

DIE BIOSTRATONOMIE DER GANOIDFISCHE DES KUPFERSCHIEFERS.

Von

WILLY LAATSCH

(Halle a. S.)

Mit 7 Textfiguren und Tafel XVI– XXI.

Inhalt.

	Seite
Einleitung	175
I. Teil: Die Arten .	177
<i>Palaeoniscus freieslebeni</i> und <i>magnus</i>	178
<i>Palaeoniscus elegans</i>	184
<i>Acentrophorus glaphyurus</i>	187
II. Teil: Der Abbau des Kupferschieferflözes und das Auffinden von Fossilien .	191
III. Teil: Lebensraum und Todesursachen	194
IV. Teil: Fischleichen und Erzausfällung	205
V. Teil: Einbettung	214
Das Spalten des Schiefers	214
Das Kopfskelett und sein Zerfall	219
Knochentransport durch Strömungen .	228
Einbettungsformen der nicht zur Gattung <i>Palaeoniscus</i> ge- hörenden Arten	231
Literatur	233
Tafelerklärungen	237

Einleitung.

Die Kupferschieferliteratur ist im letzten Jahrzehnt von geologisch-paläontologischer, mineralogischer und bergtechnischer Seite durch eine stattliche Zahl von Arbeiten bereichert worden. Übersieht man die vielen bei der Erforschung dieses geringmächtigen Schichtstoßes aufgeworfenen Probleme, so scheint es eine besonders reizvolle Aufgabe zu sein, mit einer neuartigen Arbeitsmethode den Bildungsbedingungen des Kupferschiefers nachzugehen. J. WEIGELT hat durch die Betonung seiner biostratonomischen

Betrachtungsweise einen Weg gewiesen, auf dem wir durch die Verquickung paläo-biologischer und allgemeingeologischer Überlegung zu wichtigen Schlüssen über Lebensraum und Todesursachen der überlieferten Fossilien und die Faktoren ihrer Einbettung und Fossilwerdung gelangen können. Bei einem solchen Vorgehen werden natürlich auch die Fragen der Sedimentbildung angeschnitten und unter einem neuen Gesichtswinkel gesehen. In der hier vorliegenden Bearbeitung der Kupferschieferfische wird der Versuch gemacht, Gesetzmäßigkeiten zu beschreiben und zu erklären, die sich bei einer gemeinsamen Betrachtung von Fossil und Sediment ergeben haben. J. WEIGELT hat in dieser Zeitschrift bereits eine Arbeit über den gleichen Gegenstand veröffentlicht (79). Trotzdem erlaubt das reiche Material eine neue Inangriffnahme des Themas.

Der erste Teil der Untersuchung befaßt sich zwar ausschließlich mit der Festlegung und Umgrenzung einzelner Fischarten; denn mir schien eine neue paläontologische Bearbeitung wenigstens der wichtigsten Formen durchaus notwendig. Immerhin werden auch bei dieser Kritik früherer Artaufstellung stratonomische Überlegungen angestellt, weil in der Literatur durch die Nichtbeachtung verschiedener Einbettungsformen Unstimmigkeiten auf anatomischem Gebiet ihre Erklärung finden.

Es wurde das Material folgender Sammlungen benutzt:

Sammlung des Geologischen Instituts der Universität Halle a. S.,
 Sammlung des Geologischen Instituts der Universität Göttingen,
 Sammlung im Gewerkenhaus der Mansfeld A. G., Eisleben,
 Sammlung der Bergschule zu Eisleben,
 Sammlung der Preußisch-Geologischen Landesanstalt Berlin,
 Museum für Naturkunde Berlin,
 Privatsammlung PANGERT, Eisleben,
 Privatsammlung SIEGERT, Eisleben.

Den Herren Sammlungsdirektoren und Besitzern bin ich für liebenswürdiges Entgegenkommen zu großem Danke verpflichtet. Da mir über 2000 Kupferschieferfische durch die Hand gegangen sind (in der Sammlung der Mansfeld A. G. liegen allein über 1000 Exemplare), war eine weitgehende Vergleichung und das Herausfinden häufig auftretender Einbettungstypen möglich. Die Direktion der Mansfeld A. G. gestattete mir, beim Streckenschießen zugegen zu sein, und Herrn Fahrsteiger GENTSCH vom Vitzthumschacht schulde ich für seine Führung unter Tage Dank.

I. Teil.

Die Arten.

Nachdem L. AGASSIZ die Ganoiden als selbständige Ordnung in die Systematik eingeführt hatte, ist die Begrenzung und Einteilung dieser Fischgruppe sehr oft geändert worden. Vor allem versuchte man, die Einteilung mit anatomischen Merkmalen zu begründen, während AGASSIZ von der verschiedenen Beschuppung ausgegangen war. In den Beschreibungen der permischen Familien und Gattungen findet man fast ausschließlich Beschuppung und Körperproportionen für die systematische Begrenzung herangezogen. Der Erhaltungszustand macht das begreiflich. Das Kopfskelett ist in den meisten Fällen weitgehend verpreßt, und man muß bei den Exemplaren des Mansfelder Kupferschiefers schon von einer relativ sehr günstigen Erhaltung sprechen, wenn sich die Formen einzelner Deckknochen des Schädels oder Teile des Viskeralskeletts bestimmen lassen. Zweifellos haben TRAQUAIR's Arbeiten (70—72) die anatomische Klarstellung unserer permischen Ganoiden am meisten gefördert, obwohl er in erster Linie Formen des englischen Karbons beschrieben hat. Bei dem Studium seiner Untersuchungen fielen mir die Mängel in der Festlegung der Kupferschieferarten besonders in die Augen. Im Rahmen dieser Arbeit war es mir jedoch nur möglich, die Arten der am stärksten vertretenen Gattung *Palaeoniscus* genauer zu untersuchen und die von AGASSIZ (1), GEINITZ (25), KURTZE (45), Graf MÜNSTER (56), GERMAR (26) und anderen angegebenen Artmerkmale nachzuprüfen.

Legt man ZITTEL's System zugrunde, so sind nach GEINITZ folgende Ganoiden aus dem Mansfelder Kupferschiefer bekannt:

Ordnung Ganoidei.

Unterordnung: *Crossopterygii*.

Einzigster Vertreter: *Coelacanthus hassiae* MÜNSTER (GEINITZ erwähnt nur zwei Exemplare aus dem Kupferschiefer von Richelsdorf; er ist aber auch in der Mansfelder Mulde gefunden worden).

Unterordnung: *Heterocerci*.

I. Familie *Palaeoniscidae* VOIGT und TRAQUAIR.

Gattung: *Palaeoniscus* AGASSIZ.

Arten:

Palaeoniscus freieslebeni BLAINVILLE*Palaeoniscus magnus* AGASSIZ*Palaeoniscus elegans* SEDWICK*Palaeoniscus glaphyurus* AGASSIZ.Gattung: *Arcolepis* AGASSIZ.

Arten:

Acrolepis exsculptus GERMAR*Acrolepis asper* AGASSIZ*Acrolepis giganteus* MÜNSTER.Gattung: *Pygopterus* AGASSIZ.

Arten:

Pygopterus humboldti AGASSIZ.2. Familie: *Platysomidae* TRAQUAIR.Gattung: *Platysomus* AGASSIZ (*Stromateus* BLAINVILLE).

Arten:

Platysomus gibbosus BLAINVILLE*Platysomus rhombus* AGASSIZ.Gattung: *Dorypterus* GERMAR.

Arten:

Dorypterus hoffmanni GERMAR.

Seit GEINITZ sind zu diesen 13 Arten keine weiteren hinzugekommen. Die überwiegend häufigste ist *Palaeoniscus freieslebeni*. Von tausend durch meine Hand gegangenen „Fischabdrücken“ aus dem Eislebener Revier gehörten 950 dieser Art an. Zudem wird das wirkliche Zahlenverhältnis noch günstiger für *Palaeoniscus freieslebeni* ausfallen, da der Sammler diese Exemplare natürlich bei weitem nicht so hoch wie die anderen Arten bewertet.

Unstimmigkeiten in der bisherigen Beschreibung der *Palaeoniscus*-Arten.

1. *Palaeoniscus freieslebeni* und *magnus*.

In den Sammlungen fand ich wiederholt auf den Etiketten verhältnismäßig gut erhaltener Exemplare die Bezeichnung „*magnus*“ gestrichen und von anderer Hand durch „*freieslebeni*“ ersetzt oder

es kam auch der umgekehrte Fall vor. Die Schwierigkeit, beide Arten gegeneinander abzugrenzen, ist mir bei meinen Vergleichen dann bald selbst begegnet. Eine Nachprüfung der für *Palaeoniscus magnus* aufgestellten Artmerkmale zeigte, daß einige Angaben bei keinem der von mir untersuchten Stücke zutrafen, andere zwar festzustellen waren, aber durchaus als Eigenschaften alter ausgewachsener Exemplare von *Palaeoniscus freieslebeni* denkbar sind.

GEINITZ (25) gibt folgende Beschreibung: „Eine größere und breitere Art, deren Kopf verhältnismäßig kleiner ist als bei *Palaeoniscus freieslebeni* und nur ein Fünftel der gesamten Länge einnimmt. Dem breiteren Körper entspricht auch eine größere Breite der Flossen, besonders der Rücken- und Afterflosse, von denen die letztere weiter zurücksteht als bei *Palaeoniscus freieslebeni*. Die Schuppen unterscheiden sich im allgemeinen von denen der eben genannten Art durch einen deutlicher gezähnelten Hinterrand, übrigens haben sie auch nach GERMAR ziemlich dieselbe Skulptur wie bei jener. Nur sind die darauf eingedrückten Furchen weniger tief, die Schuppen werden nach hinten glatter und zeigen nur noch mehrere eingedrückte Punkte, ganz hinten erscheinen sie zuweilen völlig glatt und nur an ihrem Hinterrande fein gekerbt oder gezähnel.“

Das Verhältnis von Kopf- und Körperlänge soll bei *Palaeoniscus freieslebeni* 1 : 4 und bei *Palaeoniscus magnus* 1 : 5 sein. Ich habe eine Reihe vollständig erhaltener Exemplare gemessen. Alle liegen gerade und in Seitenlage eingebettet. Die untenstehende Tabelle gibt die Ergebnisse wieder¹⁾:

	bezeichnet mit <i>Pal. magnus</i>			Ohne Bezeichn.	bezeichnet mit <i>Pal. freieslebeni</i>		bezeichnet mit <i>Pal. freieslebeni</i>		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Totallänge	346	346	271	219	213	195	187	183	161
Kopflänge	73	75	56	49	48	47	44	43	40
Verhältnis									
Kopfl.: Totall.	1:4.7	1:4.6	1:4.8	1:4.5	1:4.4	1:4.4	1:4.2	1:4.2	1:4.0

Man sieht, wie mit zunehmender Körpergröße der Kopf ein wenig im Längenwachstum zurückbleibt. Aus diesen Zahlen einen Artunterschied zu konstruieren, ist hingegen unmöglich. Das dritte Stück zeigt im Verhältnis zu seinen Nachbarn eine zu kleine Kopflänge. Die Erklärung hierfür gibt eine leichte Deformation bei der

¹⁾ Maßzahlen ohne Benennung bedeuten stets: Millimeter.

Einbettung. Der Vorderkörper ist zusammengepreßt und der hintere Teil des Kopfskeletts anscheinend ein wenig in den sich bereits auflösenden Hautpanzer hineingeschoben worden.

Nach GERMAR beträgt die maximale Länge des *Palaeoniscus freieslebeni* 200 mm. In der Sammlung des Geologischen Instituts zu Halle befinden sich jedoch Exemplare bis etwa 290 mm, denen noch der Name dieser kleineren Art zugesprochen wurde, so daß also in obiger Tabelle absolut kein Grenzstrich beim vierten (unetikettierten) Stück zu ziehen ist.

Unrichtig ist es auch, dem *Palaeoniscus magnus* eine verhältnismäßig größere Breite (Körperhöhe) zuzuschreiben. Man darf zur Feststellung solcher Vergleichswerte nur Fische messen, deren Hautpanzer sich noch vollkommen geschlossen in genau seitlicher Lage befinden, so daß die Rücken- und Bauchkante mit den äußeren Konturen zusammenfallen. Ist die Leiche während der Setzung des Sediments oder bei späteren tektonischen Bewegungen leicht verzerrt oder gepreßt worden, so ist das ursprüngliche Verhältnis von Körperhöhe und -länge nicht mehr zu ermitteln. Berücksichtige ich diese Bedingungen, so scheidet bei weitem der größte Teil meines umfangreichen Materials für solche Messungen aus, und die übrigen Exemplare ergeben, soweit sie unter eine der beiden Arten zu stellen sind, keine Abweichungen.

Beide Arten hätten ihre Berechtigung, wenn die Zahl der Schuppen in der Querreihe (längs der Seitenlinie vom Kopf bis zur Schwanzwurzel) oder der Längsreihe (Anfang Dorsalis bis Bauchkante) sowohl für *Palaeoniscus magnus* als auch für *Palaeoniscus freieslebeni* einen konstanten Wert hätte. In Wirklichkeit bringen aber auch diese Zahlen keinen Artunterschied zum Ausdruck. Rechnet man die größeren Exemplare auch zu *Palaeoniscus freieslebeni*, so liegt die Schuppenzahl der Querreihe stets zwischen 69 und 72 und die der Längsreihe zwischen 28 und 32. Ein solcher Spielraum ist aber in der Systematik durchaus nichts seltenes, sondern wird häufig beträchtlich überschritten. Unser Flußbarsch trägt in der Längsreihe 25 bis 30, in der Querreihe 80 bis 98 Schuppen.

Eine größere Flossenbreite ist bei den größeren Stücken nicht zu beobachten. Die Strahlenszahl der Dorsalis beträgt 27 bis 30, die der Anals 20 bis 22. Jedoch erlaubt der Einbettungs- und Erhaltungszustand in den seltensten Fällen das vollständige Auszählen. Erst der fünfte Strahl der Dorsalis erreicht die Länge der

ganzen Flosse. Die einzelnen Glieder tragen mit Ausnahme der vordersten Strahlen mehrere Längsfurchen (Taf. XVII, Fig. 7). Diese sind um so ausgeprägter, je größer das Tier ist. Auf die verschiedene Schuppenkulptur bei jungen und alten Formen komme ich gleich zu sprechen. Vorher will ich noch auf die Stellung der Afterflosse eingehen, die nach GEINITZ (25) bei *Palaeoniscus magnus* weiter zurückliegen soll. Im Verhältnis zur Dorsalis nimmt die Analis bei beiden aufgestellten Arten den gleichen Platz ein, denn der Anfang der Dorsalis liegt stets drei Schuppenlängsreihen vor dem Anfang der Afterflosse. Anscheinend hat man früher nicht die Lage zu den Schuppenreihen, sondern die Entfernung der Flossen von Fixpunkten des Körpers festgestellt. Diese Werte ändern sich natürlich mit der Einbettungslage.

Alle in der Literatur angegebenen Unterschiede der Körperproportionen sind also tatsächlich nicht vorhanden. Die Verschiedenheit der Schuppenkulptur bliebe noch zu untersuchen. TRAQUAIR spricht ihr zwar jeden systematischen Wert ab: „The patterns often of great beauty, are, however not in every case available for the determination of species“ (71). Ich habe, um einen genauen Vergleich zu ermöglichen, Schuppenaufnahmen in achtfacher Vergrößerung angefertigt. Die Lichtbilder geben bestimmte Teile des Schuppenpanzers von 20 Exemplaren, die einer der besprochenen Art angehören, wieder. Die von GEINITZ (25) und GERMAR (26) angegebenen Skulpturunterschiede erwiesen sich als unrichtig, obschon ich mir vorstellen kann, daß geringes oder schlecht erhaltenes Material zu den oben zitierten Vergleichen geführt hat.

Sowohl bei den kleinen als auch den großen Formen sind die Schuppeneindrücke an den einzelnen Teilen des Körpers verschieden ausgebildet. Eine deutliche Zähnelung des Hinterrandes zeigen stets die gut erhaltenen Schuppen zwischen Kopf und Körpermitte. Von hier bis zur Schwanzwurzel bildet sich ein glatter Rand heraus. Diese Regel gilt für beide „Arten“. Sehr oft ist der Hinterrand der gezähnelten Schuppen allerdings ausgebrochen, weil sich am Vorderkörper die Schuppenreihen dachziegelartig aufeinander legen, während die Ganoinsschichten hinten ein Pflaster scheinbar von einander isolierter Platten bilden.

Vom Vorderrande gehen einige Furchen nach der Mitte der Schuppen. Ihre Zahl nimmt mit der Schuppenhöhe ab, das heißt

von der Seitenlinie zur Bauchkante (nicht so stark zur Rückenkante) und vom Kopf zum Schwanz. Ein *Palaeoniscus freieslebeni* mit 150 mm Totallänge trägt auf den Schuppen hinter dem Schultergürtel höchstens 5 bis 6 dieser Furchen, unter der Dorsalis 1, 2 oder 3 und nahe der Schwanzwurzel stets nur 1 (Taf. XVI, Fig. 1—3). Bei größeren Exemplaren findet man hinter der Clavicula etwa 8 Furchen, unter der Dorsalis 2 bis 4 und an der Schwanzwurzel stets nur 1 Furche (Taf. XVI, Fig. 4—6). Die entsprechenden Zahlen für den größten mir vorliegenden *Palaeoniscus magnus* sind 10 bis 14, 4 bis 7, 3 bis 5 (Taf. XVI, Fig. 7—9). Die Untersuchung einer Reihe weiterer Exemplare ergab entsprechende Zahlenwerte. Ein Zunehmen der Furchenzahl des Vorderrandes mit dem Wachstum der Individuen liegt unverkennbar vor. Hierfür spricht auch die Tatsache, daß ihr Verlauf bei den älteren Formen immer unregelmäßiger wird und sogar vom Unter- und Oberrande ausgehen kann (Taf. XVI, Fig. 7). Genau das gleiche Verhältnis gilt für die Zahl der winzigen Vertiefungen, die auf der glatten Ganoinnschicht wie feine Nadelstiche wirken. Die Figuren 3, 6, 9 auf Taf. XVI bringen das klar zum Ausdruck. In seltenen Fällen ist die Furchenausbildung beim Wachstum zurückgeblieben, so daß die einzelnen Rillen kaum über die Breite der feinen Haarsprünge, die nach der Einbettung in der Ganoinnschicht entstanden sind, hinausgehen (Taf. XVI, Fig. 5). Die große Seltenheit dieser Erscheinung deutet ohne weiteres auf ein abnormes Abweichen von der sonst geltenden Regel.

Für die Annahme, die mit *Palaeoniscus magnus* bezeichneten Exemplare als besonders große Individuen der bekannteren Art ansehen zu müssen, spricht auch die Form der Fulcren. Besonders vor dem oberen Schwanzlappen sind diese schildförmigen Schuppen oft gut sichtbar. Hier und vor der Dorsalis sind sie einreihig, vor dem unteren Schwanzlappen zweireihig. Die ersten sechs Fulcren, die die Rückenkante vor dem oberen Lobus bedecken, liegen derart dachziegelförmig übereinander, daß die Spitze der vorderen den Grund der nächst hinteren bedeckt. Von ihnen sind die vorderen vier bei kleinen und großen Exemplaren blattförmig ausgebildet (Taf. XVII, Fig. 4). Die fünfte und sechste Schuppe zeigen einen Übergang von der Blatt- zur Pfeilspitzenform (Taf. XVII, Fig. 1—2), die bei der siebenten und den folgenden vollständig erreicht ist (Taf. XVII, Fig. 3). Von nun an bedeckt die vordere den größten Teil der fol-

genden Schuppe. Nur die Spitze und der gefurchte Seitenrand sind noch erkennbar. Die fünfte und sechste Schildschuppe der größeren Exemplare weichen nun in ihrer Form stets von denjenigen der kleineren Stücke ab, weil nur die Fulcren der letzteren an dieser Stelle einen Übergang von der Blatt- zur Pfeilspitzenform aufweisen. Während die fünfte und sechste Fulcra bei den großen Stücken also bereits einen Pfeilspitzencharakter tragen, sind ihre Konturen bei kleinen Stücken stets durch eine birnförmige Einschnürung gekennzeichnet (Taf. XVII, Fig. 1). Diese Formverschiedenheit der fünften und sechsten Fulcra vor dem oberen Schwanzlappen erlaubt jedoch auch nicht die Aufstellung eines Artunterschiedes; denn bei Individuen mittlerer Größe (etwa 190 bis 250 Totallänge) ist stets ein Übergang von der Birn- zur Pfeilspitzenform zu erkennen (Taf. XVII, Fig. 2):

Ein Zusammenhang zwischen Schwanzbewegung und Herausbildung einer anderen Form der fünften und sechsten Fulcra erscheint mir nicht ausgeschlossen, da sie genau an der Umbiegungsstelle der Rückenkaute in den oberen Lobus liegen und somit erheblich mechanisch beansprucht werden.

Körperproportionen und Schuppenbeschaffenheit zwingen uns also, die Art *Palaeoniscus magnus* zu streichen und wir müssen in den mit diesem Namen belegten Stücken nur ausgewachsene Individuen von *Palaeoniscus freieslebeni* sehen. Eine kurze Zusammenfassung ergibt folgende, beim Wachstum der einzelnen Individuen auftretende Veränderungen:

1. Das Verhältnis von Kopf- zu Totallänge nimmt von 1 : 4'0 bis 1 : 4'8 gleichmäßig ab.
2. Die Längsfurchen auf den einzelnen Gliedern der Dorsalstrahlen prägen sich stärker ein.
3. Die Zahl der vom Schuppenvorderrand ausgehenden Furchen nimmt zu. Kleine Individuen tragen hinter der Clavicula 5 bis 6, unter der Dorsalis 1 bis 3, an der Schwanzfurchen stets 1 Furche. Die größten Stücke an den entsprechenden Stellen 10 bis 14, 4 bis 7 und 3 bis 5.
4. Die Anzahl der wie feine Nadelstiche aussehenden Vertiefungen wächst ebenfalls (besonders deutlich auf den Fulcren zu beobachten).

5. Die Konturen der fünften und sechsten Fulcra vor dem oberen Schwanzlappen gehen allmählich von der Birn- zur geraden Pfeilspitzenform über.

Palaeoniscus elegans.

Sechs Exemplare liegen mir zum Vergleich vor. Das am besten erhaltene gehört der Sammlung SIEGERT, Eisleben, an. Totallänge 108 mm. Das zweite ist ein Stück aus der Sammlung PANGERT, Eisleben, Totallänge 156 mm. Das Geologische Institut Halle besitzt ein vollständiges Exemplar vom Leistschachtrevier bei Wimmelburg, Totallänge 195 mm; außerdem ein kleineres (85 mm) und zwei nicht vollständige Stücke.

GEINITZ (25) gibt nur zwei Merkmale an, in der sich diese Art vor *Palaeoniscus freieslebeni* auszeichnet: „Sie ist eleganter durch die schlankere Form ihres Kopfes und Hinterleibes. Die Rückenflosse ist nach den Abbildungen von SEDWICK und KING den Bauchflossen fast gegenübergestellt, während dieselbe bei *Palaeoniscus freieslebeni* etwas weiter zurück steht“ (25, S. 16).

Diese Angaben geben uns keineswegs die Möglichkeit zur eindeutigen Bestimmung eines fraglichen Fundes. Verschiedene Einbettungslage kann sowohl eine schlanke elegante wie auch eine plumpe Form vortäuschen und wo soll man die Grenze ziehen? Ebenso unbefriedigend ist die Bemerkung über die Flossenstellung. KING (37) bildet den *Palaeoniscus* allerdings mit weiter vorstehender Rückenflosse ab, ohne jedoch im Text auf Flossenstellung einzugehen. Das in GEINITZ's Arbeit gezeichnete Exemplar aus dem Dresdener Museum zeigt aber genau die gleiche Lage der Dorsalis wie *Palaeoniscus freieslebeni*. Da GEINITZ dem Widerspruch, der in beiden Zeichnungen zum Ausdruck kommt, scheinbar keine Bedeutung beimißt, fehlte ihm gewiß eine exakte Vergleichsmöglichkeit. Meinen Ausführungen auf S. 181 kann man entnehmen, daß bei *Palaeoniscus freieslebeni* die Schuppenreihe, die den Anfang der Dorsalis begrenzt, stets die dritte Reihe vor dem ersten Strahl der Analis ist. Genau das gleiche Verhältnis liegt bei dem Exemplar des *Palaeoniscus elegans* aus dem Dresdener Museum wie auch bei den mir zur Verfügung stehenden vier Stücken vor. Da bei KING's Fisch der Dorsalanfang sechs Reihen vor dem der Analis liegt, wäre die englische Art mit der deutschen nicht identisch.

Wahrscheinlicher liegt jedoch wohl eine Ungenauigkeit der englischen Zeichnung vor.

Die wenigen brauchbaren Merkmale, die ich zur Unterscheidung der vorliegenden Art von der häufigsten des Kupferschiefers aufrecht erhalten möchte, sind schon zum Teil von AGASSIZ (1) gefunden worden. Es handelt sich in erster Linie um den Bau der Caudalstrahlen. KING gibt die hierher gehörigen Ausführungen aus dem „Poissons fossiles“ in abgekürzter Form wieder: „The rays of the caudal fin are very slender and dichotomise frequently. The transverse articulations of the upper lobe are very close together. In the lower lobe they are more distant“ (37, S. 224).

Auf Taf. XVIII ist der Schwanz eines *Palaeoniscus freieslebeni* und der eines *Palaeoniscus elegans* abgebildet. Die größere Länge der einzelnen Strahlenglieder im unteren Lappen fällt bei der letzteren Art sofort auf. Während hier das Verhältnis von Breite und Länge eines mittleren Gliedes 1 : 4 ist, finden wir bei *Palaeoniscus freieslebeni* die Werte 1 : 1½. Die Spaltung eines Strahles in zwei neue kann man auf dem oberen Bilde auch beobachten, jedoch nicht die schließliche Auflösung jedes Strahles in ein Bündel sehr feiner Längselemente wie sie für *Palaeoniscus elegans* charakteristisch ist. Die verschiedenen Winkel, die von den Loben beider Schwänze gebildet werden, und ebenso die scheinbaren Abweichungen im Verlaufe der Konturen, sind jedoch nur Einbettungserscheinungen.

Der unterschiedliche Bau der Caudalis genügt jedoch nicht, um einen großen Teil unserer nicht vollständig erhaltenen Sammlungsexemplare einer der beiden fraglichen Arten zuzuordnen. Der Erhaltungszustand der mir vorliegenden *Palaeoniscus-elegans*-Stücke erlaubt keinen Vergleich der übrigen Flossen und deren Strahlen. Das Schuppenkleid stimmt mit dem von *Palaeoniscus freieslebeni* bei entsprechender Größe genau überein. Taf. XVIII zeigt von *Palaeoniscus freieslebeni* nur den Abdruck, von *Palaeoniscus elegans* die Außenseite der erhaltenen Schuppen selbst. So erklärt sich das scheinbar andere Aussehen. Selbst die birnförmige Einschnürung der fünften und sechsten Fulcrä vor dem oberen Lobus ist bei *Palaeoniscus elegans* zu erkennen (Totallänge nur 160 mm).

Bei einigermaßen günstiger Erhaltung gibt uns jedoch das Kopfskelett eine Unterscheidungsmöglichkeit. Allerdings gebe ich zu, erst nach dem Studium verschiedener Einbettungs- und Erhaltungstypen wird man die im folgenden angegebenen Merkmale

zur Artdiagnose auswerten können. Befindet sich der Kopf von *Palaeoniscus elegans* in Seitenlage, so bemerkt man innerhalb des Orbitalringes zwei gerade Knochenbalken, die nach der Ethmoidalregion des Schädels anscheinend zusammenlaufen, nach hinten jedoch divergieren (Taf. XIX, Fig. 1). Der obere ist fast stets unter dem Praeoperculum, dem Hyomandibulare (falls dieses sichtbar ist) und dem Operculum bis zur Occipitalregion weiter zu verfolgen und somit als das bereits bei den Knorpelganoiden verknöcherte Parasphenoid zu deuten. Der tiefer liegende Knochen läuft unter dem Maxillare weiter und seine Fortsetzung scheint sich in einem Bogen dem Unterkiefergelenk zu nähern. Er würde also dem Palatinum der Knochenfische entsprechen und man müßte ihn zusammen mit seiner Fortsetzung als Gaumenbogen ansehen.

Beide Verknöcherungen konnte ich bei einem *Palaeoniscus freieslebeni* entsprechender (oder geringerer) Größe in Seitenlage niemals beobachten (Taf. XXI). Vielmehr erscheint das Innere des Orbitalringes nur mit Sediment ausgefüllt. Die einzelnen Knochen des Opercularapparats und das breite Knochenblatt des Maxillare zeigen bei *Palaeoniscus freieslebeni* niemals Durchdrückungsspuren, die von darunter liegenden Knochenbalken herrühren könnten. Nur bei weit über 200 mm großen Exemplaren ist manchmal das Parasphenoid zu beobachten. Es erscheint mir daher notwendig, ein verschiedenes Festigkeitsverhältnis für einzelne Kopfknochen bei *Palaeoniscus freieslebeni* und *Palaeoniscus elegans* annehmen zu müssen. Opercularapparat und das Maxillare sind bei *Palaeoniscus freieslebeni* kräftig und gegen schwache Druckwirkungen nicht nachgiebig. Die einzelnen Elemente lösen sich nach dem Tode beim Aufliegen auf dem Meeresboden scheinbar leicht aus ihrem Verbands. Parasphenoid und Palatoquadratum sind hingegen schwach ausgebildet. Bei *Palaeoniscus elegans* sind die Knochen des Kiemendeckelapparats und das an das Praeoperculum angrenzende Blatt des Oberkiefers papierdünn und so geschmeidig, daß sie sich den Unebenheiten des festwerdenden Schlammes leicht anschmiegen. Parasphenoid und Palatoquadratum sind als stark entwickelte Elemente des Schädels häufig gut sichtbar.

Außer dem abweichenden Bau der Caudalis und der Eigenart seines Kopfskeletts ist *Palaeoniscus elegans* an der stark hervortretenden Seitenlinie zu erkennen. Bei *Palaeoniscus freieslebeni* ist diese bei weitem nicht so stark ausgeprägt.

Eine Artdiagnose würde hiernach für *Palaeoniscus elegans* folgendermaßen lauten:

Zahl, Größe und Skulptur der Schuppen und Flossenstellung wie bei *Palaeoniscus freieslebeni*. Jeder Strahl des Caudalis spaltet sich in ein Bündel sehr feiner Elemente. Verhältnis von Breite und Länge der Strahlenglieder im mittleren Teil des unteren Lobus 1 3/5 bis 1 : 4. Knochen des Kiemendeckels und das Maxillare dünn und in einzelnen Teilen durchdrückbar. Parasphenoid und Palatoquadratum kräftig entwickelt. Seitenlinien stark ausgebildet.

Acentrophorus glaphyurus.

(*Palaeoniscus glaphyurus* AGASSIZ.)

Von diesem interessanten und im Kupferschiefer durchaus seltenen Fisch liegen mir sechs Exemplare vor:

1. Sammlung PANGERT. Seitenlage, Länge ohne Kopf 38 mm (Taf. V, Fig. 1).
2. Sammlung PANGERT. Körper in der Mitte geknickt. Totallänge bei gestreckter Lage etwa 36 mm.
3. Sammlung PANGERT. Seitenlage. Durch Streß scheint Körper in die Länge gezogen (52 mm).
4. Sammlung SIEGERT. Zeigt Dorsalseite und, da sich das Fossil auf der Unterseite der Platte befindet, auch dorsal ins Sediment eingebettet. Sichelförmige Krümmung. Totallänge bei gestreckter Lage etwa 52—53 mm.
5. Geologisches Institut Halle. Seitenlage. Länge ohne Kopf etwa 36 mm.
6. Geologisches Institut Halle. Seitenlage. Länge ohne Kopf etwa 36 mm.

Palaeoniscus glaphyurus kommt zusammen mit *Palaeoniscus elegans* auch im marl-slate Englands vor. GEINITZ (25) gibt eine durchaus ungenügende Beschreibung. Ihm ist auch nur ein Exemplar aus dem Mansfelder Kupferschiefer, das sich im Dresdener Museum befindet, bekannt. KING erwähnt bereits große Abweichungen von den übrigen Arten der Gattung *Palaeoniscus*, doch hält er eine Zugehörigkeit zu ihr noch durchaus für möglich. In TRAQUAIR'S Arbeit (70) wird der Fisch dann sowohl aus der Gattung *Palaeoniscus* wie auch aus der Familie der *Palaeoniscidae* ausgestoßen, ohne daß der Verfasser ihn mit Bestimmtheit an einen

neuen Platz stellt, weil ihm die nötigen Belegstücke nicht zur Verfügung stehen. Er erkannte jedoch die nahe Beziehung zwischen *Palaeoniscus glaphyurus* und einer Reihe kleinerer Arten aus dem Upper-limestone in England, die er ebenfalls aus der Gattung *Palaeoniscus* gestrichen und zu der neuen Gattung *Acentrophorus* zusammengefaßt hat. Obwohl man später auf die Zugehörigkeit des im Kupferschiefer vorkommenden *Palaeoniscus glaphyurus* zur Gattung *Acentrophorus* hingewiesen hat, siehe POMPECKJ (60, S. 467), ist mir doch keine Durchführung des Vergleiches bekannt, so daß die Beschreibung der sechs Eislebener Exemplare eine Notwendigkeit sein dürfte. Bereits in seiner Flossenstellung weicht dieser kleinste Fisch des Kupferschiefers von *Palaeoniscus freilebeni* und *Palaeoniscus elegans* ab. Der Anfang der Analsis liegt drei Schuppenreihen vor dem Anfang der Dorsalis (Taf. XX, Fig. 1). Bei den oben besprochenen Arten lag genau das umgekehrte Verhältnis vor. *Palaeoniscus glaphyurus* trägt die Dorsalis also weiter nach hinten. Besonders auffällig ist jedoch der Bau der Caudalis. Sie weist keine vollständige Heterocerkie auf, wie wir sie für die Palaeonisciden fordern müssen, sondern nähert sich bereits den Schwänzen mit innerer Heterocerkie. Der beschuppte Teil des Leibes reicht nicht mehr bis in die Spitze des oberen Lobus. Es scheinen sich daher die letzten Fulcren nicht auf die caudale Körperverlängerung, sondern direkt auf den obersten Strahl der Schwanzflosse aufzulegen (Taf. XX, Fig. 2). Wahrscheinlich wird das knorpelige Ende der Wirbelsäule als feiner Faden zwischen dem obersten Flossenstrahl und der Fulcrenreihe hindurchziehen. Es läge dann ein dem *Lepidosteus*-Schwanz (dessen anatomischer Bau von KÖLLIKER [41] untersucht wurde) entsprechendes Verhältnis vor. Bei diesem lebenden Ganoiden folgt der beschuppte Körperteil jedoch nur ein sehr geringes Stück der knorpeligen Wirbelsäulenverlängerung. Außerdem ist hier die Flosse vollkommen einlappig, während bei *Palaeoniscus glaphyurus* eine schwach entwickelte Zweilappigkeit zu beobachten ist. Zum Unterschied von den vielstrahligen und gegabelten Schwanzflossen bei *Palaeoniscus freilebeni* und *elegans* trägt *Palaeoniscus glaphyurus* in seiner Caudalis nur 14 starke, zwar gegliederte aber ungespaltene Strahlen. KÖLLIKER bezeichnet den Schwanz der Palaeonisciden als vollständig heterocerk und den von *Lepidosteus* als innerlich heterocerk. Da die Caudalis von *Palaeoniscus glaphyurus* in ihrem Bau eine

Mittelstellung zwischen vollständiger und innerer Heterocerkie einnimmt, wird man sie als halbheterocerk bezeichnen können. Die drei Grade würde ich folgendermaßen unterscheiden:

1. **Vollständige Heterocerkie:** Der beschuppte Teil des Leibes folgt der stark nach oben abweichenden Wirbelsäule bis in die Spitze des oberen Lobus. Sehr deutliche Asymmetrie der Flossenstrahlen und deren Träger (*Palaeoniscidae*).
2. **Halbe Heterocerkie:** Der beschuppte Körperteil reicht nur bis zur Mitte des oberen Lobus. Die Fulcren legen sich an dessen äußerstem Ende direkt auf den obersten Flossenstrahl. Strahlen weniger stark asymmetrisch (*Palaeoniscus glaphyurus* AGASSIZ).
3. **Innere Heterocerkie:** Caudale Körperverlängerung folgt nur ein sehr geringes Stück dem Endknorpel der Wirbelsäule (*Lepidosteus*) oder vollkommen symmetrische Beschuppung (Knochenfische). Entsprechend sind die Knochenstrahlen fast oder ganz symmetrisch. Ausgeprägte Heterocerkie der Wirbelsäule und der Flossenstrahlträger (*Lepidosteus*, *Amia*, *Salmo*, *Esox*, *Cyprinus*).

Die eben beschriebene halbe Heterocerkie von *Palaeoniscus glaphyurus* AGASSIZ finden wir in genauer Übereinstimmung auch bei einer Reihe kleiner Fische (Totallänge höchstens 100 mm) aus dem englischen Upper Magnesian Limestone von Fulwell Hill. Sie sind in dem unteren Teil des Upper Magnesian Limestone 96 m über dem marl-slate gefunden worden. KIRKBY (38), der diese Fulwell-Hill-Fische zuerst beschrieben und im Quarterly Journal abgebildet hat, stellt sie zur Gattung *Palaeoniscus* (*Palaeoniscus absii*, *varians* und *altus*). LÜTKEN (51) fordert jedoch ein Ausstoßen der drei Arten aus dem Genus *Palaeoniscus*, weil „sie nicht vollständige Heterocerkie, sondern nur eine Andeutung oder eine Annäherung an eine solche zeigen“.

Die Beschreibungen KIRKBY's (38) und TRAQUAIR's (70) und die Abbildungen im Quarterly Journal lassen tatsächlich klar erkennen, daß die Fulwell-Hill-Fische nicht nur im Bau der Caudalis, sondern auch in ihren übrigen Merkmalen den sechs Eislebener Exemplaren außerordentlich nahe stehen. Das Zurücktreten der Dorsalis ist bei *Palaeoniscus varians* ebenfalls festzustellen. Stets sind völlig glatte, am Hinterrande deutlich gezähnelte Schuppen zu beobachten, die auf der dorsalen Körperhälfte von der rhombischen

Form abweichen. Bei *Palaeoniscus glaphyurus* sind sie über der Seitenlinie sechseckig (Taf. XVII, Fig. 8), nahe der Rückenkante blattförmig. KIRKBY berichtet über die Schuppenform von *Palaeoniscus varians* entsprechendes: „The scales are large, comparatively thick, rhomboidal variously modified, smooth to the eye“ (S. 354).

Glatte und im Vergleich zu *Palaeoniscus freieslebeni* größere Fulcren sind bei den Fulwell-Hill-Fischen wie bei *Palaeoniscus glaphyurus* AGASSIZ zu beobachten. Vor dem oberen Lobus trägt das Exemplar der Sammlung SIEGERT nur vier große Schildschuppen. Auch KIRKBY erwähnt eine geringere Zahl (4 bis 5) für seine englischen Stücke. Das Zurücktreten der Dorsalis ist auch bei *Palaeoniscus varians* nach der Zeichnung festzustellen. Die Fulwell-Hill-Fische sollen sich durch eine schmale, spitze Schnauze auszeichnen. Mir steht nur ein Exemplar von *Palaeoniscus glaphyurus* (Sammlung PANGERT) mit erhaltenem Kopf zur Verfügung. Obwohl der Schädel etwas verpreßt dorsal eingebettet ist, fällt seine von *Palaeoniscus freieslebeni* abweichende Form doch sofort ins Auge und ich möchte auch in diesem Merkmal eine Verwandtschaft mit den englischen Stücken sehen.

Obige Angaben werden es rechtfertigen, *Palaeoniscus glaphyurus* mit *Palaeoniscus varians*, *absii* und *altus* zu einer Gattung zu vereinigen. Diese muß den Orthoganoiden eingegliedert werden; denn nur dort finden wir eine entsprechende, halb-heterocerke Ausbildung. TRAQUAIR (70) hatte die nahe Verwandtschaft der Fulwell-Hill-Fische mit dem Orthoganoiden *Ischypterus* EGERTON (*Semionotus* AGASSIZ) erkannt. Ein wichtiger Unterschied führte ihn jedoch zur Aufstellung der Gattung *Acentrophorus*: „A difference of decided generic value, however, is to be found in the absence in the Fulwell Hill-fishes, of the median row of spur-shaped scales along the back so prominent in *Ischypterus*; and in reference to this distinction, I propose the new generic term *Acentrophorus* for the *Palaeoniscus varians absii* and *altus* of KIRKBY“ (S. 565).

Da TRAQUAIR die Zugehörigkeit von *Palaeoniscus glaphyurus* zu dieser Gattung offen gelassen hat, scheint mir die günstigste Lösung zu sein, für unseren kleinsten Fisch aus dem Kupferschiefer die Bezeichnung *Acentrophorus glaphyurus* festzulegen. Seine Artmerkmale sind:

Die Caudalis trägt 14 stark gegliederte aber am Ende ungespaltene Strahlen. Dorsalanfang liegt Drei-Schuppen-Längsreihen vor dem Anfang der Analis. Die glatten Schuppen sind unterhalb der Seitenlinie rhombisch, oberhalb sechseckig und nahe der Rücken-kante blattförmig. In der Querreihe (Kopf—Schwanzwurzel) liegen etwa 38, in der Längsreihe (Anfang Dorsalis bis Bauchkante) 9—10 Schuppen. Totallänge bis 50 mm.

II. Teil.

Abbau des Kupferschieferflözes und das Auffinden von Fossilien.

Der Abbau des Flözes schreitet im Eislebener Revier von West nach Ost auf den Kern der Mansfelder Mulde zu. Da das Flöz in dieser Richtung durchschnittlich mit 5° einfällt, und die Saigerteufe einer Tiefbausohle 63 m beträgt, muß sich der Bergbau schnell den Verhältnissen der größeren Tiefe anpassen. Vor allem gilt es, den in diesen Teufen außerordentlich stark werdenden Gebirgsdruck richtig auszunutzen. Während man im vorigen Jahrhundert auf fischgroßen Schieferplatten nicht selten zahlreiche Fische gefunden hat²⁾, ist es heute praktisch kaum möglich, selbst nur $\frac{1}{4}$ m² große Platten nach Fossilien abzusuchen. Der Vorgang, der durch den Gebirgsdruck hervorgerufenen Flözermürbung und Flözersplitterung und die damit verbundene Schwierigkeit, etwa orientiert liegende Fischleichen aufzusuchen, soll im folgenden kurz geschildert werden.

Das 0,4 m mächtige, nur 2½% Cu enthaltende Flöz wird durch diagonalen Strebbau hereingewonnen. Auf den Versatz senkt sich allmählich ein Paket aus 1 m hangenden Schiefen und 3—5 m biegsam nachgebendem Zechsteinkalk. Darüber bleibt, durch eine Schichlfuge getrennt, der ungebauete, harte und spröde Anhydrit (bis 70 m mächtig) stehen. Da die Streblinie bogenförmig geführt wird, bildet sich über dem annähernd kreisrunden abgebauten Felde ein ungestützter Anhydrit-Kugelabschnitt aus, der sich schließlich vom hangenden Steinsalz ablöst und in heftiger Erschütterung auf

²⁾ Die erste Tiefbausohle wurde 1864 angelegt; jetzt ist man beim Ausrichten der elften (846-m-Teufe). Der Abbau geht jetzt hauptsächlich in der neunten (720-m-Sohle) um.

den Zechsteinkalk fällt (vgl. Fig. 9 bei GILLITZER [27]). An der Strebkante wirkt jetzt ein sehr starker Druck auf das zu gewinnende Flöz ein, der sich nach GILLITZER (27) in der Hauptsache aus zwei Komponenten zusammensetzt. Einmal tritt über dem Flöz ein Gewölbedruck der stehengebliebenen Anhydritkuppel auf. Zum anderen wirkt die Last der abgelösten Anhydritschale auf den von Versatz und Strebkante gestützten Zechsteinkalk als Durchbiegungsdruck. Beide Kräfte, die am starren, nicht nachgiebigen Weißliegenden ein Widerlager finden, erzeugen im Flöz ein System paralleler Spalten, sogenannter Druckschlechten, deren Streichrichtung mit der der bogenförmigen Strebkante zusammenfällt und deren Einfall von der Größe der über dem Abbaufelde stehenden Kuppel abhängig ist. Der Häuer kann nun durch Schrämen der untersten Flözlage (feine Lette) mit dem Pickhammer die einzelnen „Abdrücke“ (von Druckschlechten begrenzte Gesteinsstücke) leicht hereingewinnen. Diese Abdrücke sind durchschnittlich 10–12 cm breite, annähernd prismatische Gebilde. Eine Gewinnung größerer Platten ist bei den eben geschilderten Verhältnissen nicht möglich. Zudem wird durch das Schrämen die feine Lette, die zweifellos einen großen Prozentsatz der Fossilien birgt, vollkommen zerstört. Beim Aufhauen eines neuen Flügels tritt die Druckwirkung bereits nach einigen Tagen auf. Die vor diesem Zeitpunkte durch den Preßluft-Pickhammer hereingewonnenen Schieferstücke sind jedoch noch kleiner als die Abdrücke.

In den untersten Flözlagen trifft man manchmal stufenförmig zerpreßte Schieferstücke und die Fische sind in dieser Zone bisweilen stark deformiert. Zunächst ist man geneigt, hier tektonische Wirkungen aus der Zeit der Anlage der Mansfelder Mulde anzunehmen. Tatsächlich können aber auch hier Erscheinungen des Abbaudruckes vorliegen. Bei der Hereingewinnung des Flözes verliert das Anhydritgewölbe seinen Stützpunkt. Dieser wird von der wachsenden Kuppel ins unverritzte Feld verlegt, und die Quetscherscheinungen in der Lette sind Auswirkungen der auf dem starren Weißliegenden vorwärtsschreitenden Druckkräfte.

Sowohl die Zersplitterung des Flözes als auch die außerordentlich beschränkten Ausmaße des Arbeitsplatzes für den im Gedinge arbeitenden Häuer ließen mir das Absuchen nach Fossilien vor der Strebkante als undurchführbar erscheinen. Ich versuchte deshalb, beim Vortreiben einer Strecke günstigere Bedingungen zu finden.

Hier spielt der Abbaudruck mit seiner zermürbenden Wirkung naturgemäß keine Rolle. Da die Bohrungen für die Sprengladung nicht ins Flöz, sondern nur in die hangenden Schichten getrieben werden, hoffte ich, größere Platten vorzufinden. Jedoch fand ich bei meiner Befahrung auch hier das vom Hangenden befreite Flöz durch ein System paralleler Spalten in schmale Lineale zerlegt. Da die Spalten nicht an den Seiten der Strecke in den Stoß fortsetzen, können sie nur im Augenblick der Sprengung entstanden sein. Die durch die Explosion hervorgerufenen Erschütterungswellen laufen senkrecht durch das Flöz und werden teilweise vom widerstandsfähigen Weißliegenden zurückgeworfen. Der Schiefer ist an dieser Stelle durch den entstandenen Hohlraum zum größten Teil von der Last der hangenden Massen befreit, und so wird er von den zurückgeworfenen Druckwellen hochgebogen. Dabei zerreißt er in einzelne parallele Streifen. Nur der unterste Teil, die feine Lette, ist so plastisch, daß ihr Gefüge nicht zerstört wird. Nachdem das zerschossene hangende Material entfernt ist, braucht der Häuer nur die einzelnen Lineale des Flözes mit dem Pickhammer zu lockern, damit sie vom Schlepper auf die Schippe genommen werden können. Gleichzeitig mit der das Flöz schräg durchsetzenden Spaltung lösen sich die Hauptlagen des Flözes an zwei Schichtfugen voneinander. Im Eislebener Revier unterscheidet der Bergmann von oben nach unten folgende Lagen:

Berge	Schichtfuge
Köpfchen	
Kopf	Schichtfuge
Kammschale	
Grobe Lette	Schichtfuge
Feine Lette	

Die Berge werden mit der Schießarbeit hereingewonnen; dann entfernt man den oberen Teil des Flözes (Köpfchen und Kopf), schließlich die durch Schichtfugen vom hangenden Teil und der feinen Lette getrennten Kammschale und grobe Lette. Die sehr dünne, ungespaltene feine Lette wird mit dem Pickhammer in bis zu $\frac{1}{4}$ m² großen Platten herausgebrochen. Hier wäre also die Möglichkeit zum Absuchen und zur Lagebestimmung der Fischreste gegeben. Meine Bemühungen scheiterten jedoch an der außerordentlich großen Seltenheit der Funde. Es scheint die seit einer Reihe von Jahren von den Mansfelder Bergleuten aufgestellte Behauptung,

daß die Fossilien in den tieferen Sohlen seltener werden, doch gerechtfertigt zu sein. Man hat diese Behauptung bisher wiederholt bestritten und die Erklärung für die geringe Zahl der Funde allein in der Zerstückelung des Flözes gesehen. Da beim Streckenschießen aber relativ günstige Sammelbedingungen vorliegen, wird man die Ansicht der Bergleute doch nicht von der Hand weisen können. Häuer und Schlepper wie auch die Kläuber über Tage erhalten für jeden abgelieferten Fund eine Belohnung. Trotzdem ist das bei der Verwaltung eingehende Material nur spärlich, so daß ein planmäßiges Absuchen unter Tage, welches auf irgendwelche paläogeographische oder paläobiologische Auswertung abzielt, heutzutage durchaus zwecklos erscheint³⁾. Es war mir somit bei der Herausarbeitung der Einbettungsfaktoren nur möglich, das Material der Sammlungen auszuwerten.

III. Teil.

Lebensraum und Todesursachen.

Das erfolglose Absuchen nach Fossilien habe ich beim Vortreiben eines Flachen von der zehnten zur elften Sohle im Vitzthumschächter-Revier vorgenommen. Die Beamten des Bergbaues versicherten mir, daß man auf den oberen Sohlen (im Gebiete des Hohental- und Clothilde-Schachtes) bei weitem häufiger Fische gefunden habe. Es liegt nahe, die Erklärung für diese Tatsache in paläogeographischen Verhältnissen zu suchen. Die verschiedene Ausbildung des Flözes im Mansfelder Revier, auf die ich weiter unten genauer eingehe, die ungleichmäßige Fossilkonzentration und die Einbettung der Pflanzen und Fische machen die Annahme unmittelbarer Festlandnähe wahrscheinlich. In letzter Zeit hat WEIGELT (82) mit der Beschreibung eines hochinteressanten Reptilfundes, *Palaeocamaeleo jaekeli* nov. gen. nov. sp., einen neuen Beweis für den ausgesprochenen Flachwassercharakter des Kupferschiefermeeres im Mansfelder Revier erbracht. *Palaeocamaeleo* weist die für rezente gestrandete Wirbeltierleichen typische Lage auf, die wir nach WEIGELT das „Anspülen einer Facette“ nennen können. Aus dem anatomischen Bau des Fossils geht andererseits hervor, daß

³⁾ Eine Kameradschaft kann wochenlang mit dem Vortreiben einer Strecke beschäftigt sein, ohne einen einzigen Fisch zu finden.

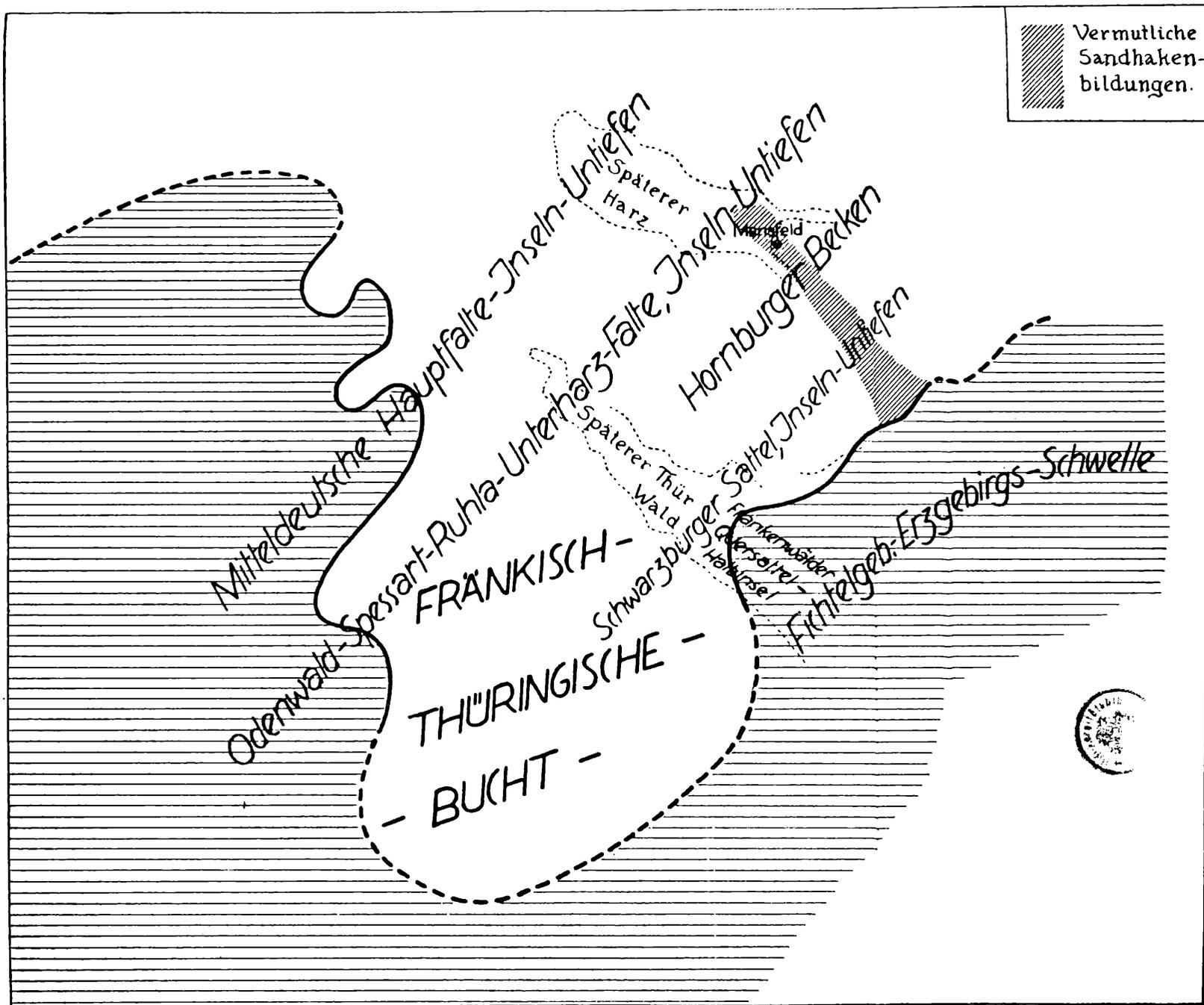


Fig. 1. Palaeogeographische Karte des Kupferschieferbeckens. Nach v. Freyberg.

es ein baumbewohnendes Kletttertier gewesen ist und deshalb in Waldgebieten des Binnenlandes gelebt haben wird. Somit macht auch dieser Fund nahe Schwellengebiete wahrscheinlich, die zur Zeit der Schlammablagerung noch nicht vom Meer in Besitz genommen waren. Wo haben wir solche Schwellen in der Nähe des Mansfelder Reviers zu suchen? Man muß sich bei solchen Überlegungen vor allem von den Umgrenzungen heutiger morphologischer Elemente freimachen. Genau so wie das Kupferschiefermeer über das Gebiet des heutigen Thüringer Waldes hinweggegangen ist (vgl. VON FREYBERG, 17), müssen wir auch den Harz als höher liegende morphologische Einheit aus dem Bilde der damaligen Landoberfläche streichen. Auch STILLE hat dies mit Recht gegen die Ansicht GRUPE's, der sich den Harz bereits zur Kupferschieferzeit als Schwelle bestehend denkt, ausgesprochen. Das ingredierende Meer fand eine weit abgetragene Landoberfläche vor, deren noch bestehende Erhebungen rein variskischen Verlauf hatten. Vergleicht man VON FREYBERG's paläogeographische Karte (vgl. Fig. 1), so tritt die weit nach Süden in dieses Schwellengebiet einspringende Bucht des Kupferschiefermeeres als wichtiges Element hervor. Wir haben für ihre Ausdehnung etwa bis zur Mainlinie Anhaltspunkte. Die südliche Umrandung bleibt also rein hypothetisch. Nach Norden wird sie durch eine Linie vom offenen Meere abgeschnitten, die die nördlichen Ränder der böhmischen und rheinischen Masse in der Höhe des Unstrutlaufes verbindet. Da dieser relativ kleine Ausläufer des Meeres (etwa so groß wie Bayern) für das Verständnis der paläogeographischen und ökologischen Verhältnisse durchaus von Bedeutung ist, möchte ich ihm eine besondere Bezeichnung geben und die Benennung „Fränkisch-Thüringische Bucht“ vorschlagen.

Bei der Eroberung dieses Gebietes stieß das Meer auf die SW—NO streichenden Schwellenzüge, ohne Zeit zu ihrer Aufarbeitung zu haben. Dort, wo uns das Liegende des Kupferschiefers aufgeschlossen ist, finden wir ja meistens ein sehr geringmächtiges Konglomerat. Selbst niedrige Klippen aus devonischem oder kulkischem Gestein konnte es in Thüringen nicht abtragen. Dort jedoch, wo die Ruhla-Unterharzschwelle aus der Fränkisch-Thüringischen Bucht ins freie Meer hinausragt, finden wir heute das Weißliegende des Mansfelder Reviers, welches das Ergebnis weitgehender Meeresaufarbeitung darstellt. An diesen Stellen mag die

Ingression einige Zeit gestockt haben. Die in der ariden Periode der Rotliegendzeit gebildeten Sandschuttfächer boten dem Meer geeignete Angriffsflächen, um Dünen- und sandschaar-artige Bildungen entstehen zu lassen, die sich im Mansfeldischen als Querriegel zwischen die variskischen Schwellen legen. Von den lokalen Verhältnissen in diesem kleinen, durch den Bergbau erschlossenen Gebiet erhalten wir ein klareres Bild, wenn wir hier den Übergang vom offenen Kupferschiefermeer zur zweifellos sehr seichten, schwellenreichen Fränkisch-Thüringischen Bucht sehen, die für die Fische einen recht labilen Lebensraum gebildet haben wird. Ob dem vordringenden Meere auch an anderen Eintrittsstellen zur Bucht eine Aufarbeitung rotliegender Schuttmassen möglich war, wissen wir nicht. Immerhin halte ich es für wahrscheinlich, daß hier ein Kampfgebiet zwischen Land und Meer gelegen haben muß, das sandhakenartigen Bildungen geeignete Ansatzflächen geben konnte.

Welche Lebensbedingungen fanden nun die Fische im Mansfelder Revier vor? Für eine rohe Rekonstruktion ihres Lebensraumes geben uns die Arbeiten von MEINECKE (53), VON FREYBERG (17) und WEIGELT (77) gute Anhaltspunkte. MEINECKE zeigte zuerst, daß die Ausbildung des Zechsteinkonglomerats, das in der Mansfelder Mulde völlig fehlt, und die Auflagerungsfläche des Kupferschiefers auf eine weitgehend eingeebnete Landoberfläche hindeuten, die sich das vordringende Zechsteinmeer ohne jede Abrasionswirkung erobern konnte. Einzelne variskisch streichende Höhenzüge wurden vom Kupferschiefermeer noch nicht überflutet. Zu ihnen gehört die unser Gebiet im Nordwest begrenzende Unterharzer Schwelle. Das Liegende des Kupferschiefers beweist andererseits ein Ansteigen der Landoberfläche und des späteren Meeresbodens in den südlichen und südöstlichen Revieren (Hermann- und Dittrich-Schacht). Die an der Unterharzer Schwelle nach SO vordringenden Schuttmassen bilden in der heutigen Mansfelder Mulde die rotliegenden Sedimente. Das Oberrotliegende wird von oben nach unten in folgende Horizonte gegliedert:

- ro₅ hangender Sandsteinschiefer
- ro₄ Porphyrkonglomerat
- ro₃ rundkörniger Sandstein
- ro₂ mittleres Konglomerat.

Für den hangenden Sandsteinschiefer konnte LUDWIG (50) eine gleichmäßige Abnahme seiner Mächtigkeit von Nordwest (Mansfeld, Schloßberg 13'7 m) nach Südost (Dittrich-Schacht 0 m) nachweisen. Auf einer Skizze hat er die Mansfelder Mulde nach den Mächtigkeitswerten des Sandsteinschiefers in drei Zonen eingeteilt (vgl. auch Fig. 2). In der ersten nordwestlichen, zwischen Gerbstedt, Hettstedt und Creisfeld, liegen die Werte zwischen 13'7 und 7'0 m. Die zweite, mittlere Zone (Clothilde-, Hohental- und Wolfsschachtrevier) weist Mächtigkeiten zwischen 4'5 bis 1'35 m auf. In der südöstlichen, dritten Zone, dem Revier des Hermann- und Dittrich-Schachtes, fehlt der Sandsteinschiefer vollständig. Diese Zahlen gestatten nun eine paläogeographische Auswertung, weil das zwischen Sandstein- und Kupferschiefer sich einschaltende Weißliegende ebenfalls in den drei Zonen verschieden mächtig auftritt. Die in dieser Facies plötzlich auf mehrere Meter Höhe anschwellenden Erhebungen wurden von MEINECKE und LUDWIG als Dünen gedeutet. In der ersten Zone treten nach LUDWIG 1—2 m hohe Dünen auf. Zone II zeigt die größten Mächtigkeitswerte für das Weißliegende (Dünenhöhe bis 10 m) und in der dritten Zone fehlt es vollständig. Da sowohl das Weißliegende wie auch der Sandsteinschiefer im Südosten fehlen, nimmt LUDWIG an, daß letzterer hier auch vorhanden war, aber der Abrasion des Zechsteinmeeres zum Opfer gefallen sei, „weil an keiner Stelle des Untersuchungsgebietes außerhalb der weißliegenden Dünen Sandsteinschiefer angetroffen wurde. Nur unter dem Schutze der Dünen konnte also diese Schicht des Oberrotliegenden erhalten bleiben“ Weiter wird die Gränze zwischen Zone II und III als Meeresufer zur Bildungszeit des Weißliegenden angenommen, da auf das völlige Fehlen dieser Schicht in Zone II sofort die höchsten Dünen im Südosten der III. Zone folgen. Mit dieser Feststellung wäre uns wieder eine wichtige Markierung in einer paläogeographischen Skizze ermöglicht. An Stelle der Abrasion des Sandsteinschiefers in Zone III möchte ich jedoch ein primäres Fehlen annehmen. Einmal würde diese Auffassung der größeren Entfernung von der Unterharzer Schwelle durchaus entsprechen. Zone I, die sich dieser Schwelle in der Mansfelder Gegend unmittelbar anlegt, weist die größten Mächtigkeitswerte des r_0 auf, so daß wir uns eine von der Schwelle nach Südost erstreckende Schuttflanke vorstellen können, die nach dem Muldenkern des Hornburger Beckens zu (ver-

gleiche Fig. 2) allmählich auskeilt. Zum andern spricht die Ausbildung der Bleichungszone unter dem Weißliegenden und in Zone III direkt unter dem Flöz für die Annahme, daß in diesem südöstlichen Gebiet ro_5 überhaupt nicht abgelagert wurde. Diese Bleichungszone — das Grauliegende — ist kein stratigraphischer Horizont, sondern stellt die Auflagerungsfläche des Zechsteins auf das Rotliegende dar, so daß man die Bleichung mit der reduzierenden Wirkung des Kupferschiefermeeres erklärt hatte; WEIGELT (77) hat sich jedoch für eine Fortführung des Eisens durch die Humussäuren einer Vegetationsdecke ausgesprochen, die bereits vor der Ingression den mitteldeutschen Boden bedeckte. In letzter Zeit hat BECKSMANN (4) neue Beweise für diese Annahme erbracht. In der Mansfelder Mulde ist der Sandsteinschiefer (Zone II und III) stets 0,5—1 m tief gebleicht worden. Das Porphyrkonglomerat der III. Zone, das hier das Liegende des Flözes bildet, zeigt bis 5'0 m herunter graue Farbe. Seine petrographische Beschaffenheit macht ein tieferes Eindringen der Bleichung durchaus verständlich. Wenn es vor dem Eindringen des Meeres aber noch von einigen Metern Sandsteinschiefern bedeckt gewesen wäre, dürfte die Bleichung doch nur 0,5—1 m dieses oberen Horizonts ergriffen haben und das Porphyrkonglomerat müßte von ihr ganz verschont geblieben sein. Ich halte deshalb das primäre Fehlen des Sandsteinschiefers in der III. Zone für wahrscheinlicher. Das ingredierende Meer fand hier im SO zunächst ein höheres Gebiet vor, das es noch nicht überfluten konnte (vgl. LUDWIG, 50). Zone I und II wurden vorher bedeckt und angeschnittene, niedere Kliffs (vgl. WEIGELT, 77) lieferten hier das Material für das Weißliegende. Als dann später der Wasserspiegel auch den südöstlichen Sockel überstieg, gaben außerordentlich ruhige Küstenverhältnisse nur noch dem feinen Faulschlammgerel Absatzmöglichkeiten.

Besonders interessant liegen die Verhältnisse zu beiden Seiten der „Dünen“. MEINECKE (53) hat diese weißliegenden Erhebungen zum ersten Male untersucht und als Dünen gedeutet. In letzter Zeit stellte Herr Bergwerksdirektor GILLITZER die Umgrenzung des Hauptdünenzuges genauer fest (vgl. Fig. 2). Die einzelnen Erhebungen bilden einen bis zu 100 m breiten Wall, der senkrecht zur variskischen Richtung verläuft und im Gebiete des Vitzthum-Schachtes allmählich verschwindet. Die Mansfeld A. G. konnte beim fortschreitenden Abbau östlich des Dünenzuges eine dunklere, fein-

körnigere Ausbildung des Schiefers beobachten, so daß man hier auf größere Tiefe des Kupferschiefermeeres schließen kann. Nimmt man demnach zwischen der Unterharzer Schwelle und dem Hauptdünenzuge ein flacheres Becken an, so lassen sich die Fossilkonzentrationen auf den höheren Sohlen außerordentlich gut erklären. In dem westlichen, landnahen Gebiete fanden die Fische wahrscheinlich bessere Lebensbedingungen als im offenen Meere. Hier sammelten sie sich an, um bei Verschlechterung der Wasserverhältnisse zugrunde zu gehen. Auf die Berechtigung dieser Annahme komme ich gleich zu sprechen. Vorher* soll auf die Entstehung des Dünenwalles kurz eingegangen werden.

MEINECKE und LUDWIG sprechen sich für reine Dünenbildung aus. LUDWIG's Gründe sind vor allem:

1. Der petrographische Charakter (außerordentlich gleichmäßiger Quarzsand),
2. die Gestalt der Dünen, Wind- und Meereseite,
3. die lokale Verbreitung und
4. die ausgeprägte Kreuzschichtung.

BECKSMANN (4) wies aus der Abrollung der Quarzkörner nach, daß über 50 % durch Wind transportiert worden sind. Hieraus hat WEIGELT auf eine Aufarbeitung des unter Wasser geratenen Dünenmaterials geschlossen, so daß uns in den heutigen Formen nehrungs- und sandschaar-artige Gebilde vorliegen. Diese Auffassung scheint mir mit den eben geschilderten Tiefenunterschieden durchaus im Einklang zu stehen. Der südöstliche, variskisch streichende Sockel (Zone III) ist der Ansatzpunkt für den hier am höchsten und breitesten entwickelten Sandwall, der sich von hier aus senkrecht zur variskischen Richtung nach Nordosten fortsetzt, um sich in einer tiefer gelegenen Rinne (durch gute Kupfergehalte gekennzeichnet) im Gebiete des Vitzthum-Schachtes allmählich zu verlieren. Da das Längenwachstum eines Sandhakens bei gleichbleibender Sandzufuhr und gleichbleibender Stoßkraft des Wassers im Quadrat der Meerestiefe abnimmt (nach ANDRÉE, 2) wird der Sandtransport hier im Norden seine Grenze gefunden haben. Daß Küstenversatz eine Rolle gespielt hat, scheint mir auch die Form der Dünen wahrscheinlich zu machen. Nach LUDWIG hat die Nordost-, also die Meereseite der einzelnen Erhebungen den steileren Fallwinkel. In Wirklichkeit weisen Dünen aber doch zunächst immer eine schwache Luv- und eine steile Leeseite auf.

Wir werden nach dem bisher Gesagten bei der Ingression des Zechsteinmeeres in das Gebiet des heutigen Bergbaus folgende Ereignisse zeitlich trennen können:

1. Vordringen des Meeres in westlicher Richtung.
2. Anschneiden der Landoberfläche (Zone I und II) und Bildung des Weißliegenden und seiner Dünen aus dem Material des gebleichten Sandsteinschiefers.
3. Dünen und die südöstliche III. Zone werden überflutet.
4. Durch Küstenversatz wird der Dünen sand teilweise umgelagert.
5. Der Meeresspiegel übersteigt die nahen Kliffs. Jegliche Aufbereitung ist unterbrochen. Flüsse mit außerordentlich geringem Gefälle bringen nur den feinsten Detritus von der weit abgetragenen Landoberfläche. Mit diesem Ton- und Quarzmaterial feinsten Kornes werden die Reste der unter Wasser geratenen Vegetationsdecke eingeschwemmt, so daß nur ein dunkler, an organischem Material reicher Schlamm zur Ablagerung kommt, dessen gröbere Komponente bereits vor dem Dünenzuge sedimentiert wird.

Welcher Art waren nun die Lebensbedingungen in dem Gebiet, das ich eben zu charakterisieren versuchte? Die spärlichen Evertbratenfunde (Brachiopoden, Bryozoen und Lamellibranchiaten) beweisen den marinen Charakter des Kupferschiefermeeres. Ob die Fische reine Salz- oder Süßwassertiere gewesen sind, können wir nicht mit Bestimmtheit entscheiden. Die häufigste Gattung *Palaeoniscus* — kennen wir nicht aus älteren Ablagerungen und deshalb liegen keine direkten Vergleichsmöglichkeiten vor. AGASSIZ hatte in die Gattung *Palaeoniscus* eine große Artenzahl aus rotliegenden Sedimenten einbezogen. Später wurde durch TRAQUAIR die Gattung dann so weit begrenzt, daß ihre Arten durchweg dem untersten Zechstein angehören. Wenn wir nun auch keinen *Palaeoniscus freieslebeni* oder *elegans* aus rotliegenden Süßwasserablagerungen kennen, so müssen wir die in West- und Mitteldeutschland, Schlesien und Böhmen so zahlreich verbreiteten *Amblypterus*-Arten der Lebacher Schichten, die AGASSIZ mit in die Gattung *Palaeoniscus* einbezog, doch als nahe Verwandte der beiden Kupferschieferarten ansehen. Ich erinnere an *Amblypterus latus*, *Amblypterus duvernoyi*, *Amblypterus elongatus*, die zusammen mit reiner Süßwasserfauna gefunden wurden. Auch *Amblypterus uratislaviensis* aus dem

Rotliegenden von Ruppertsdorf bei Braunau in Böhmen wäre hier zu nennen.

Platysomus finden wir bereits in der englischen Steinkohlenformation (*Platysomus forsteri* und *Platysomus parvulus*) in nicht- oder nicht rein marinen Ablagerungen. Andererseits ist der Fund eines *Platysomus gibbosus*⁴⁾ aus dem Stinkschiefer des Anhydrit interessant (vgl. Taf. XIX, Fig. 2). Da der Stinkschiefer als tonreiches, bituminöses Gestein einen Rückschlag auf die Verhältnisse der Kupferschieferzeit darstellt, wird man sich eine Einengung des Lebensgebietes vor der Ablagerung des Stinkschiefers vorstellen müssen, die eine Ablösung rein mariner durch brackische Verhältnisse herbeigeführt haben mag. Der *Platysomus* scheint mir somit an nicht rein marine (mir ist kein Fund aus dem Zechsteinkalk bekannt), sondern brackische Gewässer gebunden zu sein. POMPECKJ sieht in den Ganoiden eine ins Kupferschiefermeer gedrängte Süßwasserfauna. Da die Fische in den sehr landnahen Kupferlettenablagerungen des Spessart und der Wetterau scheinbar fehlen, verlegt er die fischreichen Landwässer in fernere, nicht mitteldeutsche Gebiete. Danach müßten wir dem ursprünglichen Süßwasserfisch eine sehr schnelle Anpassungsfähigkeit an Salzwasserhältnisse und sofortige weite Wanderungen im Kupferschiefermeere zusprechen. Es scheint mir wahrscheinlicher, die Ganoiden bereits zu Beginn der Ingression als an halbmarine, also brackische Gewässer, angepaßte Formen anzusehen. Ihre Vergesellschaftung mit rein marinen Tieren, Evertebraten und Fischen (*Wodnika*, *Janassa* und *Menaspis*) ist nun einmal nicht von der Hand zu weisen. Trotzdem konnten sie sich nicht beim Vordringen des Meeres und während der für Salzwasserfische zweifellos gesunderen Verhältnisse am Schlusse der Kupferschieferzeit (Dachberge) behaupten. Der hochspezialisierte Riffbewohner *Dorypterus* (vgl. WEIGELT, 84) wandert zu dieser Zeit ins Mansfeldische Gebiet ein. *Palaeoniscus* und *Platysomus* dagegen verschwinden. Ich stelle mir somit die rotliegenden Vorfahren unserer häufigsten Ganoiden als ursprüngliche Süßwasserbewohner vor, die aber schon vor der Ingression des Kupferschiefermeeres eine allmähliche Anpassung an brackische Küstenzonen durchgemacht hatten, und in ihrem neuen, durch den Faulschlamm Boden durchaus unwirtlichen Lebensraum sich

⁴⁾ Im Besitze des Herrn Bergwerkdirektors LUDWIG, Eisleben. Das Stück wurde im Hermannschächter Revier gefunden.

ihrer Anpassung gemäß geeignete Standplätze suchten. Der vollständigen Aussalzung zur Zeit der Dachberge- und Fäuleablagerungen konnten sie jedoch nicht mehr standhalten.

Es wäre nun eine Erklärung für die Fossilkonzentration im Mansfeldischen, die sich dort auch nur auf das Gebiet westlich des Dünenzuges beschränkt, zu suchen. Haben wir hier etwa eine besonders gefahrenreiche Zone vor uns, in der periodische Massensterben eintraten? VON FREYBERG (18) hat in letzter Zeit eine Beziehung der Verhältnisse des Kupferschiefermeeres mit denen der Lagoa dos Patos, einem 300 km langen Haff an der brasilianischen Küste, nördlich von Rio Grande, angedeutet. In ihm gehen jährlich große Fischmengen an dem schwankenden Salzgehalte des Wassers zugrunde. Durch den Wechsel der Windrichtung und der Trocken- und Regenzeiten wird hier Süßwasser von Meerwasser bis zu 4%iger Salzkonzentration abgelöst. „Das vordringende Seewasser bringt Seefische mit und die Süßwasserfische sterben in Mengen ab, und umgekehrt vernichtet das vordringende Süßwasser die marine Fauna und bringt Süßwasserfische mit. So werden in diesem 300 km langen Wasserbecken, alljährlich wiederkehrend, Reste von Süßwasser- und Meeresfischen gemeinsam abgelagert.“ Sollte man die Verhältnisse der Lagoa dos Patos vielleicht auf das kleine lagunäre Gebiet im Eislebener Gebiet übertragen können? Wenn die an Brackwasser angepaßten Ganoiden durch steigenden Salzgehalt ihren Tod gefunden hätten, so müßte die Salzkonzentration schon erheblich gestiegen sein. Eine Schwierigkeit des Vergleiches ergibt sich auch insofern, als zur Zeit des Schlammabsatzes der Dünenzug bereits unter dem Wasserspiegel lag. Auch können wir nicht einmal einen geschlossenen untermeerischen Sandwall, der das Gebiet des Clothilde-, Hohenthal- und Zirkel-Schachtes vom Meer abgegrenzt hätte, nachweisen. Vielmehr scheint im Vitzthumschächter Revier ein allmählicher Abfall zum tieferen Meeresboden vorzuliegen. Daß auch hier ein höherer Sandwall bestanden haben mag, der durch Küstenversatz abgehobelt worden sei, wäre ein unberechtigter Einwand; denn zur Zeit der Schlammbedeckung und des Fischsterbens lagen bereits die heutigen Dünenhöhen vor. Ich möchte aus diesem Grunde in dem westlich des Dünenwalles gelegenen Raum zur Zeit der Schlammablagerung keine Lagune sehen. Es kann nur ein landnahes, flacheres Gebiet gewesen sein, das durch Küstenversatz eventuell zur Lagune ausgebaut worden

wäre, wenn die fortschreitende Ingression den Sandschüttungsprozeß nicht unterbrochen hätte. Ist ein Massensterben der Fische durch wechselnden Salzgehalt nun auch in einem derart begrenzten Küstengebiet denkbar? Da kein abgeschlossenes Becken vorlag, wird sich das vom Lande kommende Süßwasser sehr bald mit Meerwasser vermischt haben. Immerhin mag durch den Schutz des untermeerischen Sandwalles eine Schichtung von schwerem Wasser mit größerem Salzgehalt und leichterem Wasser mit geringerer Salzkonzentration möglich gewesen sein. Eine erhebliche Sulfidfüllung ist ja nur bei äußerst ruhigen Verhältnissen denkbar. So kann ich mir wohl vorstellen, daß durch anhaltenden auflandigen Wind und zeitweilig geringe Niederschlagsmengen der Salzgehalt westlich des Sandwalles erhöht wurde. Hieraus aber ein Massensterben der Fische abzuleiten, dürfte wohl nicht angängig sein.

Einen anderen Hinweis auf die Todesursache der Fische gibt uns die Art der Sedimentation. Da der Kupferschiefer etwa 10 % Kohlenstoff aufweist, muß er aus einem Schlamm mit starkem Gehalt an organischem Material und damit reichlicher Schwefelwasserstoffabgabe hervorgegangen sein. Die Ausfällung der im Schiefer enthaltenen Sulfide kann auch nur durch H_2S und nicht durch den Kohlenstoff der organischen Substanz vor sich gegangen sein (WIENERT, 85). Der Boden des Kupferschiefermeeres muß also ähnliche Schlammbildungen getragen haben, wie wir sie heute in den Limanen Südrußlands und in seichten Buchten der Ostseeprovinzen finden. Der Vergleich POMPECKJ's zwischen Kupferschiefer- und Schwarzem Meer ist ja bekannt. Er erwähnt auch ähnliche Verhältnisse von den norwegischen Pollern, die von WEIGELT (77) ebenfalls zum Vergleich herangezogen wurden. Die Poller sind kleine, vom Meer durch eine Klippe getrennte Becken, in denen Meerwasser von einer Süßwasserschicht überlagert wird. Auf dem Boden findet reichliche H_2S -Entwicklung durch Fäulnisbakterien statt. Tritt bei Sturmflut plötzlich schweres, kaltes Salzwasser in das Meeresbecken ein, so wird die wärmere mit H_2S angereicherte Wasserschicht des Bodens gehoben und die zur Zucht ins Oberwasser eingesetzte Austernbrut stirbt plötzlich ab. Ähnliche Vergiftungen müssen auch in einem Küstengebiet denkbar sein, das bei gewöhnlichem Wasserstande nicht vollkommen vom Meere getrennt ist. In unserer westlich der Dünen gelegenen Binnenzone wird eine frische Süßwasserschicht ebenfalls mit H_2S

vergiftetes salziges Bodenwasser bedeckt haben. Die Ganoiden fanden in der oberen Schicht ausreichende Lebensbedingungen. Die Wassertemperatur wird hier erheblich höher als im östlichen, tieferen Becken gewesen sein. Bei Sturmflut drang kaltes Süßwasser in die Binnenzone, hob die wärmeren H_2S -reicheren Schichten vom Boden und rührte den vergifteten Schlammgrund auf. Einen Teil der durch die Verschlechterung des Wassers stark ermatteten Fische mögen die Wellen auf den Strand geworfen haben und beim Rückgange des Wassers können sie hier durch Erstickung ihren Tod gefunden haben. Die stark verwesenen Kadaver kann dann später wieder das Wasser abgehoben haben, so daß nur noch der mazerierte Panzerschlauch im Schlamm eingebettet wurde.

Es wurde bisher von der Voraussetzung ausgegangen, daß die Fossilkonzentration in unserem westlichen Gebiet in periodischen Massensterben ihre Erklärung finden müsse. Damit möchte ich mich jedoch keineswegs auf eine solche Annahme festlegen. Es kommt mir vielmehr darauf an, alle nur denkbaren Erklärungen gegeneinander abzuwägen. Wir finden heute am Boden gut durchlüfteter Meeresgebiete keine Leichenansammlungen, weil genügend Aasfresser in den unteren Wasserschichten leben. Im Kupferschiefermeer werden wir analog den Verhältnissen des Schwarzen Meeres jedoch nicht mit höheren Lebewesen am Grunde rechnen können, weil hier eine zu starke Vergiftung durch Schwefelwasserstoff vorgelegen haben muß. Alle niedersinkenden Fischleichen sind also auf dem Faulschlamme allmählich der Fäulnis ausgesetzt. Der Hautpanzer der Ganoiden wurde bei diesem Prozeß jedoch nicht angegriffen, sondern blieb uns erhalten. Die Fossilkonzentration westlich des Sandwalles läßt sich mit einer Bevorzugung dieses Lebensraumes erklären. Die Fische erhielten hier durch die Süßwasserzufuhr des Landes genügend Sauerstoffmengen und die für sie geeignete Salzkonzentration. Darum werden in diesem Gebiete dauernd Fischschwärme gestanden haben. Selbstverständlich muß in einem solchen Gebiet auch bei annähernd gleichbleibenden Lebensbedingungen eine größere Zahl eingegangen und fossil erhalten sein. Denken wir außerdem an den hohen Setzungskoeffizienten des mit Wasser gesättigten Faulschlammes, so täuscht das spätere Zusammendrängen aller erhaltenen Leichen in ein nur 40 cm starkes Schichtpaket eine Konzentration vor, die in Wirklichkeit nicht vorhanden war.

Die Ergebnisse dieses Abschnittes sollen kurz zusammengefaßt werden:

1. Das Mansfelder Gebiet hat paläogeographisch eine wichtige Position, weil es in der Übergangszone vom offenen Kupferschiefermeer zur schwellenreichen, wahrscheinlich seichteren, Fränkisch-Thüringischen Bucht liegt.

Die Ganoiden des Kupferschiefers waren wahrscheinlich Brackwasserformen, die bereits in der Rotliegendzeit durch allmähliche Anpassung aus Süßwasserformen hervorgegangen sind.

3. Das verhältnismäßig kleine Gebiet westlich des Eislebener „Dünenzuges“ war keine Lagune, sondern ein nur sehr unvollkommen abgeschlossener Küstenraum, der bei nicht fortschreitender Ingression eventuell zur Lagune ausgebaut worden wäre.
4. Die Todesursachen der westlich des Dünenzuges eingebetteten Eislebener Ganoiden sind in stärker werdendem Schwefelwasserstoff- und Salzgehalt bei auflandigen Winden und geringerer Süßwasserzufuhr zu sehen. Die Annahme periodisch auftretender Massensterben ist jedoch durchaus nicht erforderlich, weil die Fossilkonzentration westlich des Dünenzuges auch mit einer dichten Bewohnung dieses Lebensraumes erklärt werden kann. Zudem ist die anscheinend große Individuenzahl in dem Fehlen von Aansressern unter starker Zusammendrängung auf kleinem Raum während der Setzung des Sediments begründet.

IV Teil.

Fischleichen und Erzausfällung.

A. BERGEAT (5, S. 416) schreibt über die Ausfällung der Sulfide des Kupferschiefers: „Ziemlich sicher ist es wohl, daß sie (das heißt die Fische) die großen Bitumenmassen geliefert haben, und daß wir uns zu der Zeit, als das Zechsteinmeer vordrang, das erste seichte Becken als eine mit Kupferlösungen durchschwängerte Fischjauche vorstellen müssen, aus der die verwesenden Massen die Metallsulfide ausfällten.“ Nachdem wir über die Schlammsedimente ungenügend ventilierter und H_2S -reicher Gewässer genauer

unterrichtet sind, erscheint uns die Annahme eines großen Fischjauchebeckens, das sich über den mitteldeutschen Boden hinweg bis nach England erstreckt hätte, durchaus unnötig und unwahrscheinlich. Hier könnte man wieder auf den Vergleich mit dem Schwarzen Meer hinweisen. Als der Pontussee mit dem Mittelmeer in Verbindung trat, wird das hereindringende Salzwasser die Fischfauna des Binnensees vernichtet haben und dadurch reichlich Fäulnismaterial entstanden sein. Aber noch heute sind die Tiefen des Schwarzen Meeres derartig mit Schwefelwasserstoff erfüllt, daß dort nur anaëroben Bakterien Lebensmöglichkeiten gegeben sind. Und trotzdem werden täglich ungeheure Mengen H_2S durch die Tätigkeit der Sulfobakterien (in etwa 200 m Tiefe, hier obere Grenze der H_2S -Zone) zu Schwefelsäure und Schwefel oxydiert. Natürlich reicht die Zahl der heute im Schwarzen Meer absterbenden Fische bei weitem nicht aus, um die Vergiftung der Tiefenzone zu erklären. Der Schlamm des Meeresbodens ist durch hohen Gehalt an Einfachschwefeleisen dunkel gefärbt. Und diese Verhältnisse sind nicht nur in größerer Meerestiefe denkbar. Auch die seichten Limane der Uferzonen zeigen das gleiche Bild. Es müssen also der vom Lande eingeschwemmte, feine organische Detritus, das gröbere Pflanzenmaterial und das in freier See absterbende Plankton in erster Linie für die dauernde Neubildung des Faulschlammes verantwortlich gemacht werden. Aus ihm und den durch chemische Umsetzung entstandenen Sulfaten wird durch die Tätigkeit der desulfierenden Bakterien Schwefelwasserstoff erzeugt und durch Diffusion den Sulfobakterien der höheren Zonen zugeführt oder aber an Kationen zu Sulfiden gebunden. Auch im Kupferschiefermeer wird der größte Teil des Erzgehaltes nicht auf das Absterben der Fische, sondern auf sehr fein verteilte Fäulnissubstanz zurückzuführen sein, da sonst die von SCHNEIDERHÖHN (64) mikroskopisch nachgewiesene außerordentlich gleichmäßige Verteilung feinsten Sulfidkörnchen unerklärbar wäre. Inwiefern auch die Fischleichen an der Fällung der Erze beteiligt waren, soll im folgenden erörtert werden.

Vor FREYGANG (19) ist wiederholt die Meinung ausgesprochen worden, die starke Krümmung einer großen Zahl der Ganoidfischleichen sei eine durch Kupferlösungen herbeigeführte Vergiftungserscheinung. FREYGANG lehnte sowohl die Annahme einer derartigen Todesursache als auch die Erklärung der Einbettungslage ab. In der Tat ist eine weitgehende Krümmung weder bei einer

frischen Leiche noch bei einem lebenden Fisch als Vergiftungsbild möglich. STEINMANN und SURBECK (68) haben eine große Zahl von Versuchen zur Toxikologie der Fische angestellt. Die durch verschiedentlich vergiftetes Wasser am Fischkörper hervorgerufenen Erscheinungen lassen sich folgendermaßen schematisieren: Erregung, Atemkrämpfe, Zuckungen, klonische Krämpfe der Körpermuskeln bis zum mehr oder weniger vollständigen Tetanus und stärker werdende Gleichgewichtsstörungen; Endstadium: regungslos und reaktionslos in Seitenlage — Tod. Vereinfachungen des Vergiftungsbildes sind möglich, jedoch treten nie Krümmungen des ganzen Körpers auf. Der eingegangene Fisch liegt stets in Seitenlage und kommt sofort an die Wasseroberfläche oder er sinkt in kurzer Zeit auf den Grund. Diese Verschiedenheiten des spezifischen Gewichtes hängen in erster Linie von der im Augenblicke des Todes in der Schwimmblase des Fisches enthaltenen Gasmenge ab.

HOFFMANN hat einen getöteten Fisch bis zum Niedersinken auf den Boden beobachtet, um durch seine Versuche die Einbettungslage der Kupferschieferfische zu erklären. Hiernach und nach meinen eigenen Beobachtungen an Fischleichen in der durch Abwässer stark vergifteten Saale treibt die an die Wasseroberfläche gelangte Leiche zunächst steif und gerade ausgestreckt in Seitenlage. Durch die in der Bauchregion gebildeten Verwesungsgase (Darmbakterien) wird die Leibeshöhle stark gebläht und der Schwerpunkt des Fisches verlagert, so daß die Leiche später rücklings im Wasser liegt. Sowie sich die Gase einen Ausgang geschaffen haben, kippt der Kadaver wieder in Seitenlage. Aber nun ist der Körper bereits schlaff und nachgiebig. Kopf und Schwanz senken sich allmählich abwärts. WÖHLBIER (86) berichtet über das letzte Stadium des HOFFMANN'schen Versuches: „Am 15. Tage sank der Fisch nieder und stieß mit dem Schwanz auf den Boden. An dem folgenden Tage kam auch endlich der Kopf auf den Sand. Am 18. Tage legte sich der Fisch auf den Rücken. Der Schwanz breitete sich nach und nach auf dem Sande aus, gerade so wie die Schwänze der Schieferfische immer platt liegen.“

Damit hätte eine häufig auftretende Einbettungsform: Vorderkörper in Rücken-, Schwanz in Seitenlage und leichte Krümmung, ihre natürliche Erklärung gefunden. Gestreckte Seitenlage wäre ebensogut zu erklären. Auf die verschiedenen fossilen Einbettungs-

bilder werde ich im nächsten Teil genauer eingehen. Hier interessiert uns die Möglichkeit von Erzausfällungen durch den Einfluß der gesunkenen Leiche. Bisweilen findet man Fische im Mansfelder Revier mit Kupferkies vollständig überzogen. Die dünnen Erzhäutchen bedecken aber nicht die glänzende Ganoinschicht der äußeren Schuppenseite. Vielmehr liegt bei den „vererzten“ Fischen gewöhnlich die Innenseite des Schuppenpanzers dem Beschauer zu- gekehrt. Bei der Spaltung des Schiefers ist also die eine Schuppenseite des Körpers an der Hangend-, die andere an der Liegendplatte haften geblieben. Da dieser Ablösungsvorgang nun nicht immer glatt an allen Teilen des Fossils verläuft, können einzelne Partien der abgehobenen Panzerhälfte auf der anderen haften geblieben sein, so daß man an dieser Stelle die äußere Ganoinschicht vor sich sieht. Auffallend ist auch bei solchen Stücken die Beschränkung des Erzanfluges auf die Innenseite des Hautpanzers. Nie ist die Ganoinschicht selber mit Kupferkies überzogen. In der Sammlung des Geologischen Instituts Halle befindet sich eine Platte aus der groben Lette. Auf der Oberseite liegen zwei Exemplare von *Palaeoniscus freieslebeni*. Von einem dritten Exemplar ist am Rande nur der Kopf sichtbar. Die beiden parallel liegenden Fische weisen am Körper vorwiegend die Innenseite des Hautpanzers auf und sind hier mit einem dünnen Kupferkieshäutchen überzogen. Zwischen Dorsalis und Caudalis ist bei jedem der beiden Exemplare ein Stück der oberen, in der Hangendplatte steckenden Panzerhälfte haften geblieben. Die schwarze Ganoinschicht dieser Schuppen trägt keine Spur eines Erzanfluges. Die Kopfknochen beider Fische sind von der sonst in eine schwarze bituminöse Substanz umgewandelten Kopfhaut befreit und ebenfalls mit Kupferkies bedeckt. Der dritte Kopf am Rande der Platte trägt die chagrinartige Haut noch teilweise. Auf ihr kann man ebenfalls keinen Erzanflug beobachten. Aus den eben geschilderten Verhältnissen geht hervor, daß die Erzausfällung nur im Innern der Leiche stattgefunden hat.

Nimmt man als Ursache der Vererzung die Schwefelwasserstoffabgabe des Kadavers an, so läßt sich die Erscheinung gut erklären. Einmal wird die H_2S -Konzentration im Innern der Leiche außerordentlich groß gewesen sein, so daß hier sofortige Sulfidfällung möglich war. Andererseits bot die knöcherne Basalplatte der Schuppen mit ihren zahlreichen Osteinkanälchen (vgl. SCUPIN, 66) eine außerordentlich gute Adsorptionsfläche für das ausfallende

Sulfid. Demgegenüber müssen wir die glatte, nichtkalkige Ganoin-schicht als vollkommen ungeeignetes Adsorbens ansehen.

Häufig kann man auch in der Umgebung der vererzten Fische einen Kupferkiesanflug beobachten. Die Abhängigkeit der Form der vererzten Schieferfläche von den Konturen der Fischleiche schien mir zunächst ein Beweis für die Sulfidfällung durch den Schwefelwasserstoff des Kadavers zu sein. Wenn der Panzerschlauch noch intakt oder höchstens randlich ein wenig mazeriert ist, kann man den Erzanflug, besonders vor der Ventral-, Kehl- und Kopfreion, deutlich erkennen. Ein bis mehrere Zentimeter breites goldgelbes Feld breitet sich dann vor diesem Körperteil auf der Schieferplatte aus. Die Form des Feldes scheint der jeweiligen Richtung der aus dem Kadaver in den Schlamm drängenden Schwefelwasserstoffmenge genau zu entsprechen. Auf der oben beschriebenen Platte sind die Schnauzen der drei Fische einander zugekehrt. Die Entfernung der beiden äußeren Köpfe vom mittleren beträgt 5 cm. Das zwischen ihnen liegende Feld trägt Erzanflug und man kann deutlich die Fällungsbereiche der drei Köpfe unterscheiden. Ich konnte mich nun jedoch überzeugen, daß auch auf fossilereen Platten feine Kupferkiesanflüge vorkommen, die in ihrer Ausbildung vollkommen den Feldern an vererzten Fischen gleichen. So weist die eben erwähnte Platte mit den Resten dreier Fische auch auf der Unterseite deutlich Kupferkiesspuren auf. Diese Anreicherung feiner Kieskörnchen ist durch 1—2 mm Schiefersubstanz von einem starken, die ganze Platte durchziehenden Erzlineale aus CuFeS_2 getrennt. Da in diesem Falle keine Abhängigkeit von Fischleichen zu erkennen ist, möchte ich in den Kiesanflügen doch sekundäre Umlagerungserscheinungen sehen. Die Neigung des Kupferkieses, bei zunehmendem Gebirgsdruck zu wandern und feinste Hohlräume auszufüllen, ist ja bekannt. Ich glaube, daß der Kupferkies in der Nähe der vererzten Fische zunächst auf die Innenteile des Fossils beschränkt war. Bei der Diagenese wird er unter den Druckwirkungen dann auch in das Schieferfeld der nächsten Umgebung eingedrungen sein. Umgekehrt könnte man vermuten, daß die Vererzungen der Fische durchweg sekundäre Erscheinungen sind, so daß der ursprünglich fein verteilte Erzgehalt auf seiner späteren Wanderung in den Fossilien geeignete Ansammlungsbereiche vorfand. Die stärksten Verkiesungen liegen aber stets an vollkommen intakten Fischkörpern vor, die auf reichliche H_2S -Abgabe schließen

lassen und bei starker H_2S -Konzentration würde auf Grund der Fällungsbedingungen der Sulfide auch tatsächlich $CuFeS_2$ als Vererzungsmittel in Frage kommen. Hierauf gehe ich weiter unten noch genauer ein.

Die Zahl der vererzten Fische ist verhältnismäßig gering. Immerhin machen sie wahrscheinlich, daß eine sofortige Sulfidfällung durch ihre Fäulnisgase stattgefunden hat. Die Bildungsbedingungen der Kupferschiefererze sind trotz der umfangreichen Literatur bisher noch nicht befriedigend geklärt worden. Da die Faktoren der Fällung und der Diagenese außerordentlich mannigfaltig gewesen sein müssen, ist es schwer, die Bedeutung der Fischleichen für diese Vorgänge abzuwägen. Nachdem die Vertreter der Epigenese den Syngenetikern das Feld geräumt hatten, stellte FULDA (21) 1928 eine ganz neue Ansicht zur Diskussion. Nach ihm soll der Bleicherdeboden des Liegenden an seiner Oberfläche einen „Rasenkupferstein“ getragen haben. „Unter Bedeckung von Faulschlamm, aus dem später diagenetisch der Kupferschiefer entstanden ist, wurde der Rasenkupferstein teilweise oder vollständig gelöst. Die Lösungen wurden von den Faulschlammgesteinen aufgesaugt.“ Die Erze sind nach ihm erst im Laufe der Diagenese entstanden. Diese Auffassung stützt sich in erster Linie auf die Ausbildung der „gelben Tresse“, einer etwa 2 cm mächtigen Erzlage an der Oberkante des Zechsteinkonglomerats. Im Mansfeldischen müßte diese Tresse so gut wie ganz aufgelöst worden sein, da das Weißliegende nur ganz zerstreut geringe Erzimprägation aufweist. Es erscheint mir nun sehr unwahrscheinlich, daß der Faulschlamm die vom Kupferschiefermeer gelösten Erze in unserem Gebiete aufsaugen konnte; denn ehe dieser zur Ablagerung kam, ist die obere Zone des Grauliegenden mit der angenommenen Erzlage bereits gründlich vom Meere aufgearbeitet worden. Es bildete sich aus ihm ein reiner Dünsand, der später von neuem unter den Wasserspiegel geriet und auf dem die Wellen des Flachwassers sehr deutliche Rippelmarks ausprägten. Erst nachdem durch die fortschreitende Ingression im Gebiete der heutigen Mulde außerordentlich ruhige Sedimentationsverhältnisse eingetreten waren, konnte der Faulschlamm das Weißliegende überdecken. Da würde dessen Erzgehalt bei einer so gründlichen Aufbereitung doch schon lange in Lösung gegangen sein, und der Faulschlamm müßte seinerseits erst Agentien vorgebracht haben, die eine Fällung der Meeressalze

bewirkten. Daß diese Fällung schon vor der Diagenese eingesetzt hat, beweist auch ein von WEIGELT (77) zuerst beschriebener gewundener Sandsteingang, der von unten in den Kupferschiefer aufsteigt. Während der Wasserabgabe des Schlammes entstanden in diesem Schrumpfungsrisse, in die der wassergesättigte Schwimmsand des Liegenden eindrang. Bei den weiteren Setzungen wurden die sandgefüllten Gänge in Falten gelegt. An einer solchen Sandsteinfalte schneidet nun eine Buntkupfererznaht ab. Sie muß sich also schon vor dem Aufreißen des Schlammes gebildet haben. Wenn FULDA's Theorie für andere Teile des Kupferschieferbeckens auch ihre Berechtigung haben mag, so scheint mir ihre Begründung für die Mansfelder Gegend doch nicht stichhaltig zu sein.

Es wäre nun noch zu untersuchen, weshalb nur eine geringe Zahl der Fische einen Erzanflug aufweist und warum in diesen Fällen vorwiegend Kupferkies als Vererzungsmittel gedient hat. Das wichtigste primäre in Flasern und Linsen auftretende Erz des Kupferschiefers ist nach SCHNEIDERHÖHN Buntkupferkies. Sein primärer Charakter wird durch das Fehlen von Verdrängungsresten älterer Sulfide in ihm und seine gleichzeitige Entstehung mit Karbonaten bewiesen. Kupferkies ist im Flöz auf durchgreifende Gängchen und Trümer beschränkt und deutet auf sekundäre Entstehung. Außerdem fand SCHNEIDERHÖHN Kupferkies in Form winziger Pünktchen im Schiefer zerstreut, die er als Reste vererzter Schwefelbakterien deutet. Danach wären die ersten Ergebnisse der Schwefelwasserstofffällung Buntkupfer und, untergeordnet, Kupferkies. WIENERT (85) hat die Bildungsbedingungen beider Erze untersucht. Wenn Schwefelwasserstoff gegenüber den gelösten Kupfer- und Eisensalzen im Überschuß vorhanden ist, fallen die höchsten Sulfide CuFeS_2 und CuS oder CuFeS_2 und FeS_2 nach der jeweiligen Konzentration der Kupfer- und Eisenionen aus. Sowie aber die Menge des Schwefelwasserstoffes nicht ausreicht, um alle Cuprisalze zu fällen, setzen sich die restlichen Kupferionen mit dem bereits gebildeten CuS zu Cu_2S um, das heißt es entstehen nun Kupferreichsulfide, in unserem System der Cu^{++} , Fe^{++} und S^{--} -ionen, also Cu_3FeS_7 , dem man die Baugruppe Cu_2S zuschreibt. Aus diesen Überlegungen folgert WIENERT, daß am Boden des Kupferschiefermeeres freier Schwefelwasserstoff nicht im Überschuß vorhanden gewesen sein kann, denn sonst wäre nicht Buntkupfer, sondern Kupferkies als wichtigstes primäres Erz entstanden. Auch das von

SCHNEIDERHÖHN im Schiefer reichlich gefundene Eisenkarbonat deutet auf eine geringe H_2S -Konzentration. Bei genügender Schwefelionenzahl hätte nicht $FeCO_3$, sondern statt dessen nur FeS bzw. FeS_2 gebildet werden können. Die primären fein verteilten Kupferkiespünktchen (vererzte Reste von Schwefelbakterien) müssen hiernach in schwefelwasserstoffreicher Umgebung ausgefallen sein. Zu Beginn dieses Abschnittes habe ich bereits die Bedeutung der Schwefelbakterien für faulschlammreiche Gewässer erwähnt. In einer bestimmten Tiefenzone des Meeres, der sogenannten Bakterienplatte (vgl. PIA, 58, S. 18), oxydieren sie den von unten aufsteigenden Schwefelwasserstoff zu H_2SO_4 oder Schwefel. Letzterer wird als Reservestoff im Körper gespeichert. Sinken die abgestorbenen Bakterien in den Schlamm, so kann der Schwefelvorrat ihres Körpers wieder zu H_2S verwesen. Bei der Zersetzung der Bakterien bildete sich nun Kupferkies und nicht Buntkupfererz. WIENERT führt diese Tatsache auf die schützende Wirkung des Schlammes zurück. Dieser soll den Kupferionen den Zutritt zum schon gebildeten CuS (Baugruppe des $CuFeS_2$) verwehrt haben, so daß kein Reichsulfid entstehen konnte. Danach müßten die abgestorbenen Bakterien, deren Wohnsitz nicht der Schlamm, sondern das freie Meerwasser war, erst nach vollständiger Sedimentbedeckung in Verwesung übergegangen sein. Man könnte hieraus weiter folgern: Konnte ein Kadaver noch reichlich H_2S entwickeln, wenn er bereits im Schlamm eingesunken war, oder wenn das Meer ihn mit Sediment bedeckt hatte, dann war seine Vererzung durch Kupferkies möglich. Die stark vererzten Fische, bei denen auch das benachbarte Schieferfeld Kupferkiesspuren trägt, sind nun stets sehr gut erhalten. Nie weist ihr Körper stärkere Mazerationserscheinungen auf. Ich möchte ihre Vererzung auf verhältnismäßig schnelle Einbettung zurückführen. Wahrscheinlich haben sie gar nicht nach ihrem Tode längere Zeit an der Wasseroberfläche gedriftet, sondern sind sofort zu Boden gegangen. Der nachgiebige, mit Wasser gesättigte Schlamm hatte ihren Körper schon bedeckt, ehe sich größere Mengen Fäulnisgase entwickelten. So wurde dem Auftrieb genügend Widerstand entgegengesetzt. Der Kadaver konnte dem Sediment nicht mehr entrissen werden. Nach und nach wird mit dem Austritt der Fäulnisgase Wasser mit gelösten Kupfersalzen in den Körper eingedrungen sein und die Fällung der Sulfide begonnen haben. Die vom faulenden Bindegewebe befreiten Basalplatten des

Schuppenpanzers sind für die zunächst kolloidal gebildeten Sulfide das geeignetste Adsorbens. Während der Diagenese kann der Kupferkies unter der Wirkung des wachsenden Gebirgsdruckes teilweise aus dem Fossil ausgetreten und in den angrenzenden Sedimentbezirk eingedrungen sein (Sulfidhäutchen).

Verkiesungen sind auch bei stark mazerierten Fischen möglich. Liegen Schuppen und Kopfknochen auf der Schieferplatte verstreut, so sieht man nur auf den mit ihrer Innenseite nach oben liegenden Teilen einen Erzauflug. Bricht man die schwarze Ganoinnschicht der übrigen Schuppen mit der Nadel fort, ist auch unter ihnen eine Kieshaut zu finden. An mazerierten Stücken habe ich das zwischen den Schuppen und Knochen liegende Schieferfeld jedoch nie vererzt gesehen. Zwischen Tod und Einbettung muß bei solchen Fischen eine lange Zeitspanne gelegen haben. Nach WEIGELT's Beobachtungen in Texas bildeten sich Risse in der Panzerhaut rezenter, angedrifteter Ganoidfischleichen oft erst zwei Monate nach dem Tod. Wird die Leiche schließlich nach weit vorgeschrittener Verwesung wieder vom Strande abgehoben, so kann nur noch der meist ventral geöffnete, randlich stark zerfetzte Panzerschlauch auf den Faulschlamm sinken. Dort breitet er sich aus, und durch außerordentlich schwache Wasserbewegung werden die sich ablösenden Schuppen und Kopfknochen in der Nähe des noch nicht mazerierten Schlauchteiles verstreut. Natürlich können solche Elemente in ihrer Umgebung keinen H_2S -Überschuß erzeugen. Die schwache Kiesimprägation der Basalplatten und der Hautknochen des Kopfes kann ich mir daher nur als sekundär, während der Diagenese entstanden, vorstellen. Der unter der Wirkung des Gebirgsdruckes wandernde Kupferkies wird in der Sponginsubstanz des Kopfskeletts und in der durch feine Kanäle stark vergrößerten Oberfläche der Schuppenplatten geeignete Ruhe- und Ansammlungspunkte gefunden haben.

Warum ist nun die Vererzung sowohl der intakten als auch der mazerierten Panzerschläuche eine durchaus seltene Erscheinung? Da nur der in den Schlamm eingesunkene Kadaver eine starke Kupferkiesfällung durch seine Schwefelwasserstoffabgabe bewirken kann, wird diese sofortige Sulfidbildung am Fischkörper schon als Ausnahmeerscheinung gekennzeichnet. Trotzdem man sich den Schlamm außerordentlich nachgiebig und wassergesättigt vorstellen muß, gestattet der Auftrieb der Leichen doch nur ein allmähliches Aufliegen auf das Sediment und bei einsetzender Fäulnis

können die entwickelten Gase den Kadaver von neuem vom Boden gehoben haben. Im letzten Abschnitt dieser Arbeit werde ich Stücke beschreiben, an denen man das lange Lagern der Leiche an der Schlammoberfläche erkennen kann. Einzelne Teile des Kopfskelette können sich hierbei ablösen und von schwacher Strömung an den Seiten des Kadavers entlang bis in die Nähe der Schwanzflossen getrieben werden. Der während des Auflagerns entweichende Schwefelwasserstoff diffundierte zum größten Teil in höhere Wasserschichten, so daß es nicht zur Fällung größerer Sulfidmengen kam.

Auch die sekundäre schwache Verkiesung der Schuppen- und Kopfknochen kann nur selten günstige Bildungsbedingungen gefunden haben. Der Gebirgsdruck trieb die zur Wanderung fähigen Sulfide stets zu den schon bei der Sedimentierung angelegten Schichtfugen, in denen wir heute ihre Anreicherung als kilometerweit niveaubeständige Erzlineale erkennen. Nur in Bezirken besonders starker Erzanreicherungen und bei günstiger Lage zum Druckgefälle der wandernden Sulfide konnten die stark adsorbierend wirkenden, kalkig bituminösen Knochenplatten verkiest werden.

Der Erzgehalt der Lagerstätte ist auf die H_2S -Abgabe des Faulschlamm-Mergels zurückzuführen und nicht auf die reduzierende Wirkung seines Kohlenstoffgehaltes. Diese konnte höchstens zum Metall oder Oxydul, nicht aber zu Sulfiden geführt haben (siehe WIENERT, 85).

Die Fischleichen waren an der Fällung der Sulfide nur in sehr beschränktem Maße beteiligt. Obwohl im heutigen Abbaugebiet des Vitzthum-Schachtes die Fischfunde große Seltenheiten sind, ist eine gleichzeitige Abnahme des Cu-Gehaltes keineswegs zu beobachten.

V. Teil Einbettung.

Das Spalten des Schiefers.

Um die Einbettungslage des Fisches an einem Sammlungsstück bestimmen zu können, ist die Unterscheidung von oberer und unterer Plattenseite wichtig. Kehrt der Fisch dem Beschauer die Rücken- seite zu, so kann er ventral oder dorsal eingebettet sein, je nachdem das Fossil an der Ober- oder Unterseite der Platte haftet. Der Mansfelder Kupferschiefer ist für die Lagebestimmung dank der niveaubeständigen petrographischen Ausbildung seiner einzelnen

Schichten außerordentlich gut geeignet. Nach einiger Übung ist es möglich, an jeder unverwitterten Platte festzustellen, aus welchem Horizont sie stammt, und diese Feststellung erleichtert die Orientierung der Plattenseite sehr. Die Eigenart der sehr wenige Zentimeter starken Schichten (feine und grobe Lette, Kammschale, Kopf, Köpfchen, Berge und Dachklotz) sind von FREYGANG (19) eingehend beschrieben. Immerhin kann man sich bei der Bestimmung irren, da nicht alle Merkmale durch die ganze Mulde horizontbeständig sind. So kann die „körnige Naht“ (kugelige Ausscheidungen von Erdpech zwischen feiner und grober Lette, vgl. WEIGELT (76) ganz fehlen oder 2—3 solcher Nähte können übereinander folgen. Nach FREYGANG (19) sind Kammschale und der obere Teil der groben Lette durch eine große Zahl feiner Gipshäutchen ausgezeichnet, so daß der Bergmann diese Schicht als „weißhaarig“ bezeichnet. Ich konnte mich jedoch überzeugen, daß auch diese Gipshäutchen fehlen können, jedenfalls sind sie dem unbewaffneten Auge mitunter nicht mehr erkennbar. Die Kammschale soll nach unten und oben stets durch eine Naht aus Kupferkies oder Gips begrenzt sein. Neben diesen Nähten läuft in ganz geringem Abstand eine sehr feine Erzimprägnierung, der Schein, her. Nach ihrer Lage bezeichnet der Bergmann die untere Begrenzung der Kammschale als feine Naht mit Schein nach unten, die obere als grobe Naht mit starkem Schein nach oben. Ich habe an der oberen Naht den Schein jedoch manchmal auch unterhalb oder gar nicht, am häufigsten aber zu beiden Seiten der Naht ausgebildet gesehen. Anderseits wird die feine Naht mit Schein nach unten von den meisten Bergleuten nicht als untere Begrenzung der Kammschale angesehen, sondern man rechnet auch den oberen Teil der groben Lette, soweit die Gipshäutchen in ihr zu finden sind, zur Kammschale; denn beim Abbau spaltet der Schiefer stets an der Grenze zwischen weißhaarigem und dunklem Schiefer.

Die feine Lette erkennt man sofort an der Weichheit, Feinkörnigkeit und ihrem Seidenglanz. Die Spitze des Taschenmessers dringt leicht ein und erzeugt einen vollkommen schwarzen Strich, der sich vom Schiefer nicht abhebt. Da der Bitumengehalt und damit die dunkle Farbe des Schiefers von unten nach oben abnehmen, ist der Strich des Taschenmessers für die Horizontbestimmung durchweg gut geeignet⁵⁾. Das Anritzen der groben Lette liefert stets

⁵⁾ Auch im Dachschiefer des Culm geben die Strichproben die beste Möglichkeit zur Bestimmung der einzelnen Lagen.

einen dunkelgrauen, das des Kopfes einen hellgrauen Strich. Während das Messer im Dachklotz, des hohen Kalkgehaltes wegen, stets einen weißen Strich hinterläßt, zeigen die darunter liegenden Berge beim Anritzen hellgraubraune Farbe. Trotz dieser Verschiedenheiten wäre es nicht möglich, eine stets anwendbare Strichskala aufzustellen. Da der Gehalt an Bitumen, SiO_2 und Al_2O_3 auch innerhalb eines Horizonts leichten Schwankungen im horizontalen Sinn unterworfen ist, kann das Taschenmesser nur dann gute Dienste leisten, wenn einem durch häufige Übung eine Reihe petrographischer Unterschiede geläufig geworden sind.

Hat man den Horizont einer Platte bestimmt, so kann man an die Bestimmung der Ober- und Unterseite gehen. Mehrere Zentimeter starke Schieferstücke tragen bisweilen die Grenze zwischen zwei Schichten in ihrer Mitte, so daß man etwa einen Teil der feinen und einen der groben Lette und dazwischen die körnige Naht vor sich hat. Solche Stücke sind natürlich ohne weiteres zu orientieren. Es gelang mir jedoch auch, an den meisten Platten, die nur aus einem Horizont stammen, Ober- und Unterseite festzustellen. Streicht man mit den hervorspringenden Ecken beider Schichtflächen auf einer Porzellanbiskuittafel, so liefert die obere Fläche stets einen etwas helleren Strich als die untere. Auch innerhalb eines Horizonts muß der Bitumengehalt also kontinuierlich abnehmen. Verwitterte und zu dünne Platten ermöglichen jedoch keine einwandfreien Resultate. Liegt die Kante der Platte auf einem Harnisch, so ist hier immer abweichend hoher Bitumengehalt festzustellen. Es ist ratsam, stets an mehreren Ecken die Prüfung vorzunehmen, und vor allem muß auf möglichst konstanten Energieaufwand beim Streichen geachtet werden.

Durch die Orientierung der Platten erkennt man bald eine Fülle möglicher Einbettungsformen. FREYGANG (19) war der Ansicht, daß die geraden Palaeoniscen stets auf der Seite, die gekrümmten stets auf dem Rücken liegen. In der Tat zeigen die gekrümmten Fische sehr häufig den Rückenpanzer. FREYGANG gibt dafür folgende Erklärung: „Da der heutige Schiefer stets so spaltet, daß die Unterplatte den Abdruck, die obere den Fisch selbst enthält, kann eben jede nur den Rücken des Fisches zeigen.“ Ich konnte mich jedoch überzeugen, daß sowohl das Spalten des Schiefers als auch die Einbettungslagen nicht solche Gesetzmäßigkeiten aufweisen. Tatsächlich sind bei der Spaltung alle nur denkbaren Fälle möglich. Der

Fisch kann in der hangenden Platte stecken und sein Abdruck in der liegenden, oder es liegt das umgekehrte Verhältnis vor. Andererseits findet man die Hälfte des Schuppenpanzers in je einer Platte. WEIGELT (79) hat bereits auf diesen „Aufbruch“ hingewiesen. Dann ist auf jeder Platte nur die Innenseite des Panzers sichtbar. Oft ist der Aufbruch unvollkommen (vgl. WEIGELT, 79, Taf. XXXI, Fig. 2), so daß auf einem Schieferstück teils Innen-, teils Außen-seite der Schuppen sichtbar wird. Hiermit sind aber noch nicht alle Fälle erschöpft. Bisweilen haben sich die Ganoinbelege einzelner Schuppen vom basalen Teil gelöst und stecken in der Gegenplatte. Dann werden die kleinen Zapfen der Basalplatten sichtbar, die in eine Furche der nächst höheren Schuppe eingelenkt sind und einen festen Zusammenhalt einer Schuppenlängsreihe (Rücken-, Bauchkante) ermöglichen. Das Ablösen der Ganoinnschicht ist jedoch als Ausnahme zu bezeichnen, und ich konnte es niemals an der ganzen sichtbaren Oberfläche eines Fisches feststellen, sondern höchstens an einzelnen Körperpartien.

Die Rückenlage ist beim gekrümmten Fisch allerdings sehr häufig, ja nahezu die Regel. Immerhin ist die reine Bauchlage mir wiederholt begegnet. *Pygopterus* und *Acrolepis* sollen nach FREYGANG stets mit ihrem Hinterkörper seitlich (hohe Schwanz- und Afterflosse) und mit ihrem Vorderkörper auf Brust oder Rücken liegen (dorsal, ventral, abgeplatteter Kopf). An der Körpermitte muß dann eine Drehung von 90° vorliegen. Tatsächlich findet man die großen Arten des Kupferschiefers auch sehr häufig in dieser Lage. Trotzdem habe ich sie auch in allen Stellungen von *Palaeoniscus* angetroffen. Umgekehrt kann auch *Palaeoniscus* mit dem Schwanz in Seiten- und mit dem Bauch und Kopf in Rückenlage liegen.

An 94 Exemplaren von *Palaeoniscus freieslebeni* aus der Sammlung der Mansfeld A. G. stellte ich ihre Lage zur Spaltfläche des Schiefers fest. Die Untersuchung ergab folgende Gruppierung:

	Feine Lette	Grobe Lette	Kamm- schale	Kopf	Köpfchen	Berge
Fisch in Hangendplatte	7	14	4	3	—	—
„ „ Liegendplatte	—	18	5	2	—	—
Vollständig. Aufbruch	—	16	1	3	—	—
Unvollständig. Aufbruch	1	15	2	2	1	—
Summe	8	63	12	10	1	—

Nach der Einbettungslage gruppiert:

	Rücken- lage	Bauch- lage	Selten- lage	Kopf dors. od. ventr. Schwanz lateral
Fisch in Hangendplatte	21	3	4	—
„ „ Liegendplatte	7	7	9	2
Vollständig. Aufbruch	10	2	5	3
Unvollständig. Aufbruch	8	—	6	7
Summe	46	12	24	12

Aus den Zahlen geht einmal hervor, daß bei weitem die meisten Palaeoniscen aus der groben Lette stammen (67 %). Von den 316 Kupferschieferfischen aus der Sammlung des Geologischen Instituts Halle gehören sogar 86'4% dieser Schicht an (nach FREYGANG). Es ist in der Literatur jedoch wiederholt darauf hingewiesen worden, daß diese Werte den wirklichen Verhältnissen nicht entsprechen, da der Abbau des Flözes keine gleichmäßigen Aufschlüsse in allen Horizonten liefert. (Schrämen der feinen Lette, häufige Verwendung des Kopfes für den Versatz.) Die FREYGANG'sche Spaltregel: Fisch stets in Hangendplatte und sein Abdruck in Liegendplatte, können wir nach den obigen Ergebnissen nicht anerkennen; denn von 94 Palaeoniscen fügen sich ihr nur 28. Die feine Lette scheint der Regel jedoch annähernd zu folgen. Obwohl die angeführten 94 Fische nur einen geringen Teil des durch meine Hand gegangenen Materials darstellen, so habe ich doch nie einen vollständigen Aufbruch eines Panzerschlauches in der feinen Lette entdeckt. Das eine unter „unvollständiger Aufbruch“ angeführte Exemplar liegt auch fast ganz in der Hangendplatte, und nur kleine fleckenhafte Partien haben sich aus dem Panzer gelöst und müssen in der Liegendplatte zu finden sein. Die Erklärung für das Verhalten der feinen Lette ist in ihrer außerordentlich feinen Struktur zu sehen. Die Schieferteilchen haften nicht so stark an den Schuppen, daß ein Aufreißen des ganzen Panzers möglich wäre. Der Abdruck aus der Gegenplatte wirkt wie eine dünne, seidenartig glänzende Haut. In der Sammlung der Mansfeld A. G. befindet sich eine Platte aus der feinen Lette, die an ihrer Unterseite zahlreiche gerollte Quarzkörnchen trägt. Diese Seite stellt also die Schichtfuge zur Hornschale (oberste, meist verkieselte Zone des Weißliegenden) dar. Auf ihr liegt ein leicht gekrümmter *Palaeoniscus freieslebeni*. Über seinen Außenpanzer läuft die Rückenlinie hinweg. Er lag also dorsal auf dem Weißliegenden und wurde in dieser Stellung

von der nun einsetzenden Schlammsedimentation eingebettet. Interessant ist einmal, daß die FREYGANG'sche Spaltregel auch hier, wie sonst überhaupt in der feinen Lette, ihre Gültigkeit hat. Andererseits beweist das Stück die Besiedelung unseres Gebietes durch Palaeoniscen vor Beginn jeglicher Schlammablagerung.

Das Kopfskelett und sein Zerfall.

Fast immer ist der Palaeoniscusschädel so stark zerpreßt, daß seine einzelnen Elemente nicht zu bestimmen oder zu umgrenzen sind. Manchmal findet man jedoch vollkommen mazerierte Fische, bei denen eine große Zahl der Schuppen und der verknöcherten Schädelelemente um den noch intakten dorsalen Schuppenpanzer zerstreut liegen. Solche Stücke geben uns den besten Aufschluß über die Form einzelner Knochen und gestatten, Gesetzmäßigkeiten im Zerfall des Kopfskeletts zu erkennen. In außergewöhnlich guter Erhaltung befindet sich der 56 mm lange Schädel eines *Palaeoniscus freieslebeni* aus einer Ilmenauer Schwüle (vgl. Taf. XXI). Die durch den Fisch verursachte konkretionäre Kalkspatanreicherung hat die Deckknochen des Schädels und die Elemente des Viskeralskeletts vor der Verpressung durch den Gebirgsdruck bewahrt. Während diese Knochen bei den Mansfelder Fischen wie papierdünne, zarte Blättchen wirken, haben die des Ilmenauer Stückes durch den zwischen ihnen und der Masse des eigentlichen Schiefers liegenden Kalkspat ihr plastisches Gepräge bewahrt. An dem vollkommen in Seitenlage eingebetteten Fisch auf Taf. XXI fällt sofort die Lage des Schädeldaches auf. Es hat sich der lateralen Einbettung nicht angepaßt, sondern ist als vollständig zusammenhängender Schild in die Schichtebene des Schiefers geklappt. Man erkennt die wie zwei starke Schnüre wirkenden Furchen, welche die schmalen Frontalia von den zu beiden Seiten sichtbaren Squamosae und Postfrontalia trennen. Diese Furchen möchte ich als stark ausgeprägte morphologische Kanten ansprechen, an denen die bei normaler Stellung des lebenden Fisches horizontale Schädeldachebene einen beträchtlichen Winkel mit den Flanken des Kopfes bildete. An der Stelle ihrer größten Annäherung liegen die Ossifikationszentren der Frontalia, Squamosae und Postfrontalia. Die Frontalia sind in ihrem hinteren Abschnitt am breitesten, im mittleren Teil liegt ihre schmalste Stelle.

Auf Taf. XXI ist das rechte Squamosum zum größten Teil vom Schiefer bedeckt, weil das ganze Schädeldach einen sehr spitzen

Winkel mit der Schichtebene des Schiefers bildet. Es taucht daher mit seiner rechten (auf der Figur oberen) Kante leicht in den Schiefer ein. TRAQUAIR (71) hat am Schädel von *Nematoptychius greenockii* (Palaeoniscide des unteren englischen Karbons) ein weit nach vorn liegendes Postfrontale gefunden, dessen vorderer Rand mit dem des Frontale abschneidet. Bei *Palaeoniscus* konnte er keine Differenzierung eines Postfrontale feststellen. Auf Taf. XXI wird man jedoch die Trennung zwischen Squamosum und einem auch hier weit vorgeschobenen Postfrontale deutlich sehen; und obwohl die breiten Furchen des Schädeldaches keine deutliche Naht zwischen Frontale und Postfrontale erkennen lassen, wird man an ihnen doch wohl, analog der Begrenzung des Squamosum, eine solche vermuten dürfen.

Die Ethmoidalregion mit den Praefrontalia und dem Praemaxillaren ist bei dem Ilmenauer Stück von Gestein bedeckt. Lösen sich die Schädelknochen eines *Palaeoniscus* aus ihrem Verbande, so wird die Ethmoidalregion sehr bald von den Frontalia getrennt. Charakteristisch ist andererseits der Zusammenhang der Schädeldachknochen, falls man zu ihnen die Frontalia, Parietalia, die Squamosa und die Postfrontalia rechnet. Taf. XXI gibt ein durchaus typisches Einbettungsbild wieder. Bei reiner Seitenlage löst sich (wahrscheinlich während der Setzung des Sediments) der eine Seitenrand des Daches vom angrenzenden Orbitalring und das Dach wird in die Ebene des Viskeralskeletts gepreßt.

Sinkt der Fisch jedoch stark mazeriert auf den Boden — der Panzerschlauch liegt dann gewöhnlich dorsal —, so können alle Kopfknochen nacheinander durch Wasserströmung fortgeführt werden, ohne daß das Schädeldach vom Schuppenpanzer getrennt wird.

Der Kiemendeckelapparat setzt sich bei *Palaeoniscus* aus drei Doppelplatten zusammen: dem Operculum, Interoperculum und dem Praeoperculum. Auf Taf. XXI sind alle drei Knochen noch vollständig in ihrem Verband. Das annähernd ovale Operculum ist am vorderen Ende stark zugespitzt. Das etwas breitere hintere Ende trägt eine stumpfe Ecke, die von der oberen Kante des Interoperculum und von der Supraclavicula eingeschlossen wird. Zwischen Praeoperculum auf der einen und Operculum und Interoperculum auf der anderen Seite schiebt sich eine schmale Knochenspange ein, die genau wie der vordere Kiemendeckel über der oberen hinteren

Ecke des Maxillare mit stumpfem Winkel schräg nach unten umbiegt. Es ist das Hyomandibulare, das nach beiden Seiten unter die Kiemendeckelknochen sehr dünne membranartige Fortsätze schiebt. Diese Knochenspannen hat TRAQUAIR in seine Restaurationsfigur, die in ZITTEL's Lehrbuch aufgenommen wurde, nicht eingezeichnet, weil er glaubte, daß beim lebenden *Palaeoniscus* das Hyomandibulare vollständig vom Kiemendeckelapparat verdeckt wird. Das Ilmenauer Stück zeigt jedoch eine vollständige Anpassung der inneren Kiemendeckelkanten an den zwischen ihnen liegenden Knochenbalken. Irgendeine Verzerrung der Opercularregion kann hier nicht vorliegen. TRAQUAIR's Annahme scheint mir daher nicht den wahren Verhältnissen zu entsprechen. Der schmale starke Knochenbalken des Hyomandibulare muß vom Squamosum bis zum Unterkiefergelenk sichtbar gewesen sein.

An den unteren geraden Rand des Interoperculum legt sich der oberste Branchiostegalstrahl. Es scheint auf Taf. VI so, als ob er bedeutend breiter als die folgenden wäre und vielleicht als ein vierter Kiemendeckelknochen anzusehen ist. In Wirklichkeit liegen hier jedoch zwei schmale Strahlen vor,¹ deren Begrenzung nicht klar hervortritt. TRAQUAIR zählte auf jeder Seite 8—9 Strahlen. Das Ilmenauer Stück zeigt jedoch 15 sehr deutlich voneinander abgesetzte Branchiostegalia. Der vorderste Strahl ist als dreieckige Platte ausgebildet. Unter ihm werden der erste bis dritte heruntergeklappte Strahl der rechten Körperhälfte sichtbar.

Vom Maxillare ist die untere bezahnte Kante als schmaler starker Balken entwickelt. Der übrige Teil breitet sich bis zum Praeoperculum als dünnes Knochenblatt aus. Vor dem Praeoperculum und dem Maxillare ragen einige Postorbitalia in die Augenhöhle hinein. Teile des Parasphenoids oder des Palatoquadratum konnte ich jedoch nicht feststellen (vgl. S. 186). Vom fünfteiligen Schultergürtel der Palaeonisciden (Posttemporale, Supraclavicula, Postclavicula, Clavicula und Infraclavicula) tritt das Posttemporale als dreiseitiger Knochen über dem Operculum hervor. Die keulenförmige Supraclavicula legt sich an die hintere Kante des Operculum und folgt noch ein Stück der Kante des Interoperculum. Dann schiebt sich zwischen sein hinteres Ende, den unteren Kiemendeckel und die kleine Postclavicula der obere Teil der Clavicula ein. Ihr unterster Abschnitt verschwindet unter den Branchiostegalstrahlen, die die Infraclavicula vollständig verdecken. Wenn die Kopfknochen

bei stark mazerierten Stücken auf der Platte zerstreut liegen, kann man auch außer den auf Taf. XXI sichtbaren und bisher erwähnten Elementen noch andere dünne Knochenblättchen vorfinden. In ihnen werden wir Kiemen- und Zungenbeinbögen und Verknöcherungen des Primordialcraniums sehen müssen. Da letztere jedoch niemals im Verbands mit Nachbarknochen zu beobachten sind, stößt ihre Bestimmung auf große Schwierigkeiten.

Legt sich die *Palaeoniscus*-Leiche dorsal auf den Schlamm (Krümmung!), so sinken die Hautknochen allmählich in eine

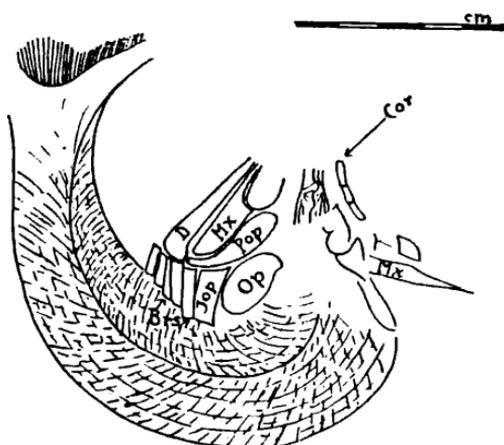


Fig. 3. *Palaeoniscus freleslebeni*. Richelsdorfer Kupferschiefer.

Sammlung Geologisches Institut Göttingen.

Mx = Maxillare	Iop = Interoperculum
D = Dentale	Brs = Branchiostegalstrahlen
Op = Operculum	Cor = Circumorbitalla
Pop = Praeoperculum	

Ebene zusammen. Gewöhnlich entsteht hierbei aber kein symmetrisches Bild, sondern die der konkaven Seite des gekrümmten Körpers zugewendete Kopfhälfte ist breit ausgepreßt und gut erhalten, während auf der konvexen Seite fast gar keine Knochen zu erkennen sind oder Mazerationserscheinungen vorliegen. So sieht man auf Fig. 3 links des Schädeldaches das Praeoperculum, das Maxillare und randlich das Dentale; hinter dem Praeoperculum das Operculum, Interoperculum und fünf Branchiostegalstrahlen. Rechts des Schädeldaches sind nur drei Elemente des Orbitalringes, der obere Teil des Schultergürtels und ein aus seinem Verbands gerissener Oberkieferast sichtbar. Diese Anordnung entspricht der Lage des Rumpfes. WEIGELT (78) hat gezeigt, wie an gekrümmten Ganoidfischleichen nie symmetrisch dorsale Lage des Rumpfes vor-

kommt. Die Rückenkante ist der konvexen Körperkontur mehr genähert, so daß an der konkaven Seite ein Teil des Bauchpanzers sichtbar wird. Entsprechend muß auch vom Kopfskelett der größere Teil auf der konkaven Seite hervortreten. Daß die Ablösung einzelner Knochen im nach außen gekrümmten Teil eher beginnt, ist

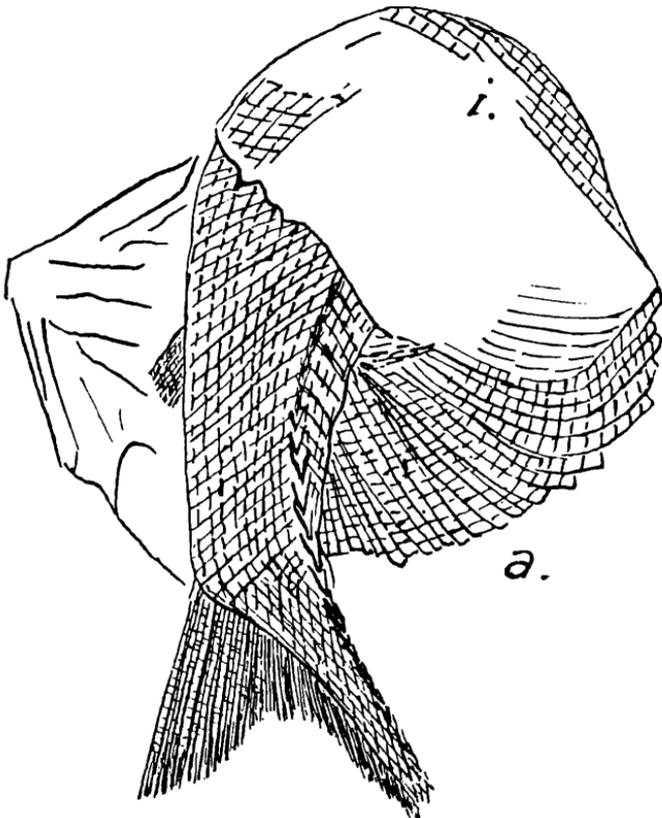


Fig. 4. *Palaeoniscus freieslebeni*. Hangendplatte. Sammlung Geologisches Institut Göttingen.

mit der an dieser Seite wirkenden Zerrung und Dehnung zu erklären. Auch der Schuppenpanzer wird hier eher mazeriert (vergleiche WEIGELT, 79, Taf. XXX, Fig. 6).

Auf Fig. 4 liegen die Knochen symmetrisch zu beiden Seiten des Schädeldaches. Die starke Einkrümmung des Fisches deutet auf langes Driften und langsames Absinken der Leiche. Die Schwanzflosse berührte zuerst den Boden, und der vollständig schlaffe, widerstandslose vordere Schuppenpanzer wurde durch sein Gewicht

auf den Hinterkörper gezogen. Hier spielt die Dehnung der konvexen Körperseite keine Rolle mehr. Der Kopf wurde symmetrisch dorsal eingebettet.

Welche Kopfknochen lösen sich nun zuerst aus ihrem Verbandsverbande? Hierüber geben uns schwach mazerierte Stücke Aufschluß, andererseits aber auch Fische, deren Kopfknochen durch konstant gerichtete Bodenströmung an den Flanken des Körpers auf dem Schlamm weiter bewegt wurden. Auf dieses extreme Zerfallstadium gehe ich weiter unten ein. WEIGELT hat an der Golfküste die gesetzmäßig eintretende Ablösung des Unterkiefers bei gestrandeten Ganoiden beobachtet. Die Erklärung für dieses Unterkiefergesetz gibt er folgendermaßen: „Der eigenartige Hebelbau des Unterkiefers, die große Lücke der Hautbekleidung, die die Mundöffnung darstellt, die leichte Auflösbarkeit der Symphyse und die in der Halsgegend gelagerten Viskeralorgane begünstigen außerordentlich das Abstreifen des Unterkiefers. Die Aasfresser benutzen nächst dem After vor allem die Mundöffnung als Angriffspunkt beim Anschneiden der gestorbenen Tiere. Durch Wegreißen des Unterkiefers suchen sie die Schlundpartie zu öffnen und auszufressen. Bei im Wasser treibenden Leichen gehört der Verlust des Unterkiefers durch Abfaulen oder Abfressen zu den allerhäufigsten Erscheinungen“ (79, S. 99). Auch bei den Ganoiden des Kupferschiefers konnte ich das Fehlen des Unterkiefers wiederholt beobachten, wenn das Kopfskelett im übrigen noch intakt war. Häufig tritt auch das Abstreifen der Kieferäste auf. Liegt der Fisch in Seitenlage, so kann gleichzeitig mit der Umklappung des Schädeldaches in die Schieferebene die Symphyse des Unterkiefers nach hinten zu den Brustflossen gerichtet sein. Mir sind eigentlich alle nur denkbaren Stadien der Unterkieferablösung bei *Palaeoniscus* begegnet: Trennung der Kieferäste an der Symphyse oder Umklappen des noch intakten Kiefers zur Ventral- oder Dorsalseite, Loslösung und Einbettung in der Nachbarschaft des Kopfes. Bei stark mazerierten Stücken sind dann die Kieferäste stets voneinander getrennt zu finden. Schließlich ist das völlige Fehlen des Unterkiefers zu beobachten. Hierfür ist der auf Fig. 5 wiedergegebene *Pygopterus humboldti* ein gutes Beispiel. Da das Fossil an der unteren Plattenseite haftet, muß der Kopf annähernd ventral eingebettet sein, während der Rumpf schon dicht hinter den Brustflossen seitlich aufliegt. Vom Kopf ist der Oberkiefer mit einer großen Zahl spitzer, konischer

Zähne selten gut erhalten. Die mit feinen, kurzen Strahlen besetzten inneren Knochenspannen korrespondieren mit dem Kiefergelenk und müssen deshalb als Gaumenbögen angesehen werden. Das bei vielen Fischgruppen bezahnte Palatinum trägt bei *Pygopterus* also reusenartige Borsten. Vorn rechts schließt sich an den Oberkiefer der Orbitalring. Rechts außen ragen noch zwei Knochen teilweise

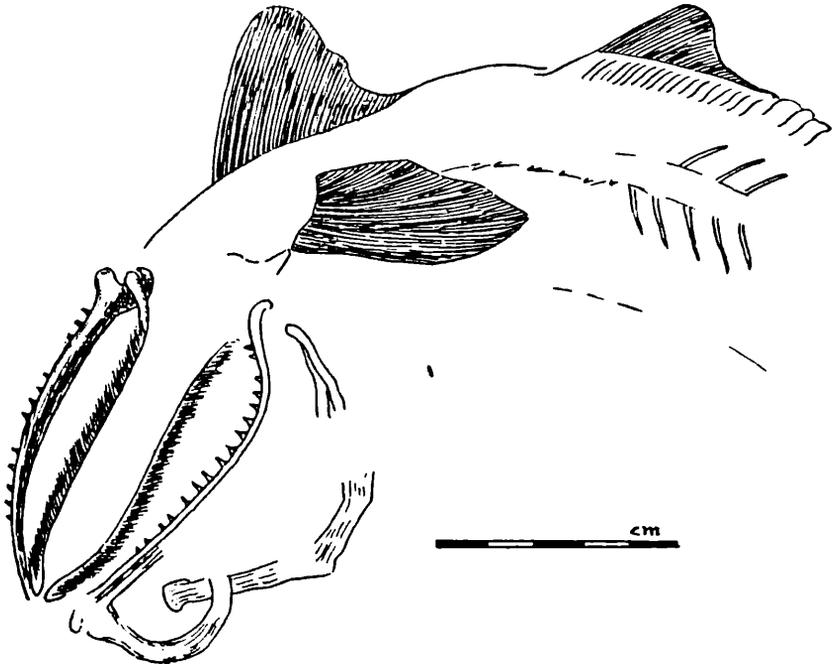


Fig. 5. *Pygopterus humboldti*. Feine Lette. Hangendplatte.
Sammlung der Mansfeld-A.-G.

aus dem Schiefer hervor, die ich jedoch nicht zu bestimmen wage. Wie weit der Zerfall des Kopfskeletts bei diesem Exemplar vorgeschritten war, läßt sich nicht sagen, da außer den auf der Figur angedeuteten Elementen nichts aus dem Kiefer hervortritt. Das Fehlen des Unterkiefers läßt sich jedoch einwandfrei feststellen.

Daß anderseits Palaeoniscen ihren Unterkiefer noch tragen können, obwohl der Kadaver lange im Wasser getrieben hatte, ist auf Taf. V, Fig. 3. gut zu erkennen. Die Orientierung der Plattenseiten ist hier sofort möglich (Fisch auf Oberseite), da das Bruchstück aus grober und feiner Lette besteht. Der Fisch liegt im Aufbruch vor. Die nach hinten springenden Winkel der Schuppenreihen

verraten, daß die Innenseite des Bauchpanzers vor uns liegt. Mithin ist der größte Teil des Körpers ventral eingebettet worden. Der vollständig zurückgebogene Kopf liegt dagegen dorsal. An der Lage der beiden Brustflossen sieht man deutlich das Umbiegen des Halses (180° Drehung). Eine soweit gehende Zurückdrehung ist bei frisch eingebetteten Ganoidfischleichen nicht möglich. Bei Hochwasser auf den Strand geworfene Fische können zwar nach dem Tode durch Eintrocknung der Nackenmuskulatur eine Krümmung des Halses aufweisen. Die Verbindung von Kopf und Rumpf ist jedoch nicht beweglich genug, um ein vollständiges Zurückbiegen des Kopfes in Dorsallage, wie man es etwa bei einer Vogelleiche finden kann, zu ermöglichen. Der Panzerschlauch des abgebildeten *Palaeoniscus* muß schon vollständig ausgefault gewesen sein, so daß die schlaff und nachgiebig gewordene Halsregion eine solche Lage gestattete. Die beiden kräftigen Unterkieferäste heben sich gut vom Schiefer ab. In der Verlängerung des äußeren Astes sind zwei Branchio-
stegalstrahlen sichtbar, an die sich nach innen das große flache Interoperculum anlegt. Rechts und links von der Längsachse des Schädels treten in der hinteren Kopfgregion die beiden Zungenbeinbögen hervor. Die Lage des Interoperculum mag zunächst in der Ventralansicht des Kopfes etwas unnatürlich erscheinen. Durch einen Vergleich mit der seitlichen Kopflage (Taf. XXI) kann man sich jedoch vorstellen, wie bei der ventral-dorsalen Zusammenpressung das Interoperculum und die angrenzenden Kiemenhautstrahlen weit nach außen und hinten gedrückt werden. Dagegen wird das Operculum zusammen mit Schädeldach und Schultergürtel von den nach innen umgelegten Oberkieferblättern von den Zungenbeinbögen und den vorderen Kiemenhautstrahlen bedeckt.

Aus dem bisher Gesagten ergibt sich, daß der Zerfall des Kopfskeletts mit der Ablösung des Unterkiefers beginnt, wenn die Leiche längere Zeit im Wasser gedriftet hat. Immerhin können auch stark verfaulte Kadaver noch im Besitze ihres Unterkiefers sein. Wenn der Fisch früher zu Boden geht und die Mazeration erst auf dem Schlamm einsetzt, so bleiben die Kiefer zunächst intakt, dagegen zeigen, je nach der Einbettungslage, Schultergürtel und Opercularapparat die ersten Auflösungserscheinungen. So liegt mir ein *Palaeoniscus freieslebeni* aus der Sammlung des Geologischen Instituts Halle vor, dessen Panzerschlauch stark mazeriert ist. Der Fisch ist seitlich eingebettet. Sein Schädeldach weist die für Seitenlage

typische Umklappung in die Schichtebene auf (wie auf Taf. XXI). An seinem Vorderrande haften noch die Knochen der Ethmoidalregion (Ethmoidale und Praefrontalia). Auch diese Knochen sind im Zusammenhang in die Schichtebene umgelegt und bilden so die vordere Verlängerung des Schädeldaches. Praefrontalia und Ethmoidale scheinen sich bei vollständigem Zerfall des Kopfes nicht voneinander zu lösen. Findet man diese Partie isoliert im Schiefer vor, so erinnert ihre Kontur an die eines Schmetterlings (Fig. 6, S. 229). An dem eben beschriebenen Stück sind Opercularapparat, Ober- und Unterkiefer, Orbitalring und Branchiostegalstrahlen vollkommen intakt. Nur der Schultergürtel ist zerfallen. Clavicula und Supraclavicula der freigelegten Seite fehlen vollständig. Das rechte Posttemporale liegt isoliert, 5 mm vom Schädeldach entfernt eingebettet. Durch Vergleich mit ähnlichen Einbettungsformen ließ sich feststellen, daß der Zerfall des Schultergürtels und der hinteren Schädelregion typisch für solche Fische ist, die starke Mazerationserscheinungen in der vorderen Hälfte des Schuppenpanzers aufweisen. Offenbar sanken solche Exemplare noch ziemlich unverseht zu Boden. Die Fäulnis zerstörte dann zunächst die Schlundregion, riß den Schuppenpanzer ventral auf und danach wurden die hinteren Schädelknochen mit dem Schultergürtel aus ihrem Verbands gelöst.

Die gegenseitige Abhängigkeit zwischen Kopfskelett- und Panzerschlauchauflösung ist auch bei anderen Einbettungstypen festzustellen. Da die Ventralseite des Körpers eher in Fäulnis übergeht (bakterienreicher Darmtraktus) als die dorsale Partie, reißt der Panzer an der Bauchkante gewöhnlich zuerst auf. Es ist möglich, daß der ganze Rumpf schließlich ventral geöffnet ist und die beiden Panzerhälften nebeneinander in eine Ebene ausgebreitet werden. Auf einer Platte (Schieferkopf, Hangendplatte) im Museum für Naturkunde in Berlin ist ein so geöffneter *Palaeoniscus*-Panzerschlauch erhalten. An der Rückenkante stehen beide Teile noch ein gutes Stück in Verbindung. Interessant ist die Anordnung der Kopfknochen. Sie liegen nicht unregelmäßig verstreut, sondern lassen nur geringe Lageverschiebungen erkennen. Das Schädeldach steht mit der Dorsalkante der rechten Panzerhälfte in Verbindung. Mit ihm finden wir die Schultergürtelknochen und den Orbitalring der rechten Seite in ursprünglicher Lage. Beim Aufklappen der Schuppenhaut wurden dagegen die Äste des Ober- und Unterkiefers,

die Elemente des linken Kiemendeckels und des linken Schultergürtelbogens vom Schädeldach gelöst und vor der anderen Panzerhälfte eingebettet. Der Fisch kann erst zu Boden gegangen sein, nachdem der Fäulnisprozeß nur noch den geöffneten Schuppenpanzer und die von widerstandsfähiger chagrinartiger Haut zusammengehaltenen Kopfknochen zurückgelassen hatte. Die Einbettungslage läßt sich am besten erklären, wenn man ein Stranden des verendeten Fisches annimmt, der am Ufer stark eintrocknete (vgl. WEIGELT, 79) und später wieder von den Wellen abgehoben wurde. Das Schädeldach blieb an der einen Panzerhälfte haften, und die Kopfhaut riß seitlich so durch, daß das von ihr umschlossene Viskeralskelett mit der anderen Körperhauthälfte in loser Verbindung blieb. Beim Niedersinken legte sich der ganze Kadaverrest mit seiner Außenseite auf den Boden; denn der Fisch steckt in der unteren Plattenseite und läßt die äußere Ganoinsschicht seiner Schuppen erkennen.

Knochentransport durch Strömungen.

Wenn die Fischleiche sich auf den Faulschlamm gelegt hat, so können einzelne aus dem Verbände gelöste Knochen durch Wasserbewegung verfrachtet werden. Im allgemeinen darf man auf dem Boden des Kupferschiefermeeres keine starken Strömungen annehmen; denn reichliche Sulfidfällung ist nur bei stagnierendem Wasser denkbar. Alle mazerierten Fische deuten nun tatsächlich auf vollkommen ruhige Bodenverhältnisse oder auf sehr schwache Strömung hin. So gibt Fig. 6 eine leicht gekrümmte *Palaeoniscus*-Leiche wieder, deren Kopfknochen an der konkaven Körperseite parallel der Körperlängsachse entlang bewegt wurden. Bedenkt man das geringe Gewicht der dünnen Knochenblätter- und -spangen und achtet man auf den geringen gleichmäßigen Transport, so wird man nur minimale Strömungsenergien für das Zustandekommen dieses Einbettungsbildes annehmen können. Die Kopfregion der Leiche liegt bereits außerhalb der Platte. Da die Knochen des Schädeldaches nicht unter den fortbewegten Elementen zu finden sind, war das ganze Dach höchstwahrscheinlich mit dem Schuppenpanzer in Verbindung geblieben und erst das Herausbrechen der Platte aus dem Schieferverbände bewirkte die Trennung beider Teile. Weil dieses energische Haften des Schädeldaches am Panzerschlauch oft zu beobachten ist, wird man seine feste Verbindung

mit der im Schlauche steckenden Wirbelsäule durch das Parasphenoid annehmen müssen. Die relative Transportweite der übrigen Knochen ist in erster Linie von der Zeit ihrer Loslösung aus dem Verbande abhängig. Untergeordnet werden auch Schwere und Sperrigkeit eine Rolle spielen. Merkwürdigerweise haben einige am weitesten bewegte Teile des Viskeralskeletts (Operculum, Inter-

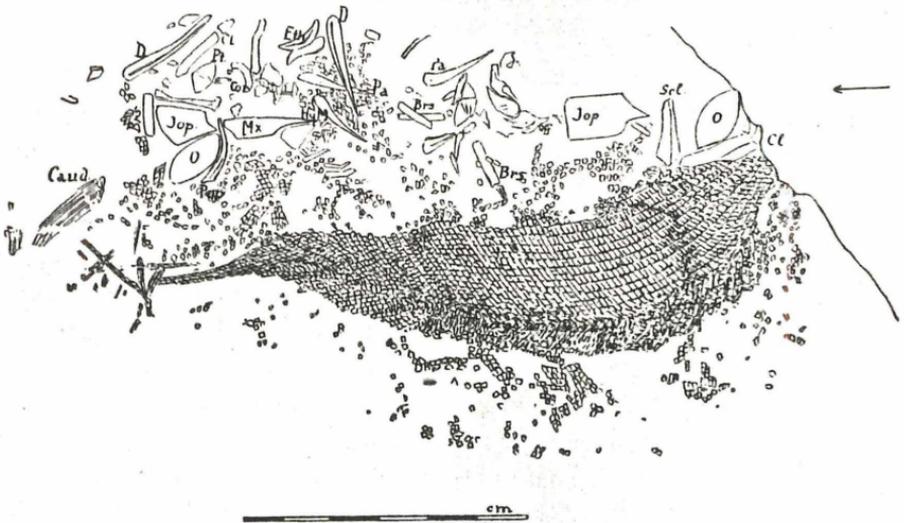


Fig. 6. *Palaeoniscus freieslebeni*. Fortführung der Kopfknochen durch Strömung.

Sammlung Siegert, Eisleben.

Mx = Maxillare	O = Operculum	Pt = Posttemporale
D = Dentale	Iop = Interoperculum	Scl = Supraclavicula
HyM = Hyomandibulare	Caud = Caudalis	Cl = Clavicula
Cor = Circumorbitalia	Pop = Praeoperculum	Eth = Ethmoidale und Praefrontalia
Pa = Palatinum	Brs = Branchiostegalstrahlen	

operculum, Praeoperculum und Maxillare) ihre ursprüngliche gegenseitige Lage zueinander bewahrt oder nur wenig verschoben. Durch lockere Hautverbindungen herbeigeführten gemeinsamen Transport wird man jedoch nicht annehmen können, da ein solches Gebilde der Strömung zu starkem Widerstand entgegengesetzt hätte. Wahrscheinlich stammen diese Knochen aus der konvexen, stärker beanspruchten Körperseite. Man beachte, daß der Fisch an der unteren Plattenseite haftet, also dorsal eingebettet wurde. Operculum und Suboperculum der konkaven, mit größerer Fläche auf dem Schlamm ruhenden Seite, sind entsprechend ihrer späteren Ablösung nur ein geringes Stück transportiert worden. Hinweisen

möchte ich noch auf die hinter einem Unterkieferast liegende Ethmoidalregion (Ethmoidale und Praefrontalia), die sich verhältnismäßig früh vom Schädeldache löst, da sie nur an vollständig oder fast ganz intakten Kopfskeletten zu finden ist.

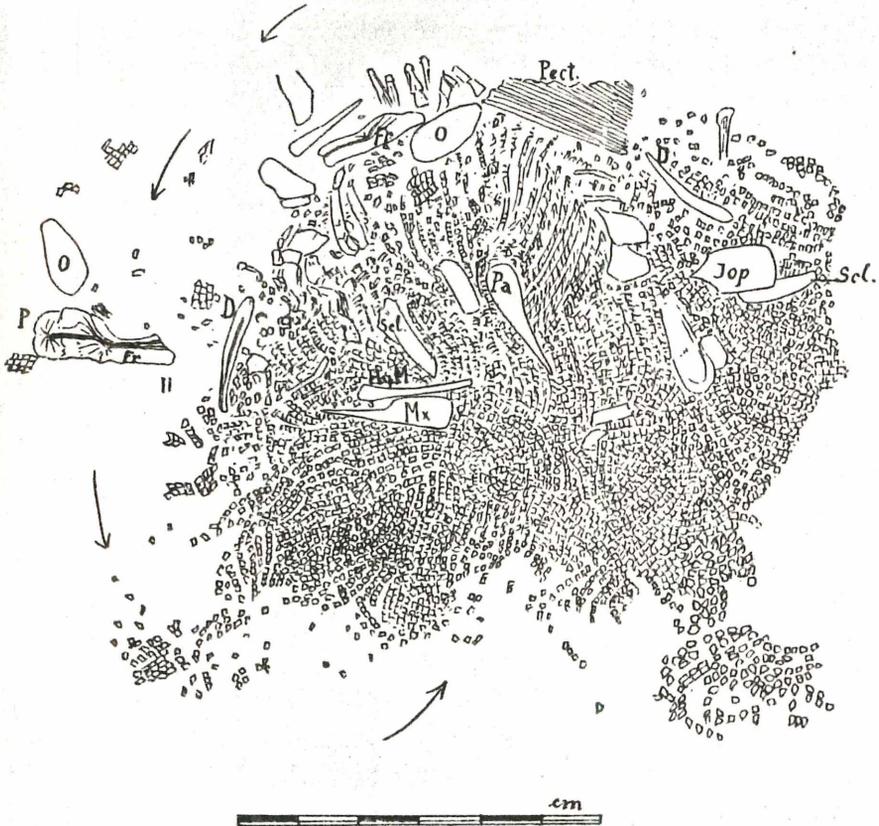


Fig. 7. *Palaeoniscus freieslebeni*. Vollständig mazerierte Leiche. Durch Wirbelströmung zeigen die einzelnen Elemente gerichtete Lage. Sammlung Siebert, Eisleben.

P = Parietale	D = Dentale	Pa = Palatinum
Fr = Frontale	Pect = Pectoralis.	Jop = Interoperculum
Mx = Maxillare	HyM = Hyomandibulare	Scl = Supraclavicula

Ein anderes interessantes Einbettungsbild, an dem man die Wirkung einer schwachen Wirbelströmung sofort erkennen kann, gibt Fig. 7 wieder. Fast alle schweren Kopfknochen sind zusammen mit einer Brustflosse und einzelnen kurzen Schuppenreihen der drehenden Bewegung gefolgt und wurden schließlich in einer Wirbelfigur angeordnet eingebettet. Es ist die einzige Platte, auf

der ich ein durchgerissenes Schädeldach gefunden habe. Das rechte Frontale liegt mit dem an ihm haftenden Parietale quer zur Strömungsrichtung. Diese Partie wird sich erst dann vom Schuppenpanzer gelöst haben, als die Wirbelbewegung bereits aufgehört hatte.

Einbettungsformen der nicht zur Gattung *Palaeoniscus* gehörenden Ganoiden.

Auf die häufigsten Stellungen der großen Arten (*Acrolepis asper*, *Acrolepis exsculptus* und *Pygopterus humboldti*) wurde bereits eingegangen. Es sollen hier nur noch einige Angaben über den Zerfall ihrer Kadaver folgen. Eine starke Mazeration des Panzerschlauches konnte ich bei diesen Fischen nie beobachten. Höchstens sind randliche Auflösungen des Schuppenpanzers festzustellen. Da man meistens nur einen Teil der großen Leichen auf einer Platte hat, ist oft die Artbestimmung auf die Schuppenkulpturen angewiesen. Die kleinen glatten Schuppen von *Pygopterus* sind mit denen der *Acrolepis*-Arten nicht zu verwechseln. Aber auch die Unterscheidung des Schuppenpanzers von *Acrolepis asper* und *Acrolepis exsculptus* stößt auf keine Schwierigkeiten (vgl. Taf. XVII, Fig. 5 und 6). Die Kopfskelette sind verhältnismäßig besser als bei *Palaeoniscus* erhalten. Trotzdem könnte die Beschreibung der einzelnen Knochen nicht so weit durchgeführt werden, weil zu wenig Vergleichsmaterial zur Verfügung steht. Einbettung und Zerfall des Kopfes entsprechen den bei *Palaeoniscus* auftretenden Gesetzmäßigkeiten durchaus.

Die *Platysomus*-Leichen fand ich stets ohne jede Zerfallserscheinung. Sie werden verhältnismäßig schnell zu Boden gegangen sein und ihre starke Reifenpanzerung mag der Zerstörung einen großen Widerstand entgegengesetzt haben. Der stark abgeplattete, stets seitlich eingebettete Körper bot der Wasserströmung auch keine guten Angriffspunkte. Das Kopfskelett ist fast immer stark verpreßt. Ausnahmsweise gut ist der aus dem Stinkschiefer des Anhydrit geborgene *Platysomus gibbosus* erhalten (vgl. S. 201). Auf seinen einzelnen Knochen (Taf. XIX, Fig. 2) sind teils die glatte substantia compacta, teils die wabenartige Sponginsubstanz am Parietale und dem unteren Ast der Clavicula sichtbar. Hinter dem großen scheibenförmigen Posttemporale (größer als die Orbita), an der höchsten Stelle des Kopfes, stehen die ersten oberen Dornfort-

sätze schräg nach hinten. Der Erhaltungszustand der einzelnen Knochen ist an diesem Stück viel besser als an den Platysomen des Kupferschiefers, weil sie nicht in eine schwarze bituminöse Substanz umgewandelt worden sind.

Die eingehende Beschreibung aller angetroffenen Einbettungstypen der Kupferschieferfische würde den Rahmen dieser Untersuchung zu weit spannen. Es kam nur darauf an, häufig wiederkehrende Bilder mit dem anatomischen Bau der Fische, den Vorgängen zwischen Tod und Einbettung und der Beschaffenheit des Meeresbodens zu erklären. Zweifellos ist das durch den Bergbau aus einem so geringmächtigen Schichtstoß geförderte reiche Material selten gut zu biostratonomischer Auswertung geeignet.

Die Textfiguren 1 und 2 verdanke ich Herrn cand. geol. HERM. KORN, die übrigen zeichnete Frl. AGNES KIRCHNER, Halle.

Literatur.

1. AGASSIZ, J., Recherches sur les poissons fossiles. Neuchâtel 1833—1845.
2. ANDRÉE, K., Geologie des Meeresbodens. Berlin, Borntraeger. Bd. II.
3. BECK, RICHARD, Lehre von den Erzlagerstätten. II. 3. Aufl. 1909.
4. BECKSMANN, E., Geologische Untersuchungen an jungpaläozoischen und tertiären Landoberflächen im Unterharzgebiet. N. Jhrb. f. Min., Bbd. LXIV, Heft 1, 1930.
5. BERGEAT, A., Die Erzlagerstätten. Bd. I, S. 416, 1904.
6. BEYSLAG, F., Zur Frage der Entstehung des Kupferschiefers. Z. d. D. G. Ges.; 1923.
7. CORRENS, C. W., Adsorptionsversuche mit verdünnten Kupfer- und Bleilösungen und ihre Bedeutung für die Erzlagerstättenkunde. Kolloidzeitschr. XXXIV, 1924.
8. DEECKE, W., Die Fossilisation. Berlin 1923.
9. DOSS, B., Melnikowit, ein neues Eisenbisulfid und seine Bedeutung für die Genesis der Kieslagerstätten. Z. f. prakt. Geol., S. 453—483, 1912.
10. EHRENBERG, K., J. WEIGELT's Untersuchungen an rezenten und fossilen Wirbeltierleichen und die Biostratonomie. Palaeobiologica. I. 1928.
11. — Erhaltungszustand und Vorkommen der Fossilreste und die Methoden ihrer Erforschung. Hdb. d. Biolog. Arbeitsmeth., Abt. X. 1929.
12. EMMONS, W. H., The enrichments of ore deposits. U.S. Geol. Surv. Bull. 625, 1917.
13. FIEBIGER, H., Ammonitenzonen und Sedimentationszyklen in ihrer Beziehung zueinander. Ztbl. f. Min. 1924.
14. — Die Deutung und der erdgeschichtliche Wert von Fossilkonzentrationen im Palaeozoikum des Baltikums. Ztschr. f. Geschiebeforsch. IV, Heft 1, 1928.
15. FREYBERG, B. v., Die Zechsteintransgression in Thüringen und die Eindampfung der Zechsteinsalze. Ztschr. f. Berg-, Hütten- u. Salinenwesen, 1921.
16. — Das Kupferschiefermeer in Erz- und Minerallagerstätten des Thüringer Waldes. Berlin 1923.
17. — Palaeogeographische Karte des Kupferschieferbeckens. Jhrb. d. Hall. Verb. IV, Heft 2, 1923—1924.
18. — Zerstörung und Sedimentation an der Mangroveküste Brasiliens. Leopoldina. Walther-Festschrift, S. 73, VI, 1930.
19. FREYGANG, J., Gliederung und Fossilgehalt des Kupferschiefers. Jhrb. d. Hall. Verb. IV, 1923—1924.
20. FULDA, E., Kritische Betrachtung zu „Professor Dr. RICH. LANG, Der mitteldeutsche Kupferschiefer als Sediment und Lagerstätte“. Zeitschr. f. prakt. Geol., 1923.
21. — Zum Problem des Kupferschiefers. Jhrb. d. Pr. Geol. Landesanstalt, S. 995—1002, 1929.
22. GAIL, C. H., Austerzucht in den norwegischen Pollern. Naturwiss. Wochenschr. N. F. VIII, 1909.
23. GAMS, H., Übersicht über die organogenen Sedimente nach biologischen Gesichtspunkten. Naturwiss. Wochenschr. N. F. XX, 1921.

24. GEINITZ und GUTBIER, Die Versteinerungen des Zechsteingebirges und Rotliegenden oder des permischen Systems in Sachsen. 1849.
25. GEINITZ, H. B., Die animalischen Überreste der Dyas. Heft 1 von: Dyas oder die Zechsteinformation und das Rotliegende. Leipzig 1861.
26. GERMAR, E. F., Die Versteinerungen des Mansfelder Kupferschiefers. Halle 1840.
27. GILLITZER, G., Das Wesen des Gebirgsdruckes und dessen Ausnutzung beim Abbaubetriebe des Mansfelder Bergbaues. Glückauf, Nr. 29 u. 30, Jhrg. 1928.
28. — Noch unveröffentlichte Arbeiten.
29. GÜRICH, E., *Acrolepis Lotzi* und andere Ganoiden aus den Dwyka-Schichten von Ganicobis, Südwestafrika. Beitr. z. Geol. Erf. d. deutschen Schutzgebiete, Heft 19, 1923.
30. HERMANN, R., Aufbau und Entwicklungsgeschichte der Halle-Hettstedter Gebirgsbrücke. Jhrb. d. Hal. Verb. V, 1926.
31. HUENE, FR. v., Die südafrikanische Karooformation als geologisches und faunistisches Lebensbild. SOERGEL, Fortschr. d. Geol. u. Pal., Heft 12, 1924.
32. — Palaeochamaeleo und Coelurosaurus. Centralbl. f. Min., Nr. 10, S. 440—441, 1930.
33. HAUFF, B., Untersuchung über die Fossilfunde von Holzmaden im Posidonienschiefer des oberen Lias Württembergs. Palaeontographica, 64, 1921.
34. HOFFMANN, W., Erzführung und Erzverteilung des Mansfelder Kupferschiefers und die sich hieraus ergebenden mineralbildenden und umbildenden Vorgänge im Kupferschiefer. Jhrb. d. Hal. Verb. IV, Heft 2, 1924.
35. HUNDT, R., Die Fauna und Flora des Kupferschiefers in der Schiefergasse bei Milbitz, unweit Gera. N. Ztschr. f. Min. I, Heft 6 u. 7, 1910.
36. KAEMMERER, Die Störungen des Zechsteines in der Mansfelder Mulde. Meldearbeit 1914. Archiv d. Mansfeld A. G.
37. KING, W., A Monograph of the Permian Fossils. Palaeontographical Soc., 1849.
38. KIRKBY, Z. W., On some Remains of Fishes and Plants from the Upper Limestone of the Permian Series of Durham. Quaterly Journ. Geol. Soc. 20, S. 345—358, 1864.
39. KNER, R., Betrachtungen über die Ganoiden als natürliche Ordnung. Sitz.-Ber. d. Wiener Akad. LIV, 1866.
40. KOHLER, Adsorptionsprozesse bei der Lagerstättenbildung. Ztschr. f. prakt. Geol., 1903.
41. KÖLLIKER, A., Über das Ende der Wirbelsäule der Ganoiden und einiger Teleostier. Leipzig 1860.
42. KRUSCH, E., Die Untersuchung des Mansfelder Kupferschiefers mit Hilfe des Metallmikroskops. Ztbl. f. Min., S. 63—69, 1923.
43. — Die Verteilung der Metallgehalte (Cu, Ag, Mo und Vd) im Richelsdorfer Kupferschiefer, ein Beitrag zur Genesis des Flözes. Ztschr. f. prakt. Geol. XXVII, 1919.

44. KÜHNE, F., Die palaeogeographische Entwicklung der Saar-Saale-Senke. *Jhrb. d. Pr. Geol. L.A. f. d. Jahr 1922*, S. 426—456, Berlin 1923.
45. KURTZE, G., *Commentatio de petrefactis quae in schisto bituminoso mansfeldensi reperiuntur*. Diss. Halle 1839.
46. LAFAR, F., *Handbuch der technischen Mykologie*. III, 1904—1906.
47. LANG, R., Herkunft und Bildung der Erze des mitteleuropäischen Kupferschiefers. *Ztschr. d. D. Geol. Ges.* LXXIII, 1921.
48. — Der mitteleuropäische Kupferschiefer als Sediment und Lagerstätte. *Jhrb. d. Hall. Verb.* III, 1921.
49. LISEGANG, R., Zur Entstehung des Mansfelder Kupferschiefers. *Ztschr. Metall und Erz*, 1923.
50. LUDWIG, G., Die Gliederung des Liegenden des Kupferschiefers in der Mansfelder Mulde. *Jhrb. d. Hall. Verb.* VI, 1927.
51. LÜTKEN, CHR., Über die Begrenzung und Einteilung der Ganoiden. *Palaeontographica* XXII, 1876.
52. MARTIN, K., Ein Beitrag zur Kenntnis der fossilen Eganoiden. *Zeitschr. d. D. Geol. Ges.*, 1873.
53. MEINECKE, F., Das Liegende des Kupferschiefers. *Jhrb. d. Pr. Geol. L.-A.* XXXI, S. 296 ff., 1911.
54. MEYER-HARRASSOWITZ, Der Zechstein in der Wetterau und die regionale Bedeutung seiner Fazies. *Oberhess. Ges. f. Natur- u. Heilk. zu Gießen N. F.* V, 1912.
55. — Aride Erzanreicherung und Entstehung des Kupferschiefers. *Ber. über d. Versammlung des Niederrh. Geol. Ver.*, 1922.
56. MÜNSTER, Graf zu, Beiträge zur Petrefaktenkunde. Heft 5, 1842.
57. MÜLLER, JOHANNES, Über den Bau und die Grenzen der Ganoiden. *Abh. d. Berliner Akad. d. Wiss.*, 1834 (1836).
58. PIA, J., *Pflanzen als Gesteinsbildner*. Berlin 1926.
59. POMPECKJ, Kupferschiefer und Kupferschiefermeer. *Ztschr. d. D. Geol. Ges.* LXXII, 1921.
60. — Das Meer des Kupferschiefers. *Branca-Festschr.*, Leipzig 1914.
61. QUENSTEDT, W., Beiträge zum Kapitel Fossil und Sediment vor und bei der Einbettung. *N. Jahrb. f. Min., Bbd., Abt. B*, 1927.
62. RICHTER, R., Flachseebeobachtungen zur Palaeontologie und Geologie. *Senckenbergiana*. IV, Heft 5, 1922.
63. SCHLOSZMACHER, K., Der Charakter des derzeitigen Erzbestandes des Mansfelder Kupferschiefers. *Metall u. Erz*, 1922.
64. SCHNEIDERHÖHN, Chalkographische Untersuchung des Mansfelder Kupferschiefers. *N. Jahrb. f. Min.* 67, S. 1—38, 1921.
65. SCHUCHERT, CH., Review of the late paleozoic formations and faunas, with special reference to the ice-age of middle permian time. *Bull. of the Geol. Soc. America*. Vol. 39, pp. 769—886.
66. SCUPIN, H., Vergleichende Studien zur Histologie der Ganoidschuppen. *Arch. f. Naturgesch.* 1, Heft 2, S. 145—186, 1896.
67. — Die Entstehung der Kupferlagerstätten im niederschlesischen Zechstein. *Ztschr. f. prakt. Geol.*, Heft 1, 1930.

68. STEINMANN und SURBECK, Zur Toxikologie der Fische. Ztschr. für Hydrol., Zürich.
69. STOLLEY, E., Die Ganoiden des deutschen Muschelkalkes. Palaeontographica. LXIII, 1919—1921.
70. TRAQUAIR, R. H., On the Agassizian Genera *Amblypterus*, *Palaeoniscus* *Gyrolepis* and *Pygopterus*. Quaterly Journ., 1877.
71. — The Ganoid fishes of the British Carboniferous Formation. Part I. Palaeoniscidae. Pal. Soc., Vol. XXXI, 1877.
72. — On the Structure and Affinities of the Platysomidae. Trans. Roy. Soc. Edinburgh, Vol. XXIX, 1879.
73. WASMUND, W., Biozoenose und Thanatozoenose. Biosoziologische Studie über Lebensgemeinschaften und Totengesellschaften. Arch. für Hydrobiologie, 17, S. 1—116, 1926.
74. WEIGELT, JOH., Die Gliederung und Faunenverteilung im Unteren Culm des Oberharzes. Jhrb. d. Pr. Geol. L.-A. XXXVII, 1916.
75. — Die Flachmeersäume und die Gesetzmäßigkeiten ihres geologischen Baues. Ztschr. d. D. Geol. Ges. LXXII, 1920.
76. — Die Harnische auf der körnigen Naht. Deformation von Erdpechhiecken durch Gleitbewegungen der Schichtelemente im Mansfelder Kupferschiefer. Jhrb. d. Hall. Verb. V. N. F., 1926.
77. — Die Pflanzenreste des Mitteldeutschen Kupferschiefers und ihre Einschaltung im Sediment. SOERGEL, Fortschr. d. Geol. u. Pal., 1927.
78. — Rezente Wirbeltierleichen und ihre palaeontologische Bedeutung. Leipzig 1927.
79. — Ganoidfischleichen im Kupferschiefer und in der Gegenwart. Palaeobiologica. I, S. 323—356, 1928.
80. — Vom Sterben der Wirbeltiere. Leopoldina. VI. Walther-Festschrift, S. 281—314, Leipzig 1930.
81. — Neue Pflanzenfunde auf dem Mansfelder Kupferschiefer. Leopoldina. Walther-Festschr. VI, S. 643—668, Leipzig 1930.
82. — *Palaeochamaeleo jaekeli* nov. gen. nov. sp. Leopoldina. VI. Walther-Festschr., S. 625—642, Leipzig 1930.
83. Über die vermutliche Nahrung von *Protorosaurus*. Leopoldina. VI. Walther-Festschr., S. 269—280, Leipzig 1930.
84. — Wichtige Fischreste aus dem Mansfelder Kupferschiefer. Leopoldina. VI. Walther-Festschr., Leipzig 1930.
85. WIENERT, FRITZ, Die Bildungsbedingungen der sulfidischen Kupfer- und Eisenerze mit besonderer Berücksichtigung des mitteldeutschen Kupferschiefers. Jhrb. d. Hall. Verb. IV, 1923—1924.
86. WÖHLBIER, Mansfelder Fischabdrücke. Sonntagsbl., Beil. z. Eislebener Ztg., Nr. 11, S. 85, 1910.
87. WOLFF F v Der Kupfergehalt der rotliegenden Eruptivgesteine von Mitteldeutschland. Jhrb. d. Hall. Verb. III, Heft 1, 1921.
88. WOODWARD, A. S., Catalogue of the fossil fishes in the British Museum. Part II.. London 1921.

89. WÜST, E., Die erdgeschichtliche Entwicklung und der geologische Bau des westlichen Harzvorlandes. Sonderabdr. a. d. Heimatkunde d. Saalkreises, Halle 1908.
90. ZIMMERMANN, E., Erläuterungen zur geologischen Spezialkarte zu Blatt Gera.
91. — Über den Begriff „Weißliegendes“. Rötung des Schiefergebirges und Weißliegendes in Ost-Thüringen. Ztschr. d. D. Geol. Ges. LXI, 1909.

Tafelerklärungen.

Tafel XVI.

Die Figuren veranschaulichen die Veränderung der Schuppenskulpturen beim Wachstum von *Palaeoniscus freieslebeni*.

Fig. 1. *Palaeoniscus freieslebeni*. Totallänge 180 mm. Schuppen hinter dem Schultergürtel. Sammlung Halle. — 8mal.

Fig. 2. *Palaeoniscus freieslebeni*. Totallänge 180 mm. Schuppen unter der Dorsalis. Sammlung Halle. — 8mal.

Fig. 3. *Palaeoniscus freieslebeni*. Totallänge 180 mm. Schuppen an der Schwanzwurzel. Sammlung Halle. — 8mal.

Fig. 4. *Palaeoniscus freieslebeni*. Totallänge 260 mm. Schuppen hinter dem Schultergürtel. Sammlung Halle. — 8mal.

Fig. 5. *Palaeoniscus freieslebeni*. Totallänge 260 mm. Schuppen unter der Dorsalis. Sammlung Halle. — 8mal.

Fig. 6. *Palaeoniscus freieslebeni*. Totallänge 260 mm. Schuppen an der Schwanzwurzel. Sammlung Halle. — 8mal.

Fig. 7. *Palaeoniscus freieslebeni*. Totallänge etwa 380 mm. Schuppen hinter dem Schultergürtel. Sammlung Halle. — 8mal.

Fig. 8. *Palaeoniscus freieslebeni*. Totallänge etwa 380 mm. Schuppen unter der Dorsalis. Sammlung Halle. — 8mal.

Fig. 9. *Palaeoniscus freieslebeni*. Totallänge etwa 380 mm. Schuppen an der Schwanzwurzel. Sammlung Halle. — 8mal.

Tafel XVII.

Fig. 1. *Palaeoniscus freieslebeni*. Totallänge 275 mm. 5. und 6. Fulcra vor dem oberen Schwanzlappen. Sammlung Halle. — 8mal.

Fig. 2. *Palaeoniscus freieslebeni*. Totallänge etwa 305 mm. 5. Fulcra vor dem oberen Schwanzlappen. Sammlung Halle. — 8mal.

Fig. 3. *Palaeoniscus freieslebeni*. Totallänge 340 mm. 5. Fulcra vor dem oberen Schwanzlappen. Sammlung Halle. — 8mal.

Fig. 4. *Palaeoniscus freieslebeni*. Totallänge etwa 380 mm. 3. Fulcra dem oberen Schwanzlappen. Sammlung Halle. — 8mal.

Fig. *Acrolepis asper*. Schuppen zwischen Kopf und Dorsalis. Sammlung Halle. — 8mal.

Fig. 6. *Acrolepis exsculptus*. Schuppen zwischen Kopf und Dorsalis. Sammlung Halle. — 8mal.

Fig. 7. *Palaeoniscus freieslebeni*. Totallänge etwa 380 mm. Dorsalstrahlen und ihre Basis. Sammlung Halle. — 8mal.

Fig. 8. *Acentropherus glaphyurus* (*Palaeoniscus glaphyurus* AGASSIZ). Schuppen unter der Dorsalis. Sammlung PANGERT, Eisleben. — 8mal.

Tafel XVIII.

Fig. 1. *Palaeoniscus freieslebeni*. Caudalis. Sammlung Halle. — 1½mal.

Fig. 2. *Palaeoniscus elegans*. Caudalis. Sammlung SIEGERT, Eisleben. — 3mal.

Tafel XIX.

Fig. 1. *Palaeoniscus elegans*. Kopf. Sammlung SIEGERT, Eisleben. — 3mal.

Fig. 2. *Platysomus gibbosus*. Kopf. Aus dem Stinkschiefer des Anhydrit. Hermannschacht bei Helfta. Im Besitze des Herrn Direktor Dr. LUDWIG, Eisleben. — 1mal.

Tafel XX.

Fig. 1. *Acentropherus glaphyurus* (*Palaeoniscus glaphyurus* AGASSIZ). Schieferkopf. Sammlung PANKERT, Eisleben. — 1½mal.

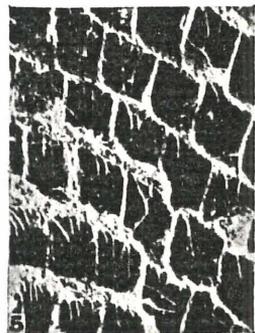
Fig. 2. *Acentropherus glaphyurus* (*Palaeoniscus glaphyurus* AGASSIZ). Schwanz. Grobe Lette. Sammlung PANKERT, Eisleben. — 5½mal.

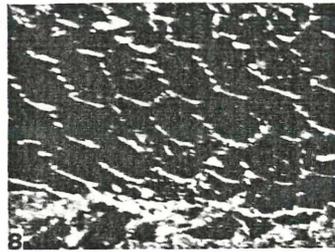
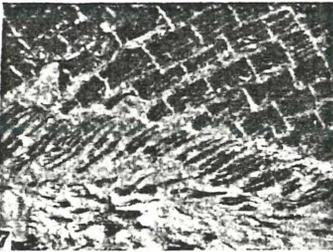
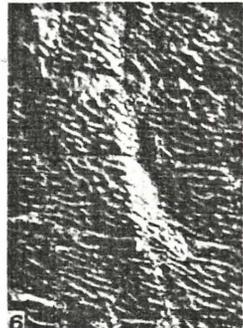
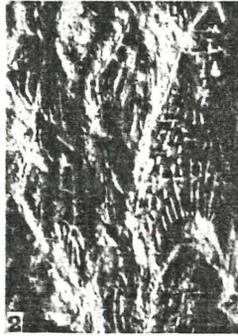
Fig. 3. *Palaeoniscus freieslebeni*. Grobe Lette. Liegendplatte. Aufbruch, lange gedriftete Leiche. Unterkiefer noch intakt. Sammlung Halle. — ¾mal.

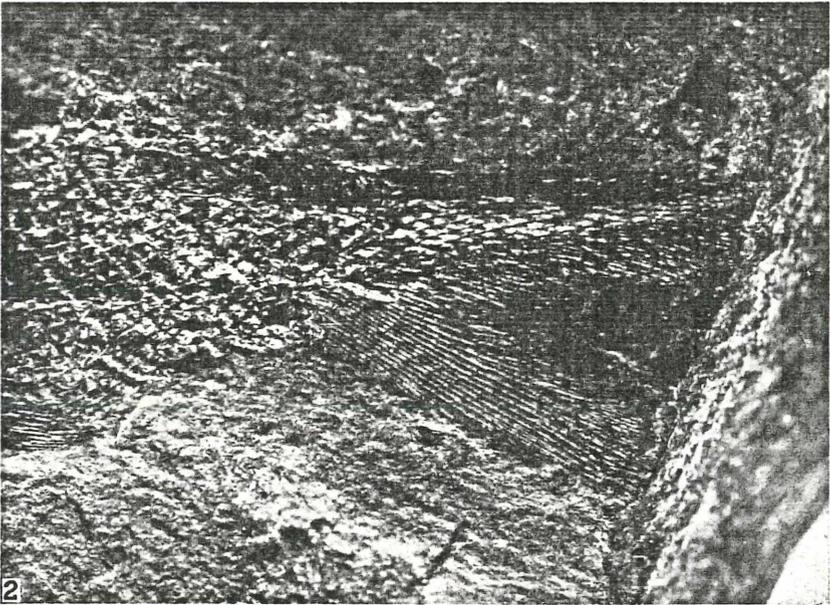
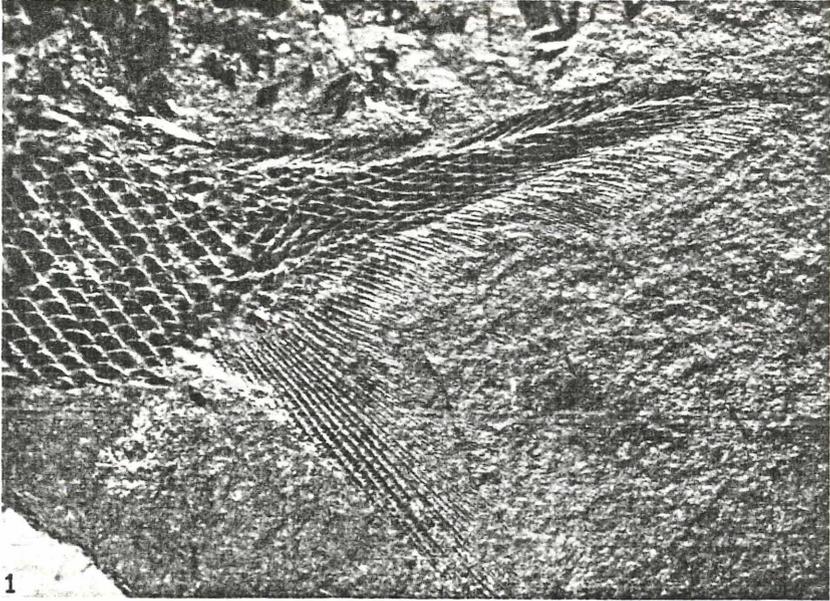
Tafel XXI.

Palaeoniscus freieslebeni. Kopf. Ilmenauer Schwüle. Sammlung Halle. — 2mal.

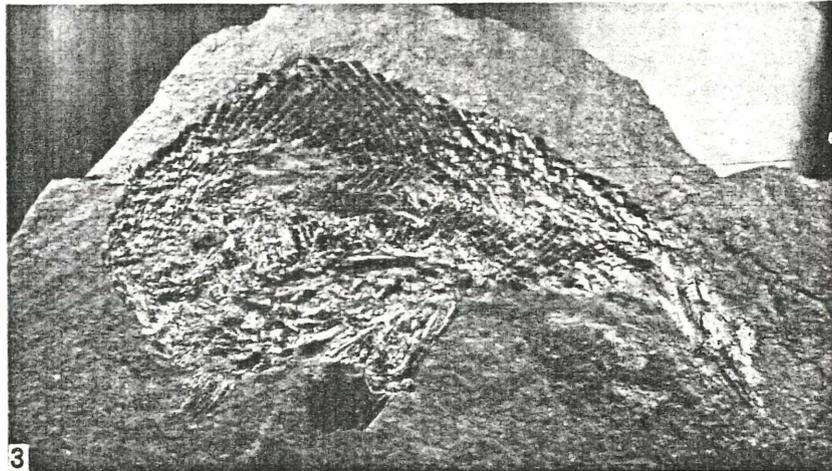
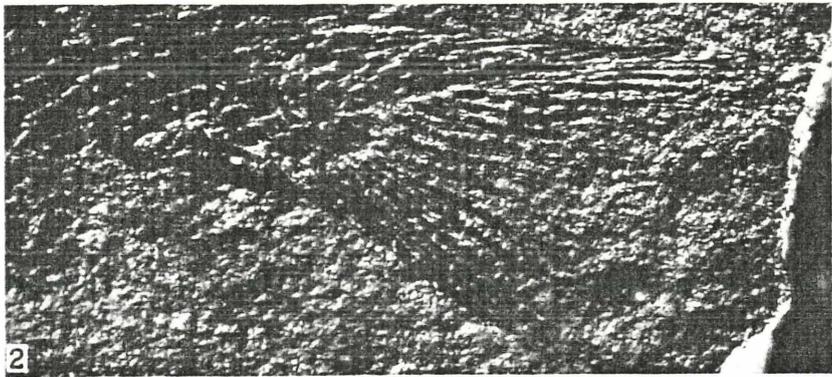
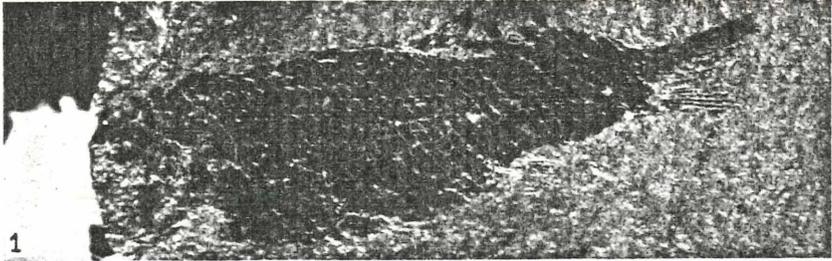
Pa = Parietale	Cor = Circumorbitalia	St = Supratemporale
Fr = Frontale	Sor = Suborbitalia	Pt = Posttemporale
Sq = Squamosum	Op = Operculum	Scl = Supraclavicula
Pfr = Postfrontale	Pop = Praeoperculum	Cl = Clavicula
Mx = Maxillare	Iop = Interoperculum	Pcl = Postclavicula
D = Dentale	Brs = Brachiostegealstrahlen	HyM = Hyomandibulare
Or = Orbita		











ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Palaeobiologica](#)

Jahr/Year: 1931

Band/Volume: [4](#)

Autor(en)/Author(s): Laatsch Willy

Artikel/Article: [Die Biostratonomie der Ganoidfische des Kupferschiefers.
175-238](#)