,7	0,0	22,7	24,3	0	0	0	10
Pleiße	3	2,8	5,6	0,1	2,9	11,4	2	5	0	3
Zwickauer Mulde	19	1,7	8,6	0,5	7,7	18,5	1	5	0	4
Zwickauer Mulde/Weiße Elster/Pleiße	5	2,9	5,3	4,3	5,5	18,0	2	3	2	3
Oschatzer und Riesaer Mulde (Zschopau/Flöha/Striegis)	17	1,2	1,9	0,3	1,9	5,3	2	4	0	3
Vereinigte Mulde	6	2,2	2,7	0,7	2,0	7,7	3	4	1	2
Vereinigte Mulde/Weiße Elster/Pleiße	6	1,1	2,8	0,3	2,9	7,1	2	4	0	4
Elbe	125	1,7	2,9	3,1	2,4	10,1	2	3	3	2
Neiße	2	0,7	2,7	0,0	0,8	4,2	2	6	0	2
glazifluviatile Sedimente	58	4,0	3,8	1,7	2,2	11,7	4	3	1	2
Mischbildungen glazifluviatil/Elbeschotter	27	3,6	4,0	2,2	2,4	12,2	3	3	2	2

Sediment deutlich manifestiert. Das gilt in Sonderheit für Topas und die relativ hohen Gehalte an Sillimanit-Fibrolith ...“. In der Tat geben RUEGG & ZANDSTRA (1977) aus dem Weerdinge-Schichtpaket der Urk-Formation Sillimanitgehalte bis 8%, in der Scheemda-Formation sogar bis 9% an. Im Weerdinge-Schichtpaket sind es im Mittel 4,3% (1,8% körniger und 2,6% faseriger) Sillimanit, der hier 19% der Summe Staurolith + Andalusit + Sillimanit ausmacht. Nur in wenigen Analysen aus dem Mulde—Elbe-Gebiet wurden faseriger und glatter Sillimanit unterschieden. Dieses Verhältnis wird in Tab. 8 dargestellt. Es zeigt sich, daß auch hier der faserige Sillimanit überwiegt.

Tab. 8. Verhältnis von faserigem zu glattem Sillimanit im Quartär des Mulde—Elbe-Gebietes

Lokalität	Genese	Probenzahl	Gehalt an Sillimanit (%)			
			0,1—0,2 mm		0,2—0,315 mm	
			faserig	glatt	faserig	glatt
Klöden	Elbeschotter	6	6,2	4,4	8,5	4,4
Prellheide	Muldeschotter	2	0,9	0,7	3,3	1,5
Wildschütz	glazifluviatil ¹⁾	1	1,5	1,0		
		3			9,3	4,4
Summe		9 bis 11	8,6	6,1	21,1	10,3
Verhältnis faserig:glatt			3:2		2:1	

¹⁾ Der Sillimanit stammt wohl größtenteils aus aufgearbeitetem Fluviatil der Elbe.

Was den Topas anbetrifft, so sind in den entsprechenden niederländischen Sedimenten mittlere Gehalte von 2% keine Seltenheit; in Einzelproben wurde bis 7,5% Topas festgestellt. Rhein/Maas- sowie Scheldeschosotter sind genauso topasfrei wie skandinavisches Material.

HENNINGSSEN (1983) konnte in glazifluviatilen Sedimenten Niedersachsens keinen Topas feststellen, obwohl dieser infolge Aufarbeitung von Flußschotter vorkommen müßte, wenn die Flüsse aus Südosten den Raum Niedersachsen passiert hätten. Er vermutet deshalb die Herkunft des in niederländischen Sedimenten auftretenden Topases aus dem Rhein—Main-Gebiet. In Einzelangaben von Topas im niedersächsischen Raum vermutet er Fehlbestimmungen und warnt vor der Verwendung des Topases „für weitreichende paläogeographische Rekonstruktionen“. Wir halten Topas dagegen für unverzichtbar gerade für paläogeographische Schlußfolgerungen; mit geeigneten Methoden ist er bestimmbar (vgl. Abschnitt 2.). Wegen der Koppelung mit den metamorphen Schwermineralen halten wir an der Ableitung des niederländischen Topases aus dem Muldegebiet fest.

Wegen der Befunde bei Sillimanit und den anderen Metamorphen sowie Topas sehen wir zumindest im Weerdinge-Schichtpaket der Urk-Formation Schotter nicht nur des Saale—Mulde-, sondern auch des Elbe-Systems. Damit können auch die hohen Granatgehalte, ein Teil der vorhandenen Hornblende und der nur mit 2% enthaltene Augit auf diese Flüsse zurückgeführt werden, der Epidot z. T. auf die Saale. Es liegt nahe, diese bereits augitführenden Schotter, die in der Niederlanden in den Cromer-Komplex gestellt werden, mit der Frühelsterrasse (Streumener Elbelauf) zu parallelisieren. Dies steht in Übereinstimmung mit der unter 5.6.2. wahrscheinlich gemachten Fließrichtung des Streumener Elbelaufes nach Nordwesten, wo bei Wittenberg bereits sämtliche Muldearme enthalten sind.

Älter sind die Schotter der Enschede-Formation, die bezüglich der metamorphen Schwerminerale dem Weerdinge-Schichtpaket entsprechen, die aber weniger Topas und weniger Augit (0 bis 1%) enthalten. Sie sollen vorläufig mit der Unteren Frühpleistozänen Terrasse (Dahlener Terrasse) verglichen werden, in der Augit ebenfalls reduziert ist. Noch älter ist die Harderwijk-Formation, in der nach ZANDSTRA (1971) Partien mit Beträgen für die Metamorphen und Turmalin bis über 15% auftreten; kennzeichnend sind weiter Hornblende, Epidot und viel Granat, dazu 1—5% Augit. Gleich alte Rheinschotter sind durch ein deutliches Überwiegen von Epidot, Zirkon und Rutil gekennzeichnet, während die Metamorphen und Turmalin unter 10% bleiben. Diese

Tab. 9. Typische Schwermineralgemeinschaften quartärer Flüsse zwischen Werra und Neiße
Die Tabelle entspricht der graphischen Darstellung in Abb. 22 — Zahlen in Korn-%

Flußgebiet	Ort Stratigraphie (Autor)	Zahl der Analysen	Turnalin	Zirkon	Rutil	Anatas und Brookit Titanit	Summe Stabile	Disthen	Staurolith	Sillimanit	Andalusit	Summe Metamorphe	Topas	Granat	Epidot	Hornblende	Augit	Summe Instabile	Apatit	Sonstige	Summe	
Werra	— Mittelterrassen (ELLENBERG 1975)	—	15,5	30,2	1,9	8,8	56,3					0,4	—	3,2	10,1	21,6	5,0	39,9	n. a.		96,6	
Leine	Northeim, Gronau rQS1 (ASCHRAFI 1981)	26	14,5	27,8	2,2	+	+	44,6	+	+	+	—	0,1	—	27,7	1,8	0,8	5,3	35,6	19,2	—	99,5
Innerste	Salzgitter—Hildes- heim; rQS1 (ASCHRAFI 1981)	10	4,0	12,6	2,6	+	0,1	19,3	2,1	1,9	1,0	0,1	5,1	—	23,1	8,6	17,8	22,6	72,1	3,7	0,3	100,5
Bode	Quedlinburg rQS1	4	16,0	1,8	1,0	0,4	—	19,2	1,0	1,5	0,5	1,0	4,0	0,3	27,7	20,2	6,4	21,4	75,7	0,6	0,1	99,9
Saale	Lützen rQE1	3	4,0	2,9	2,4	—	—	9,3	0,3	0,3	—	2,2	2,8	1,2	10,1	51,7	21,9	0,9	84,6	2,2	—	100,1
Weißer Elster	Pegau rQEb	3	14,6	5,9	3,7	0,2	0,1	24,5	0,6	0,4	—	30,0	31,0	28,0	3,6	11,8	0,7	0,1	16,2	0,1	0,1	99,9
Pleiße	Altenburg rQS1	3	17,7	7,3	8,2	0,3	—	33,5	2,8	5,6	0,1	2,9	11,4	41,4	1,7	7,3	4,5	—	13,5	0,1	—	99,9
Vereinigte Mulde	Bad Dübener rQE2n	2	4,7	2,5	0,7	—	—	7,9	3,1	2,9	0,8	2,7	9,5	6,4	41,3	16,2	15,1	2,8	75,4	0,7	—	99,9
Zwickauer Mulde	Colditz rQEb	3	13,5	8,3	7,3	0,4	—	29,5	2,4	13,3	0,1	4,7	20,5	37,0	2,1	7,6	3,1	—	12,8	—	0,1	99,9

Oschatzer Muldelauf (Zschopau/ Flöha/ Striegis)	Torgau-West rQE1	1	2,7	2,2	2,2	0,3	—	7,4	0,3	1,0	0,2	0,2	1,7	1,7	68,7	7,0	10,3	3,2	89,2	—	—	100,0
	Strehla-Görzig rQE1	1	5,0	1,0	3,3	—	0,1	9,4	0,9	5,6	—	1,9	8,4	6,2	61,3	5,3	4,7	1,7	73,0	3,0	—	100,0
Elbe	Mühlberg rQW	6	1,9	1,9	2,4	0,1	0,2	6,5	1,0	1,4	1,3	1,4	5,1	1,2	17,2	2,2	24,8	42,8	87,0	0,4	—	100,2
	Coswig/Anh. rQHo	3	2,1	2,3	0,7	—	—	5,1	1,5	2,6	2,5	2,1	8,7	1,7	21,2	6,9	28,4	27,5	84,0	0,5	—	100,0
	Teltow-Hochfläche; rQS1	3	2,9	4,5	1,0	—	0,5	8,9	1,0	1,9	4,8	1,2	8,9	0,6	16,5	4,9	25,7	33,9	81,0	0,7	—	100,1
Neiße	nördlich Zittau rQE1	2	24,7	32,1	12,9	5,7	1,6	77,0	0,7	2,7	—	0,8	4,2	—	1,5	0,7	9,3	5,7	17,2	0,7	—	99,1

Fluß	Ort Stratigraphie (Autor)	Stabile	Staurolith	Andalusit	Sillimanit	Topas	Granat	Epidot	Hornblende	Augit	Apatit	Zahl der Analysen
Werra	Mittelterrassen (ELLENBERG 1975)											
Leine	Northeim-Grana f QS1 (ASCHRAFI 1981)											26
Innerste	Salzgitter-Hildesh. f QS1 (ASCHRAFI 1981)											10
Bode	Quedlinburg f QS1											4
Saale	Lützen f QE1											3
Weiß Elster	Pegau f QEb											3
Pleiße	Altenburg f QS1											3
Vereinigte Mulde	Bad Döben f QE2n											2
Zwickauer Mulde	Colditz f QEb											2
Zwickauer Mulde	Kemberg f QE-M											2
Zschopau mit Flöha und Striegis	Torgau-West f QE1											1
	Strehla f QE1											1
Elbe	Mühlberg f QW											6
Elbe	Coswig/Anh. f QHo											3
Elbe	Teltow f QS1											3
Neiße	nörtl. Zittau f QE1											2

0,4	0,4	1	2	4	7	10	14	mm
< 1	1-2	3-5	6-9	10-15	16-25	26-40	>40	%

Abb. 22. Typische Schwermineralgemeinschaften quartärer Flüsse zwischen Werra und Neiße

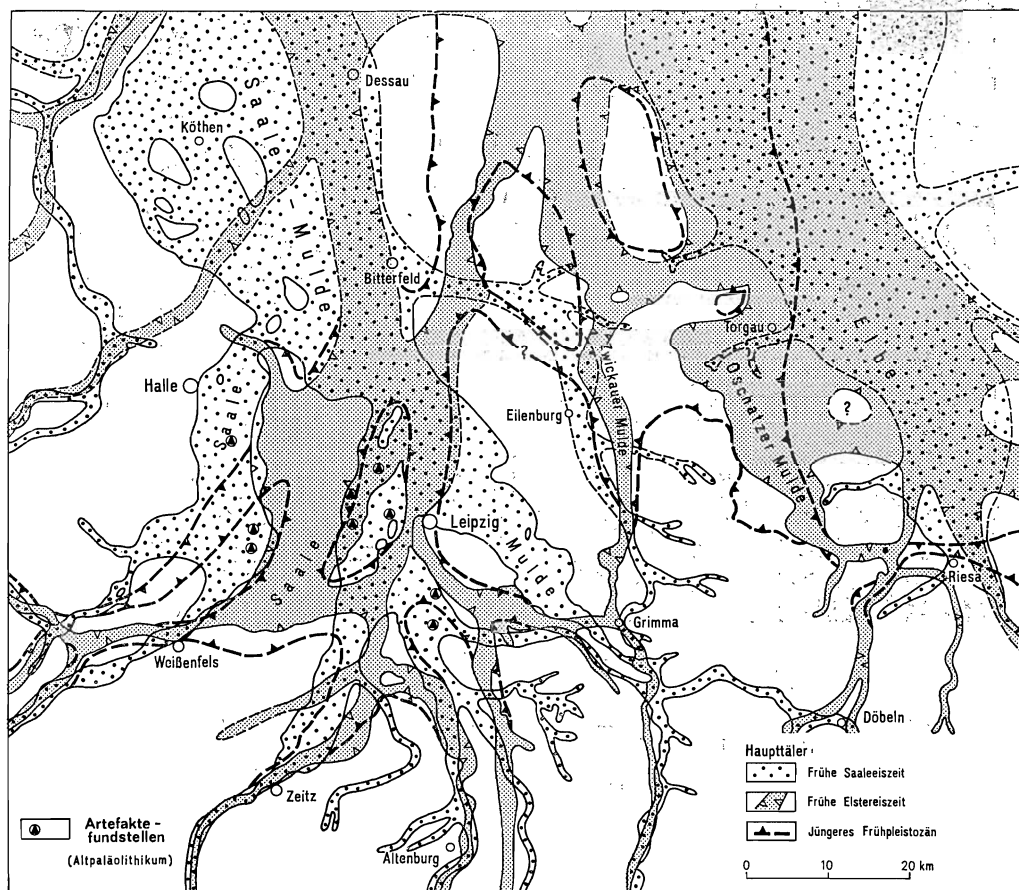


Abb. 23. Die präweichselglazialen Täler des mittleren Saale—Elbe-Gebietes. Aus EISSMANN 1981, Abb. 46; ergänzt

Anmerkung zu S. 48:

Neue Schwermineralanalysen aus Piskowitz ergaben neben hohen Sillimanitgehalten Augitwerte von 3,8 bzw. 3,2%. Augit fehlt im Senftenberger Elbelauf und ist im Bautzener Elbelauf nur zu 0—2,5% enthalten (GENIESER & DIENER 1958). So scheint sich ein Piskowitzer Elbelauf im Sinne von SCHUBERT (1976) zu bestätigen, denn durch glazigene Umlagerung aus jüngeren „präglazialen“ Elbeschottern kann das Elbematerial nur bei Annahme einer nach Südosten gerichteten Eisbewegung an die Lokalität Piskowitz verfrachtet worden sein, und das ist wenig wahrscheinlich. Auf der anderen Seite wäre für einen kaltzeitlichen Elbeschotter ein weitaus höherer Augitgehalt (10%) zu erwarten. Lösungsformen an Augiten, die für eine sekundäre Reduzierung sprechen, könnten diesen Widerspruch auflösen. Eine endgültige Klärung kann erst erfolgen, wenn die Augitgehalte sicherer Schmelzwassersedimente des Kamenzer Raumes zum Vergleich herangezogen werden können.

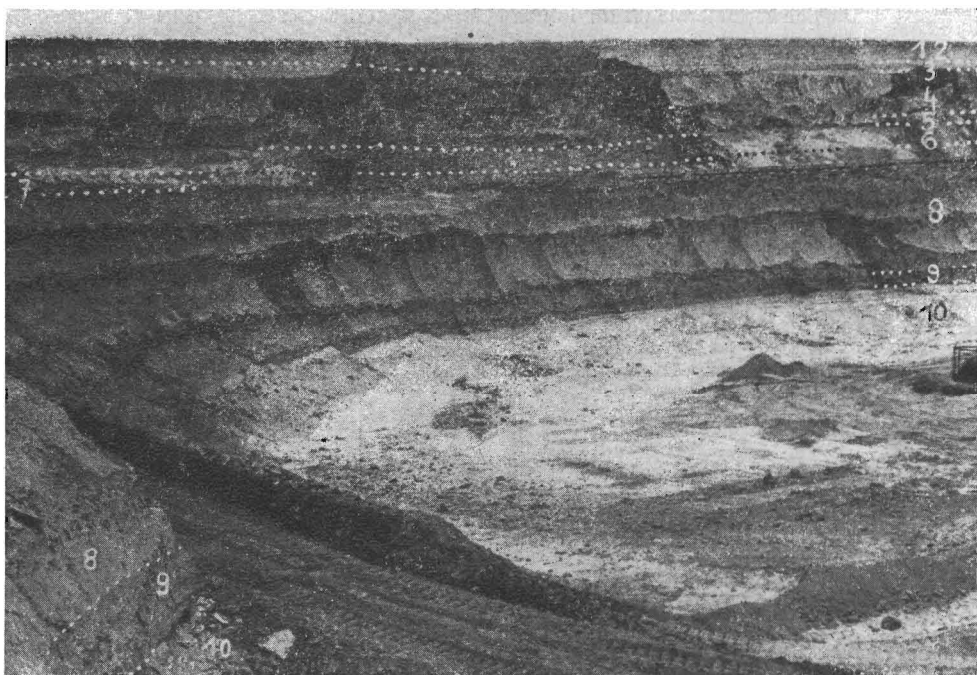


Abb. 25. Unter mächtigen Ablagerungen des Inlandeises (2, 5, 8) begrabene Flußschotter-Terrassen (6, 10) im Tiefland südlich von Leipzig

1 — weichseleiszeitlicher Sandlöß, 2 — Saalegrundmoräne, 3 — saaleeiszeitlicher Böhlemer Bänderton, 4 — Obere Elstergrundmoräne, 5 — elstereiszeitlicher Miltitzer Bänderton, 6 — elstereiszeitliche Mischschotter (glazifluviatil und fluvial), 7 — elstereiszeitlicher Brösener Bänderton, 8 — Untere Elstergrundmoräne, 9 — elstereiszeitlicher Dehlitz-Leipziger Bänderton, 10 — frühelstereiszeitliche Schotterterrasse der Pleiße

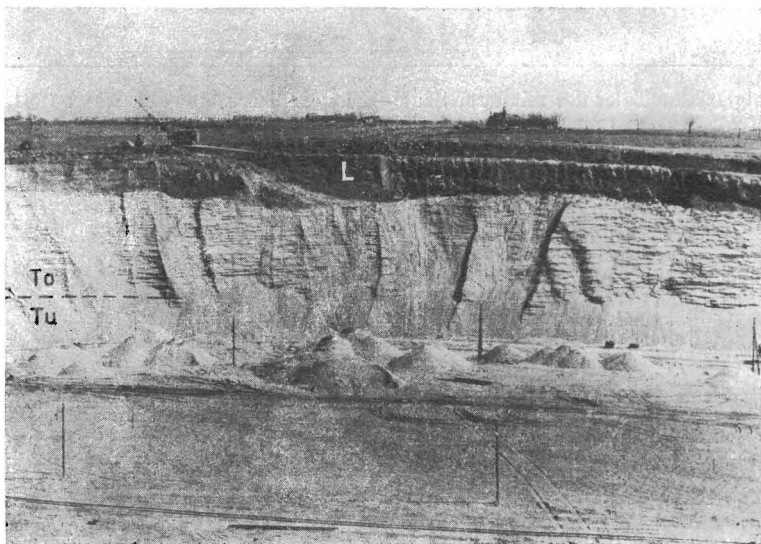


Abb. 26. Durch Löß und Fließerde (L) der Weichseleiszeit bedeckter, extrem mächtiger, zweigeteilter saaleeiszeitlicher Schotterkörper der Zwickauer Mulde (To, Tu) im Mittelsächsischen Hügelland bei Rochlitz. Unter den periglazialen Bedingungen der Saaleeiszeit „ertrank“ das Tal bis fast zur Schulter in wohlgeschichteten Schottern aus Sand und Kies

Formation wird in die Eburon-Kaltzeit und die angrenzenden Interglaziale gestellt. Die Schotter mit Anteilen des Mulde/Elbe-Systems könnte man mit der Mittleren Frühpleistozänen Terrasse (Schildauer Elbelauf) parallelisieren. Abschließend sei erwähnt, daß auch in der Tegelen-Formation, die etwa mit der Oberen Frühpleistozänen Terrasse gleichgestellt werden kann, Partien mit deutlichen Anteilen aus dem Mulde/Elbe-System vorliegen.

Während das Elbe/Saale/Mulde-System im Fluviatil der Niederlande bis zur Elster-eiszeit als nachgewiesen betrachtet werden kann, erscheint seine Beteiligung im Zeitraum Holsteinwarmzeit/Frühsaalekaltzeit nicht als gesichert. DE JONG (1965) erwähnt unter Bezugnahme auf TER WEE (1962), daß in der frühsaaleglazialen Emmen-Formation neben Anteilen des Rheins auch solche der zentraleuropäischen Flüsse auftreten; TER WEE (1962) erwähnt in diesem Zusammenhang als fraglich auch die Elbe. Diese Hinweise ergeben sich aus Schwermineralen wie Geröllen. Sollten sich die Befunde bestätigen und die genannten Anteile nicht nur durch Aufarbeitung älteren fluviatilen Materials zu erklären sein, so würden wir hierfür höchstens die Saale mit der Mulde, nicht aber die Elbe selbst in Anspruch nehmen können, die in dieser Zeit direkt nach Norden floß (Berliner Elbelauf).

Für den Zeitraum nach der Saalevereisung gibt es nach DE JONG (1965) keine Anzeichen für eine Beteiligung von Flüssen des Elbe—Saale-Systems. Es können folgende Schlußfolgerungen gezogen werden:

1. Die Elbe floß mit Saale und Mulde im Frühpleistozän bis zur frühen Elstereiszeit nach Nordwesten und muß, ehe sie die Niederlande erreichte, auch die Weser aufgenommen haben. In der Elstereiszeit wurden diese Abflußwege verschüttet; die Elbe suchte sich danach getrennt von Weser und Saale ihren Weg nach Norden. Von diesem Zeitpunkt an sind in den Niederlanden keine Elbeschotter mehr zu erwarten. Erst nach der Saaleeiszeit vereinigte sich die Elbe wieder mit der Saale und fließt seitdem nach Nordwesten, nun jedoch in Richtung auf die heutige Elbmündung, ohne die Weser aufzunehmen.

2. Nicht nur Turmalin, Topas und die metamorphen Schwerminerale weisen in den Niederlanden auf Zufuhr aus dem Saale/Mulde/Elbe-Gebiet hin; auch gewisse Beträge an Epidot (Weser; Saale), Hornblende (Elbe; Mulde) und Granat (Mulde; Elbe) sowie vom jüngeren Frühpleistozän an Augit (Elbe) sind aus dieser Richtung herzuleiten. Dies ist bei der Frage der Mischung von Rhein/Maas-Schottern und östlichem Material zu berücksichtigen. Vor quantitativen Vergleichen des Augits der Elbeschotter und im niederländischen Material sei gewarnt, weil Augit auf seinem Weg bis in die Niederlande stark reduziert worden sein könnte.

ZUSAMMENFASSUNG

Schwermineralanalysen ergänzen die überwiegend geröllanalytisch vorgenommene Kennzeichnung quartärer Flußablagerungen in wesentlichen Punkten. Im mittleren Saale—Elbe-Gebiet bietet sich die Schwermineralanalyse für paläogeographisch-flußgeschichtliche Arbeiten an, weil sich die Einzugsgebiete durch sehr unterschiedliche Schwermineralspektren und große Schwermineralmengen auszeichnen. So wird die Saale durch Epidot, die Weiße Elster durch Topas, die Zwickauer Mulde durch Topas und Granat, die vereinigte Zschopau/Flöha/Striegis (Oschatzer Mulde) durch Granat, die Elbe durch Augit und die Neiße durch Zirkon charakterisiert. Unter den „metamorphen“ Schwermineralen sind die Gehalte an Sillimanit in Elbeschottern, an Staurolith in Muldeschottern, an Andalusit in Sedimenten der Saale und der Weißen Elster und an

Diäthen in glazifluviatilen Sedimenten erhöht. Mit Hilfe dieser Unterschiede lassen sich zahlreiche Laufverlegungen nachweisen und paläogeographische Fragen lösen. So können spezielle Aussagen zum Problem der Mündung der Oschatzer und der Zwickauer Mulde in die Elbe im Zeitraum vor der ersten Elstereisbedeckung gemacht werden. Weiterhin kann der differenzierte räumlich-zeitliche Verlauf der fluviatilen und glazifluviatilen Füllung der sogenannten Elbtal-Glazialwanne, einer exarativ und glazi-hydro-mechanisch geformten Destruktionszone, genauer nachgezeichnet werden. Ihre Sedimentfüllung erstreckt sich von der Zeit nach dem ersten elsterglazialen Eisvorstoß bis in die frühe Saaleeiszeit. Mit Hilfe der nachgewiesenen Laufverlegungen, aber auch durch die Zunahme der „instabilen“ Schwerminerale Granat, Epidot, Hornblende und Augit im Laufe des Quartärs lassen sich auch quartärstratigraphische Aussagen ableiten.

Darüber hinaus werden aus den ca. 330 vorliegenden Schwermineralanalysen folgende Schlußfolgerungen gezogen:

- Die Verwendung der Fraktion 0,1–0,2 mm erlaubt Vergleiche der Proben vom schluffigen Feinsand bis zum steinigen Grobkies.
- Veränderungen des Schwermineralspektrums innerhalb des Saale–Elbe-Gebietes sind auf seitliche Zuführung und Verdünnungseffekte, weniger auf unterschiedliche Ausmerzung zurückzuführen.
- Die Schwermineral-Zuführung aus flächenmäßig zurücktretenden, aber große Schwermineralmengen liefernden Gesteinskomplexen kann die Schwermineralspektren stark prägen, während größere Flächen in den Einzugsgebieten, die oftmals viele Gerölle liefern, unter Umständen kaum etwas zum Schwermineralspektrum beitragen. Deshalb ist die Schwermineralanalyse keine Alternative und nicht nur eine Ergänzung zur Geröllanalyse, sondern sie spiegelt teilweise andere Fakten und Prozesse wider als jene.
- Die Gehalte an „metamorphen“ Schwermineralen (insbesondere Sillimanit) und Topas finden sich in charakteristischer Weise in verschiedenen vor- bis frühelsterglazialen Flußschottern der Niederlande wieder. Es kann als erwiesen gelten, daß die Elbe bis zum ersten elsterglazialen Eisvorstoß in Nordwestrichtung nach den Niederlanden floß und auf ihrem Weg Mulde, Saale, Weser und den Vorläufer der Ems aufgenommen hat.

Literaturauswahl

- ASCHRAFI, A.: Schwermineral-Untersuchungen in den Terrassensedimenten der Leine und ihrer Nebenflüsse Rhume und Innerste. — Diss. Univ. Hannover 1981.
- DIENER, I.: Schwermineralanalytische Untersuchungen der Schotter zweier Elbeterrassen in Sachsen und der Lausitz. — Dipl.-Arb. Humboldt-Univ. Berlin 1955.
- DIETZ, V.: Experiments on the influence of transport on shape and roundness of heavy minerals. — Contr. Sedimentology, Stuttgart 1 (1973): 69–102.
- EISSMANN, L.: Ausbildung und Gliederung des Pleistozäns in Mittelsachsen (Raum Döbeln–Riesa). — Geologie, Berlin 13 (1964) 8: 942–969.
- Die alt- und frühpleistozänen Schotterterrassen am Südrand des Norddeutschen Tieflandes zwischen Mulde und Elbe. — Geologie, Berlin 14 (1965) 5/6: 491–519.
- Das Quartär der Leipziger Tieflandsbucht und angrenzender Gebiete um Saale und Elbe. Modell einer Landschaftsentwicklung am Rand der europäischen Kontinentalvereisung. — Sch.-reihe geol. Wiss., Berlin 2 (1975). — Hier weitere Literatur zum Quartär des Untersuchungsgebietes.
- Periglaziale Prozesse und Permafroststrukturen aus sechs Kaltzeiten des Quartärs. Ein Beitrag zur Periglazialgeologie aus der Sicht des Saale–Elbe-Gebietes. Altenbg. nat. wiss. Forsch., Altenburg 1 (1981), 1–171.

- ELLENBERG, J.: Schwermineralverteilung, Sedimentation und Stratigraphie im Quartär der mittleren Werra. — Z. geol. Wiss., Berlin **3** (1975) 11: 1389—1404.
- GENIESER, K.: Probleme der Eiszeitforschung im nordsächsischen Raum. — Heimatkundl. Blätter, Dresden **3** (1957) 2: 122—132.
- Neue Daten zur Flußgeschichte der Elbe. — Eiszeitalter und Gegenwart, Öhringen **13** (1962): 141—156.
- ; DIENER, I.: Versuch einer Altersdeutung der vor- bis früheiszeitlichen Elbeläufe auf Grund neuer Forschungsergebnisse. — Wiss. Z. Humboldt-Univ. Berlin, math.-nat. R., Berlin **6** (1956/57) (1958) 5: 477—487.
- GROSSE, R.: Zum Verlauf der frühelsterkaltzeitlichen Flüsse nördlich von Leipzig. — Z. geol. Wiss., Berlin **1** (1973) 1: 73—83.
- HENNINGSSEN, D.: Darf man Schwermineral-Gehalte von Kiesen und Sanden miteinander vergleichen? — N. Jb. Geol. Paläont., Mh., Stuttgart (1981) 3: 157—164.
- Der Schwermineral-Gehalt der drenthe-zeitlichen Schmelzwassersande in Niedersachsen. — Eiszeitalter und Gegenwart, Hannover **33** (1983): 133—140.
- HELLWIG, D.: Fluviatile Bildungen innerhalb des Saale-Komplexes im Raum Cottbus — Forst. — Z. geol. Wiss., Berlin **3** (1975) 8: 1077—1090.
- HOPPE, G.: Die akzessorischen Schwermineralien in Eruptivgesteinen, am Beispiel des Ramberg-granits und anderer Harzer Gesteine. — Geologica, Berlin **9** (1951).
- JONG, J. D. DE: Quaternary Sedimentation in the Netherlands. — Geol. soc. Amer., spec. paper, VIIth Congr. INQUA, Boulder **84** (1965): 95—123.
- LUDWIG, G.: Neue Ergebnisse der Schwermineral- und Kornanalyse im Oberkarbon und Rotliegenden des südlichen und östlichen Harzvorlandes. — Geologie, Berlin 1955, Beiheft **14**.
- LUDWIG, G.; LUDWIG, H.: Ein Vergleich zwischen Geröll- und Schwermineralanalysen des Porphyrokonglomerates im obersten Rotliegenden des östlichen Harzvorlandes. — Geologie, Berlin **2** (1953) 6: 431—448.
- MOLNÁR, B.: Relationship between Grain Size and Heavy Minerals Content. — Acta Miner. Petrogr., Acta Univ. Szegediensis, Szeged **19** (1970) 2: 159—171.
- MÜLLER, A.: Beitrag zum Quartär des Elbegebietes zwischen Riesa und Wittenberg unter besonderer Berücksichtigung der Elbtalwanne. — Z. geol. Wiss., Berlin **1** (1973) 9: 1105—1122.
- NICKEL, E.: Experimental dissolution of light and heavy minerals in comparison with weathering and intracrystalline solution. — Contr. Sedimentology, Stuttgart **1** (1973): 1—68.
- PETTJOHN, F.: Sedimentary Rocks. — New York 1949.
- PRÄGER, F.: Zur Stratigraphie der Elbeterrassen und glazigener Bildungen der Elstereiszeit bei Dresden. — Z. geol. Wiss., Berlin **12** (1984) 6: 727—733.
- Die frühelsterglaziale Elbeterrasse und glazigene Bildungen der Elstereiszeit im Raum Pirna. — Z. geol. Wiss., Berlin **13** (1985) 2: 185—190 (1985a).
- Neue Befunde zum Alter der Entstehung der Rundhöckerlandschaft im Raum Kamenz. — Veröff. d. Mus. d. Westlausitz, Kamenz **9** (1985): 51—55 (1985b).
- RUEGG, G. H. J.; ZANDSTRA, J. G.: Pliozäne und pleistozäne gestauchte Ablagerungen bei Emmer-schans (Drenthe, Niederlande). — Mededel. Rijks Geol. Dienst, N. S., Haarlem **28** (1977) 4: 65—99.
- SCHUBERT, G.: Mitteilung über einen elsterkaltzeitlichen Terrassenschotter der Elbe in der Lausitz („Piskowitzer Elbelauf“). — Z. geol. Wiss., Berlin **4** (1976) 10: 1429—1433.
- STEINMÜLLER, A.; ORTMANN, R.: Sedimentologische und stratigraphische Untersuchungen im Tertiär Ostthüringens. — Geologie, Berlin **19** (1970) 2: 178—205.
- THIEKE, H. U.: Schwermineralogische Kennzeichnung von fluviatilen spätelster-glazialen bis frühsaale-glazialen Ablagerungen im mittleren Teil der DDR. — Z. geol. Wiss., Berlin **3** (1975) 8: 1091—1101.
- WEE, M. W. TER: Saalian glaciation in the Netherlands. — Mededel. geol. Sticht., N. S., Maastricht **15** (1962): 57—76.
- WEYRICH, H.: Untersuchungen zur Schwermineralführung pleistozäner und tertiärer Sedimente aus dem norddeutschen Raum. — Ber. Geol. Ges. DDR, Berlin **8** (1963) 5/6: 537—547.
- WOLF, L.: Präglaziale Flußläufe zwischen Dresden und Riesa. — Z. geol. Wiss., Berlin **5** (1977) 6: 791—803.
- Zum Alter und zur Gliederung der „Döbelner Quartärfolge“. — Z. geol. Wiss., Berlin **6** (1978) 10: 1231—1243.

- Die elster- und prälsterkaltzeitlichen Terrassen der Elbe. — *Z. geol. Wiss.*, Berlin 8 (1980) 10: 1267—1280.
- WOLF, L.; STEDING, D.: Elsterkaltzeitliche feuersteinführende Schotter der Freiburger Mulde („Die-raer Muldelauf“) und Weißeritz bei Meißen. — *Z. geol. Wiss.*, Berlin 6 (1978) 8: 1039—1042.
- ZANDSTRA, J. G.: Geologisch onderzoek in de stuwwal van de oostelijke Veluwe bij Hattem en Wapenveld. — *Mededel. Rijks Geol. Dienst, N. S.*, Maastricht 22 (1971): 215—260.
- Einführung in die Feinkiesanalyse. — *Der Geschiebesammler*, Hamburg 12 (1978) 2/3: 21—38.
- ZWIRNER, R.: Ergebnisse quartärgeologischer Untersuchungen zwischen Potsdam und Schweinitz/Elster unter besonderer Berücksichtigung fluviatiler Bildungen. In: *Beiträge zum Quartär im mittleren Teil der DDR. Kurzref. und Exkursionsf. Tgg. vom 20. bis 22. Juni 1974 Potsdam.* — Berlin: *Ges. Geol. Wiss. DDR* 1974: 38—59.

Manuskript eingegangen am 30. 12. 1986

Dipl.-Geol. ANSGAR MÜLLER, Sächsische Akademie der Wissenschaften zu Leipzig, Goethestraße 3—5, Leipzig, DDR-7010

Dr. rer. nat. RENATE ORTMANN, VEB Geologische Forschung und Erkundung Halle, Köthener Straße 34, Halle (Saale), DDR-4060

Dipl.-Geol. Dr. habil. LOTHAR EISSMANN, Karl-Marx-Universität, Sektion Physik, Wissenschaftsbereich Geophysik, Talstraße 35, Leipzig, DDR-7010

Folgende Rezensionen des Heftes *Altenbg. nat. wiss. Forsch.* 1 (1981) sind bisher bekannt geworden:

- Schr. Naturwiss. Ver. Schleswig-Holstein, 51, S. 108 (1981). — E. W. GÜNTHER
- Boreas, 11, S. 316 (1982). — G. SÖDERMAN
- Cahiers Géologiques, 99, S. 535 (1982). — A. CAILLEUX
- Fundgrube, 18 (1982). — O. PRIESE
- Hall. Jb. Géowiss., 7, S. 134—135 (1982). — R. HOHL
- Z. geol. Wiss.*, 10, S. 1111—1112 (1982). — J. F. GELLERT
- Zbl. Geol. Paläont., I, 1982, S. 600—602 (1982). — K. DUPHORN
- Cahiers Géologiques, 102, S. 671 (1983). — A. CAILLEUX
- Časopis pro mineralogii a geologii, 28, S. 275—276 (1983). — S. HURNIK
- Geogr. Berichte, 108, S. 194—195 (1983). — B. NITZ
- Z. angew. Geol.*, 29, S. 105—106 (1983). — A. G. CEPEK
- Geologie en Mijnbouw* (1984). — J. VANDENBERGHE
- K. N. A. G. Geografisch Tijdschrift, XVIII, S. 318 (1984). — E. A. KOSTER
- Z. Pflanzenernährung Bodenk.*, 147, S. 135 (1984). — H. ZAKOSEK
- Eiszeitalter u. Gegenwart*, 35, S. 223 (1985). — H. D. LANG
- Peterm. Geogr. Mitt.*, 129, S. 49—50 (1985). — H. KUGLER

In der Reihe „Altenburger Naturwissenschaftliche Forschungen“ erschienen bisher:

- Heft 1: EISSMANN, Lothar: Periglaziäre Prozesse und Permafroststrukturen aus sechs Kaltzeiten des Quartärs. Ein Beitrag zur Periglazialgeologie aus der Sicht des Saale-Elbe-Gebietes. 171 Seiten, 67 Abbildungen, 42 Tafeln, 4 Tabellen; 1981. Vergriffen
- Heft 2: MÜLLER, Arnold: Fauna und Palökologie des marinen Mitteloligozäns der Leipziger Tieflandsbucht (Böhlener Schichten). — 152 Seiten, 14 Abbildungen, 35 Tafeln, 3 Tabellen; 1983. Mark 12,50
- Heft 3: RICHTER, Erich; BAUDENBACHER, Reinhardt; EISSMANN, Lothar: Die Eiszeitgeschiebe in der Umgebung von Leipzig. Bestand, Herkunft, Nutzung und quartärgeologische Bedeutung. — 136 Seiten, 8 Abbildungen, 31 Tafeln, 7 Tabellen; 1986. Mark 12,50

