

III. Originalabhandlungen.

Lebens-Spuren aus dem Schilfsandstein (Mittl. Keuper km 2) NW-Württembergs und ihre Bedeutung für die Bildungsgeschichte der Stufe.

Von OTTO LINCK, Güglingen.

Mit 5 Abbildungen und 8 Tafeln.

Inhalt:	Seite
A. Allgemeines: Überblick über den Stand der Forschung. Problemstellung. Grundsätzliches über fossile Lebens-Spuren.	2
B. Die einzelnen Lebens-Spuren:	
1. <i>Cylindricum gregarium</i> n. g. n. sp.	19
2. „Skulpturierte Rinnen-Ausgüsse“	28
3. <i>Isopodichnus</i> sp.	30
4. <i>Ichnospica pectinata</i> n. g. n. sp.	32
5. Cfr. „Zopfwülste“ (WEISS).	37
6. „Gekörnelte Tunnel-Geflechte“	39
7. <i>Biformites insolitus</i> n. g. n. sp.	40
8. „Bogenförmige, zuweilen dreistrahligte Lebens-Spuren“	44
9. <i>Limuludichnus variabilis</i> n. g. n. sp.	46
10. <i>Limuludichnulus gracilis</i> n. sp.	57
11. „Einzeilige Reihenhöcker-Spur“	66
12. Schwimm-Spur eines Fisches	69
13. Sonstige Lebens-Spuren:	70
a) <i>Fucoiden</i> -ähnliche Spuren.	71
b) Cfr. <i>Palaeophycus</i> HALL	71
c) Glatte Rinnen-Spuren	71
d) Tunnel-Gänge („ <i>Planolites</i> “)	71
e) Pfeilspitzenförmige Ausgüsse	72
f) Flach bandförmige Spuren	72
g) <i>Lumbricaria</i> ?	72
h) Tetrapoden-Spuren.	72
C. Zusammenfassung und Auswertung:	
1. Allgemeine Zusammenfassung	73
2. Fragestellung nach der Beschaffenheit des Raums, in dem die Spuren erzeugt wurden	73
a) Ausgehend von den festgestellten Unterwasser-Spuren.	73
b) Ökologische Betrachtung	74
c) Handelte es sich um Süß-, Brack- oder Meerwasser?	75

d) Woher stammte die brackische Fauna?	75
e) Handelte es sich um ein „Watten-Meer“?	77
3. Darstellung der Bildungsgeschichte des Schilfsandsteins in dem näher behandelten Gebiet	78
4. Möglichkeit der Übertragung auf andere Schilfsandsteingebiete	80
5. Der Schilfsandstein Südwestdeutschlands. Vergleich mit dem Flysch	81
Schriften	85
Tafeln I—VIII	92-100

A. Allgemeines.

Zu den mannigfachen Rätseln, die die zweite Stufe des Mittleren Keupers, der Schilfsandstein km 2, aufgibt, gehört seine Fossilarmut¹ und die eigenartige Verteilung der vorkommenden tierischen und pflanzlichen Überreste. So dürfte es von besonderer Bedeutung sein — zunächst freilich vorwiegend für ein bestimmtes Gebiet, den Raum des Strom- und Heuchelbergs im nordwestlichen Württemberg —, eine größere Zahl bezeichnender „Vorzeitlicher Lebensspuren“ (ABEL 1935) im Schilfsandstein nachzuweisen, die das Lebensbild der Schilfsandsteinzeit wenigstens mittelbar und vorerst örtlich überraschend bereichern. Es wird versucht, aus den beschriebenen Spuren-Fossilien Schlüsse auf die umstrittene Genese des km 2² und die paläogeographischen Verhältnisse der Schilfsandsteinzeit — wiederum hauptsächlich für den angegebenen Raum — zu ziehen.

Die Auffassungen über die allgemeine Bildung des Schilfsandsteins haben sich ziemlich einheitlich in einer Richtung entwickelt: PLIENINGER (in H. v. MEYER & TH. PLIENINGER 1844) sah in der Ablagerung noch eine „Littoral- und Binnengewässerbildung, welche häufigen und starken Überschwemmungen ausgesetzt sein mußte“. THÜRACH (1888/89) dachte an ein Netz großer Flüsse, das von den umgebenden höheren Festländern Sand und Ton über ein großes Gebiet ausbreitete; dabei sind seine „mittlere“ und „äußere Keuperzone“, auf deren Grenze das behandelte Gebiet liegt, noch von Wasser, und zwar einer „Keuperbinnensee“,

¹ In der Literatur findet sich vielfach die Angabe, daß der Schilfsandstein eine „reiche Fauna und Flora“ aufweise (so BRINKMANN 1926 S. 64). Für die Flora mag dies, wenn man die Zahl der beschriebenen Arten im Auge hat, einigermaßen zutreffen. Jedem Sammler ist aber bekannt, daß der Schilfsandstein (zupal in dem von mir näher behandelten Gebiet) in vielen Aufschlüssen völlig steril ist und daß die schönen Museumsstücke das Ergebnis eines jahrhundertealten Steinbruchbetriebs sind, bei dem alle Einzelfunde sorgsam geborgen wurden. Keine andere Schicht Württembergs weist so zahlreiche und große Werksteinbrüche auf wie der km 2.

² B. V. FREYBERG bezeichnete (1937) die Entstehungsbedingungen des Schilfsandsteins schlechtweg als „noch nicht geklärt“.

bedeckt. Zugleich prägte THÜRACH für die beiden Fazies-Formen, in denen die Stufe auftritt, die fruchtbaren Begriffe „Flutfazies“ und „Normalfazies“, worunter einesteils die massige Werkstein-Ausbildung, zum andern die geringmächtige sandmergelige Entwicklung der Stufe verstanden wird. E. FRAAS schließt sich (1899) im wesentlichen der Auffassung THÜRACH's an und sieht im Schilfsandstein „eine fluviatile Bildung, d. h. eine Einschwemmung von Süßwasserströmen in die Niederung der Keuperseen“; an Stelle der einheitlichen „Keuperbinnensee“ ist eine Mehrzahl von Seen getreten. Die meisten neueren Autoren (so R. LANG 1910, HENNIG 1922, OERTLE 1928, M. FRANK 1937) entwickeln mehr die Vorstellung eines riesigen Deltagebiets mit träge ziehenden Wasserläufen in einem weitgehend eingeebneten Sedimentationsraum, wobei HENNIG (S. 125) eine Sedimentation fluviatil beigeführten Materials unter Wasser, sei es in Binnenseen oder gar in einem flachen Meeresteil ausdrücklich ablehnt. REIFF modifiziert (1938) in seiner gründlichen Untersuchung des Schilfsandsteins Mittel-Württembergs diese herrschende Vorstellung derart, daß er zunächst mehr an Auffüllung gegebener Seen-Gebiete und später an Schichtfluten-Bildungen in dem inzwischen $\pm$ eingeebneten Sedimentationsraum denkt. Nur WEIGELIN (1913) und DEECKE (1916, S. 327) weichen grundsätzlich ab, indem WEIGELIN die Vorstellung der „Keuperbinnensee“ noch einmal aufleben läßt, wobei er zwar die ursprüngliche fluviatile Herkunft des Sedimentationsmaterials nicht anzweifelt, aber jedenfalls für den Raum Württembergs an Ablagerung in einem Flachmeer denkt, während DEECKE den Schilfsandstein Badens sogar auf „Wanderdünen auf zeitweilig trockenem Boden“ zurückführen möchte.

So viel Wahrscheinlichkeit für die herrschende Deutung spricht, daß der Schilfsandstein als ganzes wesentlich als Delta-Bildung anzusehen sei, so viel Fragen läßt sie im einzelnen offen. Zunächst muß auf die gewaltige Ausdehnung (nach WEIGELIN 150 000 qkm) hingewiesen werden, die das „Schilfsandstein-Delta“ besessen haben mußte; eine derartige Größe kommt bei rezenten Delten nicht vor. Nun kennt zwar die Erdgeschichte „ungemein mächtigere und auch zahlreichere Delta-Bildungen als die geologische Gegenwart“, was u. a. auf die allgemeine Entwicklung eines steileren Abfalls der Kontinental-Schelfe zurückzuführen ist (WASMUND 1926), aber es kann sich nach den ganzen paläogeographischen Verhältnissen bei der Ablagerung des Schilfsandsteins ja von vornherein nicht um ein ins freie Meer vorstoßendes Delta als vielmehr um die Ausfüllung eines wesentlich kontinentalen Trogs zwischen zwei Abtragungsgebieten, dem Vindelizischen Land und dem Gallischen Hochland oder Ardennen-Hochland, gehandelt haben. Streng genommen bezeichnet der

Begriff „Delta“ zudem das Mündungsgebiet eines Stroms oder wenigstens Stromgebiets. Für einen solchen Riesenstrom, wie ihn ein einheitliches „Schilfsandstein-Delta“ voraussetzen würde, dürften aber schon die mutmaßlichen Ausmaße des Vindelizischen Landes, das die Hauptmenge des Materials lieferte, nicht ausgereicht haben (PFEIFFER 1923 b). Zudem läßt die gleichmäßige Mächtigkeit der Stufe erkennen, daß ihre Sedimentation in einem breiten, dem Rande des vindelizischen Abtragungsgebiets folgenden Streifen erfolgt sein muß, wozu in geringerem Maß noch ein Zuschuß vom Gallischen Hochland kam (GOETZ 1914). Es kann sich also bei der Bildung des Schilfsandsteins grundsätzlich nicht um ein „Delta“ im eigentlichen Sinne als vielmehr um „deltaähnliche Verhältnisse“ größten Ausmaßes gehandelt haben, für die uns rezente Vergleichsmöglichkeiten fehlen: Von regenreichen und, wie die Pflanzenreste des Schilfsandsteins erkennen lassen, dicht bewachsenen Abtragungsgebieten trug ein Netz zahlreicher Wasserläufe Material in eine flache Sammelmulde und breitete es dort auf die verschiedenste Weise aus. Nur mit dieser Erweiterung wird im folgenden der Begriff „Delta“ auf die Bildung des Schilfsandsteins angewandt.

Gegen die Deutung des Schilfsandsteins als Delta-Bildung ist verschiedentlich (z. B. WEISS 1932, S. 51) die Tatsache ausgewertet worden, daß die Mächtigkeit der Stufe von den Rändern der Abtragungsgebiete zum Becken-Innern nur verhältnismäßig wenig abnimmt, während bei den rezenten Delten der Schüttungskegel in der Regel sehr steil verläuft³. Doch läßt sich dies unschwer damit erklären, daß es sich bei dem sog. Schilfsandstein-Delta auf jeden Fall nur um ein „Inlands-Delta“ und nicht um ein „Meeres-Delta“ gehandelt haben kann. Umgekehrt entspricht die Mächtigkeits-Verteilung des Schilfsandsteins auf den ersten Blick nicht ganz der von BRINKMANN (1926, S. 60) aufgestellten Typen-Einteilung der Auffüllungsformen einer Geosynklinale. BRINKMANN selbst rechnet zwar den Schilfsandstein zu seinem „fluviatilen Sedimentationstypus“, für den u. a. die „maximale Mächtigkeit der klastischen Komponente“ im zentralen Teil des Beckens bezeichnend ist. In Wirklichkeit

³ PFEIFFER gibt (1923 b) für die Mächtigkeitsabnahme des Flutfazies (für die Normalfazies gilt ein ähnliches Verhältnis) folgende Zahlen: Südöstliche fränkische Keuperprovinz bei Ansbach 30 m, nordfränkische Provinz im Grabfeld 35 m, im Stromberg 23 m, im Kraichgau 17 m, im Unterelsaß 5 m, dann schwillt die Stufe unter dem Einfluß des Ardennen-Hochlands wieder an. Die meisten Delten der Gegenwart, selbst kleine, wie das des Po, weisen stärkere und steiler verlaufende Schüttungen auf (200—300 m). Andererseits zeigen einzelne geographisch umfangreiche Meeres-Delten (z. B. an der Mündung des Mississippi und des Ganges) auch unerwartet geringe Mächtigkeiten (ANDRÉE 1922/26), die sich mit dem „Schilfsandstein-Delta“ einigermaßen vergleichen lassen.

aber ist ja der Schilfsandstein in der Beckenmitte schwächer entwickelt als an den Rändern; trotzdem gehört er zum „fluviatilen Typus“ und nicht zum „salinaren Typus“, bei dem nach BRINKMANN die klastischen Teile grundsätzlich randlich angehäuft sind⁴. Daß sich in der Schilfsandsteinmulde nicht mehr Material ablagerte, ist in der Form des Beckens begründet; in einer Sammelmulde mit stark konkavem Querschnitt (wie ihn BRINKMANN's Schema Abb. 6 zeigt) müssen sich rein physikalisch durch Wassertransport mehr klastische Bestandteile im zentralen Teil anhäufen als in einem weitgespannten Trog mit flachem, $\pm$ eingeebnem Boden, wie er für die Zeit der Bildung des Schilfsandsteins anzunehmen ist. Hier mußte das Sediment zum guten Teil am Rande liegen bleiben und sich im Innern mehr breitflächig ausbreiten.

Es ist auch auf die auffällige Tatsache hingewiesen worden, daß im Gegensatz zu der Gruppe der späteren Stubensandsteine (km 3 und 4) die Korngröße des Schilfsandsteins auf dem langen Transportweg vom Rande der Abtragungsgebiete bis zum Beckentief nahezu gleichbleibt und daß dabei keine Trennung der Grob- und Feinbestandteile des Sedimentationsmaterials stattgefunden hat⁵. Nur in Franken und auf der andern Seite an dem vermutlich steiler abfallenden Ardennen-Hochgebiet tritt die Stufe grobkörniger bzw. sogar konglomeratisch auf (PFEIFFER 1923, GOETZ 1914). Die geringe Differenzierung der Korngrößen ist aber nach BRINKMANN gerade wieder kennzeichnend für den „fluviatilen Sedimentationstyp“ im Gegensatz zum „salinaren Typ“, bei dem die Korngrößenkurve von außen nach innen stark abfällt. Auch die mangelnde Trennung der gröberen und feineren Fraktionen (Sandkörner und Ton) läßt nach J. WALTHER (1927, S. 17) auf Wassertransport im Gegensatz zu Sedimentation aus Deflation schließen⁶; ganz abgesehen davon, daß die ursprüng-

⁴ BRINKMANN zählt auch die Stubensandsteine des km 4 zu seinem „fluviatilen Typ“. Sie zeigen aber so viel Merkmale des „salinaren Typs“ (z. B. randliche Mächtigkeit der klastischen Komponente, sehr starke Differenzierung der Korngrößen, Gips- und Steinsalzspuren im Beckeninnern), daß sie mindestens als „Bindeglieder zwischen fluviatilem und salinarem Typus“ angesehen werden müssen. Man sieht wieder einmal, wie schwer eine an sich fruchtbare Typisierung mit den tatsächlichen Verhältnissen in Übereinstimmung zu bringen ist.

⁵ Über Größe und Form der Sandkörner des württembergischen Schilfsandsteins vgl. REIFF 1938 S. 119. Eine allmähliche Zunahme der Korngröße läßt sich nach FRANK (1929 S. 13) gegen Osten etwa von der Linie Backnang—Gaildorf—Jagstheim feststellen; ein eigentlicher Fazieswechsel zu grobkörnigeren Sandsteinen von der Art der schwäbischen Stubensandsteine erfolgt aber erst östlich und südöstlich von Ansbach. Dort finden sich nach PFEIFFER (1923 b) sogar reichlich bis 2 cm große Quarzgerölle.

⁶ Der Schilfsandstein Württembergs ist ein ausgesprochener Tonsandstein. FRANK gibt (1942) für den Maulbronner Werkstein einen Bindemittelgehalt von

liche chemisch-physikalische Beschaffenheit des Transportwassers (Wasserstoff-Ionenkonzentration) einen Einfluß auf die Trennung der Schwerebestandteile ausübt. Je nachdem das Wasser mehr sauer oder mehr alkalisch ist, trennen sich die Feinbestandteile leichter oder schwerer von den Sandpartikeln.

Ganz unhaltbar scheint mir die Ansicht DEECKE's zu sein, daß der Schilfsandstein Badens (im Beckentief!) aus Wanderdünen entstanden sei. Wäre dies der Fall, so müßte der Schilfsandstein zum „salinaren Sedimentationstyp“ BRINKMANN's gehören; dem widerspricht aber sowohl die geringe Mächtigkeit seiner Randfazies wie der mangelnde Abfall der Korngrößenkurve und die petrographische Beschaffenheit des Ton-Sandsteins. Überdies fehlen dem Schilfsandstein auch im zentralen Teil des Beckens wesentliche Begleitmerkmale des „salinaren Typs“ wie Gips- oder Steinsalzausscheidungen oder wenigstens Kristall-Relikte von Gips oder Steinsalz (sog. Pseudomorphosen; O. LINCK 1946)⁷; selbst echte Trockenriß-Ausfüllungen, „Lufrisse“ (RUD. RICHTER 1941 a), scheinen nicht vorzukommen, und die besonders im oberen Drittel der Stufe vorkommenden Rippelmarken, Schrägschichtungen und Ausräumungsdiskordanzen lassen sich unschwer auch limnisch oder fluviatil erklären. Nach allem dürfte also der Schilfsandstein als ganzes tatsächlich am ehesten als eine weitverzweigte, deltaähnliche fluviatile Bildung eigener Art in einer flachen, $\pm$ eingeebneten, wesentlich kontinentalen Sammelmulde zu deuten sein; im einzelnen sind noch viele Fragen zu klären. Vor allem gilt dies für die Frage, wie weit — besonders in dem hier näher behandelten Raum Nordwest-Württembergs — stehendes Wasser, süß oder salzig, an der Sedimentation beteiligt (vgl. WEIGELIN's Binnensee 1913) und wie der Raum mit Leben besiedelt war.

Die Fossilarmut des Schilfsandsteins läßt sich sowohl darauf zurückführen, daß in dem Schilfsandstein-Becken an sich ungünstige Lebensverhältnisse bestanden haben, als auch auf Umstände, die für die Erhaltung vorhandengewesener organismischer Reste ungünstig waren. Geht man von „deltaähnlichen Verhältnissen“ aus, so zeigen gerade rezente Delten, auch wo in ihnen ein reicheres Leben vorhanden ist, grundsätzlich ungünstige Erhaltungsmöglichkeiten für tierische und pflanzliche Reste. Es gilt der von OERTLE (1928) herausgestellte kategorische Satz

17,67 % an (hievon 36,07 Al_2O_3); das Gesamt- SiO_2 -Prozent beträgt nach der Bauschanalyse 88,9 %, der Gesamtgehalt an CaO und MgO nur 0,22 %. Über die Art der Bindung des Tons an die Sandkörner vgl. REIFF 1938 S. 126.

⁷ Sekundäre Gipsausscheidungen durch Infiltration aus Gipsstöcken der hangenden Dunklen Mergel, wie sie REIFF (1938 S. 123) angibt, scheiden für diese Betrachtung aus.

von BARELL: „Das Fehlen von Fossilien ist ein negatives Kriterium für Delta-Ablagerungen.“ So bildet heute etwa das Mündungsgebiet des Ob einen Riesensumpf mit zahlreichen Eisenverbindungen, vor allem Hydroxyden, in dem alle organismischen Reste verlorengehen (WASMUND 1926); auch der Schilfsandstein ist sehr eisenreich. Ähnlich berichtete ABEL (1926) von einem verblüffenden Mangel an organismischen Überresten in den Schlamm-Sedimenten heutiger Mangrove-Sümpfe. Auf deren Oberfläche fanden sich zwar, was gerade für diese Arbeit bemerkenswert ist, zahlreiche Fährten und Spuren, die sich unter bestimmten Umständen fossil erhalten könnten⁸, aber fast keine körperlichen tierischen Reste; schon in einer Tiefe von 60 Zentimetern war der Schlamm „fast völlig leer an erkennbaren organischen Resten“.

Die Faktoren, die in einem derartigen Raum der Fossilisation entgegenwirken, sind mechanische und chemische. Zu ersteren gehört die unmittelbare zerreibende Wirkung des bewegten Wassers, die öftere Umlagerung des ganzen in Bewegung befindlichen Sediments, zu den zweiten gehören Gärungsprozesse und in Verbindung damit die Auflösung organischer, vor allem kalkhaltiger Reste durch die verschiedensten Säuren. Der Schilfsandstein muß aus einem detritusreichen Sediment hervorgegangen sein, das den Ablagerungen heutiger Delten mit pflanzenreichem Hinterland weitgehend entsprochen haben wird⁹; dies gilt auch für Schichten, in denen heute makroskopisch keine organismischen Reste mehr zu erkennen sind, wie beispielsweise eine von KARL FEIFEL, Stuttgart, ausgeführte Schlamm-Analyse des äußerlich völlig sterilen „Pappdeckel-Sandsteins“ der *Limuludichnulius*-Spur von Freudenstein noch einen unerwartet hohen Gehalt an feinst zerriebenem pflanzlichem Grus ergeben hat. Bei dem in einem solchen Sediment nach der Ablagerung stattfindenden Zellulose-Abbau entstehen nach KORN (1932) als wirksame Säuren ähnlich wie im Körper der Pflanzenfresser vor allem Essigsäure, Isobuttersäure, Kohlensäure, dazu Methan und Wasserstoff. Auf die Auswirkung der Zellulosegärung des ursprünglich detritusreichen Sediments dürfte es mit zurückzuführen sein, daß der Schilfsandstein so wenig körperliche Reste von Pflanzen und Tieren (insbesondere auch von Schaltieren) bewahrt hat. —

Die bis jetzt bekannten Pflanzen- und Tierreste des Schilfsandsteins lassen jedenfalls erkennen, daß sie nicht mariner

⁸ Es handelte sich, ähnlich wie bei den beschriebenen Schilfsandstein-Spuren, fast ausschließlich um Spuren von Würmern und Arthropoden (hier Krabben).

⁹ Die Menge der organismischen Substanz heutiger Delta-Ablagerungen ist erstaunlich; so führt z. B. der Ganges seinem Delta in der Sekunde 557 Kubikfuß organischer Bestandteile zu.

Herkunft sein können. Doch beeinträchtigt die Auswertung der Fossilien, daß diese meist offensichtlich verschwemmt sind oder wenigstens verschwemmt sein können¹⁰. Insbesondere gilt dies auch für die Pflanzenreste, die zwar ihrem Gesamtcharakter nach Land andeuten, aber meist fragmentarisch erhalten sind (einzelne Strünke, Blätter, Häcksel) und möglicherweise von weither antransportiert wurden¹¹. Fossile Wurzelböden kommen zwar örtlich vor (O. LINCK 1943 a), sind indes selten; wahrscheinlich sogar, was wesentlich ist, verhältnismäßig seltener als in dem an sich pflanzenärmeren Buntsandstein¹². So halte ich jedenfalls in dem hier näher behandelten Raum, in dem Pflanzenreste überhaupt spärlich vorkommen und in vielen großen Aufschlüssen ganz fehlen, die Reste im allgemeinen für ortsfremd eingebettet. Biologisch sind, um nur die wichtigsten Klassen zu erwähnen, allein die Equisetiten als Bewohner der Wasserränder und Untiefen anzusprechen, wo sie nach Art der heutigen Röhrichte Reinbestände bildeten; die Farngewächse (*Filicales*) und Pterophyllen (*Cycadophyten*) sind Trockenland-Gewächse. Gerade die „derb-lederartigen Wedel“ der Pterophyllen (FRENTZEN 1921/22) dürften vielfach einen langen Transport hinter sich haben; dafür spricht auch, daß die schweren Stammknollen dieser „Sago-Palmen“ bis auf einen einzigen von HEER (1864) abgebildeten Strunk noch nie gefunden wurden.

Gegenüber dem verhältnismäßigen Artenreichtum der Schilfsandsteinpflanzen ist die bis jetzt bekannte Fauna arten- und individuummäßig bescheiden. Reptilien und Amphibien liegen im allgemeinen nur in Einzelfunden vor^{12a}; da sich unter den Funden verhältnismäßig viele ganze Skelette fanden, ist an eine Verfrachtung aufgetriebener Kadaver durch die Wasser des „Schilfsandstein-Deltas“ zu denken. Dies gilt neben den

¹⁰ WASMUND bezeichnet (1926, S. 24ff.) Delta-Bildungen „selbstredend“ als „Thanatotope“, d. h. Räume, in denen überwiegend Totengesellschaften sedimentiert werden. Dazu gehören natürlich auch tote Pflanzen.

¹¹ Auf die vertikale Verteilung der Pflanzenreste des Schilfsandsteins kann hier nicht eingegangen werden. Immerhin sind auch in meinem Gebiet die Reste in den tieferen Lagen häufiger als in den höheren, doch fehlen sie dort nicht ganz, wie dies REIFF für sein Gebiet festgestellt hat.

¹² MÄGDEFRAU schreibt 1942 S. 214 für den Buntsandstein: „Wurzelböden trifft man an vielen Fundstellen.“ Dies kann man für den Schilfsandstein nicht sagen.

^{12a} Im Gegeusatz dazu gibt E. FRAAS (1898 S. 26) an, daß die einst berühmten Schilfsandsteinbrüche der Feuerbacher Heide bei Stuttgart neben zahlreichen Pflanzenresten „eine unglaubliche Menge fossiler Knochenreste“ enthalten hätten. Es handelt sich offenbar um ein ganz außergewöhnliches Vorkommen, wie überhaupt der Mittlere Keuper um Stuttgart auffallend viel Fossilien enthält; es ist dies nicht nur auf eine bessere Durchforschung, sondern auf einst hier vorhandenen gewesene „Lebenszentren“ zurückzuführen (HENNIG 1922 S. 130).

wasserrandbewohnenden, ziemlich formenreichen Stegocephalen (*Mastodonsaurus*, *Cyclotosaurus*, *Capitosaurus*, *Metoposaurus*, *Hyperokynodon*) und den Resten Land-Wasser-bewohnender Parasuchier (*Phytosaurus*) auch für die wenigen Fundstücke echter Landreptilien (*Zanclodon*, *Dyoplax*). Die schönen Exemplare des eigenartigen Placodontiers *Henodus chelyops* (F. v. HUENE 1936) stammen noch aus dem obersten Horizont des Gipskeupers und sind in diesem Zusammenhang nur bedeutsam, weil die Tiere offenbar in dem Raum gelebt haben, in dem sie gefunden wurden. Von Nothosauriden bildete nur PLIENINGER (1844 in H. v. MEYER & TH. PLIENINGER) eine Rippe ab, die tatsächlich zu *Nothosaurus* zu gehören scheint; das Original ist verschollen. Da die Nothosauriden im Oberen Gipskeuper noch reich vertreten waren¹³, wäre ihr Fortleben im Schilfsandstein weniger überraschend als ihr plötzliches Verschwinden; zumal ja im km 2 in gewissem Maß auch noch Selachier vertreten sind, mit denen die Nothosauriden gerne vergesellschaftet erscheinen. Im übrigen ist die grundsätzliche Seltenheit der Fischreste im Schilfsandstein auffallend. Wenn Fischreste, wie noch OERTLE (1928) angab, auch nicht ganz fehlen, so sind sie doch auf einzelne Vorkommen und im allgemeinen auf die Untergrenze der Stufe beschränkt; ein ganzer Fisch ist, wie auch REIFF feststellte, überhaupt noch nie gefunden worden, obwohl die Erhaltungsmöglichkeiten äußerlich als mindestens ebenso gut anzusprechen sind, wie etwa in den späteren Stubensandsteinen, in denen ganze Fische nicht zu selten vorkommen. Seit längerer Zeit sind zunächst als ausgesprochene Unika einige wenige Zähne von *Ceratodus* bekannt. Ich habe 1936 (S. 63) darauf hingewiesen, daß die leicht ablös-

¹³ *Nothosaurus* ist zwar noch als Bewohner von Randgewässern anzusehen, aber doch von allen erwähnten Wirbeltieren die am meisten ans freie Wasser angepaßte Form. E. FRAAS war 1889 noch der Überzeugung, daß die Nothosauriden mit Beginn der Gipskeuperzeit völlig verschwänden. Einzelne Reste von ihnen kommen aber nicht zu selten in allen größeren Fossilbänken des Gipskeupers in Württemberg vor (Bochinger Bank, Haupt-Bleiglanzbank, Anatinen-Bank). Besonders formenreich sind die Nothosauriden gerade noch kurz vor der Schilfsandsteinzeit in der Anatinen-Bank Nord-Württembergs vertreten (*Nothosaurus*, *Partanosaurus*, *Pachypleurosaurus* und sonstige Arten, deren Beschreibung von mir vorgesehen ist). Aus den Dunklen Mergeln des km 3 über dem Schilfsandstein erwähnte ZELLER (1907) einen Zahn, den REIFF als „fraglich“ bezeichnet; doch könnte *Nothosaurus* hier wohl noch vorkommen, da die Dunklen Mergel stellenweise reich an Selachier-Resten sind (z. B. Gaildorf, SEILACHER 1943) und örtlich auch marine (?) Muscheln führen (*Trigonodus*). Von Bedeutung ist ferner eine Nothosauriden-Clavícula aus dem Lehrberg-Horizont von Stuttgart, die sich in meiner Sammlung befindet. Zweifelhaft erscheinen mir die aus höheren Keuperschichten beschriebenen bzw. erwähnten Nothosauriden-Reste (VOLLRATH 1933 aus dem km 4, O. KUHN 1939 Taf. 23 Fig. 5 aus dem Oberen Keuper).

baren Zahnplatten dieser Dipnoer, die in ihren eigentlichen Lebensräumen (z. B. Hoheneck km 3, Stuttgart km 3, Ochsenbach km 4) gesellig lebten, dadurch, daß sich die Medullar-Röhren mit Gasen füllten, besonders weit transportierbar sind. Da es sich bei den wenigen Funden von *Ceratodus*-Zähnen im Schilfsandstein um kräftige Formen vom Habitus des *C. runcinatus* FLIEN. handelt, die an sich gut erhaltungsfähig sind, kann angenommen werden, daß die wenigen gefundenen Zähne verfrachtet wurden und daß die *Ceratodus*-Fische überraschenderweise in den Gewässern des „Schilfsandstein-Deltas“ nicht eigentlich gelebt haben. Das Vorkommen von Selachier-Zähnen (*Acrodus*, *Hybodus* d. aut.) wird ohne genauere Angabe verschiedentlich in der Literatur erwähnt (so PFEIFFER 1923 a aus der westfränkischen Keuperprovinz). REIFF hat 1938 ein von ihm selbst noch nicht näher bearbeitetes Material an Fischresten aus dem Schilfsandstein Mittel-Württembergs angegeben (er nennt *Acrodus*, *Hybodus*, *Saurichthys*, *Birgeria*); ein ähnliches Material, das auch Schuppen von *Gyrolepis* enthielt, stellte mir Dr. H. HÖLDER aus der Umgebung von Stuttgart (Zuffenhausen) liebenswürdigerweise zur Verfügung. Neuerdings hat A. SEILACHER (1943) in einer zusammenfassenden Arbeit neben dem REIFF'schen Material verschiedene weitere Vorkommen von Fischzähnen im km 2 ausgewertet; mit dem Ergebnis, daß die bisher als *Acrodus* und *Hybodus* bezeichneten Selachierzähne des Schilfsandsteins zu den Gattungen *Palaeobates* und *Polyacrodus* zu stellen sind¹⁴, wozu noch *Saurichthys* und *Doratodus* kommen. Im ganzen weicht diese Fischfauna nicht wesentlich von der Fauna des Oberen Gipskeupers ab; dies ist um so begreiflicher, als diese Fischreste fast ausschließlich in bonebedartigen Ansammlungen des untersten Schilfsandsteins vorkommen (nach REIFF überwiegend in den „Ausuferungszonen“ der Normalfazies)¹⁵. Soweit ich ermitteln konnte, sind nur in einem einzigen Fall (REIFF S. 131) Fisch-

¹⁴ Nach SEILACHER (1943) gehören sämtliche Selachier-Zähne des Schilfsandsteins zwei neuen Arten *Palaeobates spinosus* SEIL. und *Polyacrodus krafti* SEIL. an, von denen die erste auch im Gipskeuper und den Dunklen Mergeln, die zweite auch in den Dunklen Mergeln vorkommt.

¹⁵ Die bonebedartigen Anreicherungen an der Untergrenze des Schilfsandsteins sind in Württemberg in ziemlich gleichartiger petrographischer Beschaffenheit offenbar für die erste Phase der Schilfsandstein-Bildung bezeichnend. Ich kenne derartige, mitunter geradezu konglomeratisehe Bildungen z. B. vom Sturz bei Eudendorf, in meinem engeren Gebiet von Stockheim und Derdingen, wo sie aber nur unbestimmbare Knochentrümmer und keine Fischreste zu führen scheinen. Sie zeugen aber dafür, daß die Sedimentation des Schilfsandsteins ziemlich stürmisch eingesetzt hat; durch die veränderten Lebensverhältnisse dürfte ein guter Teil der vorhandenen Fauna zugrunde gegangen sein, so daß sich ihre Hartteile zusammen mit bezeichnenderweise verhältnismäßig großen Pflanzenresten örtlich ansammeln konnten. Zu den REIFF'schen Fossil-Lagern vgl. seine Arbeit S. 114 ff.

reste (*Acrodus*- bzw. *Palaeobates*-Zähne) in höherer Lage, nämlich etwa im oberen Drittel der Stufe gefunden worden; die Hauptmasse des Schilfsandsteins erweist sich also bis jetzt merkwürdigerweise völlig frei von Fischresten. Als Zeugen niederer Tiere sind nur selten undeutliche Muschelabdrücke und Estherien bekannt geworden¹⁶. Alle aufgezählten tierischen Reste sind sowohl in Rücksicht darauf, daß sie nach den ganzen Umständen transportiert worden sein können (Wirbeltiere) als auch nach ihrem an sich unbestimmten biologischen Charakter¹⁷ (Selachier, Muscheln, Estherien) für eine spezifische Deutung des Lebensraums, in dem die Reste abgelagert und fossilisiert wurden, wenig brauchbar. Hier vermögen u. U. Lebens-Spuren, da sie im unmittelbaren Lebensraum der vorauszusetzenden Tiere erzeugt worden sein müssen, vor allem bei ökologischer Auswertung, mehr auszusagen. —

REIFF hat in seiner mehrfach erwähnten Arbeit den Schilfsandstein Mittel-Württembergs vor allem in stratigraphischer und genetischer Hin-

¹⁶ Es sind hier einige Fehlangaben der Literatur zu berichtigen. DACQUÉ zieht bestimmte Folgerungen daraus, daß *Lingula* „im Schilfsandstein Württembergs“ vorkomme (1921 S. 138). Die Angabe muß auf einem Irrtum, vielleicht einer Verwechslung mit Lettenkohle-Sandstein beruhen; es ist vielmehr gerade bezeichnend, daß dieser Armkiemer im km 2 nicht mehr vorkommt, nachdem er in Württemberg zum letztenmal in der Haupt-Bleiglanzbank des Gipskeupers gefunden wurde (PFEIFFER 1915, S. 25). Im übrigen ist *Lingula* ziemlich anpassungsfähig und keinesfalls „vollmarin“. — Bei der grundsätzlichen Bedeutung, die Fossilisten zukommt, ist es ferner besonders bedauerlich, daß in dem Nachtrag zur „Lebewelt der Trias“ von M. SCHMIDT (1938) in der Verbreitungstabelle zahlreiche Tiere in der Spalte des Schilfsandsteins (sei es z. T. auch nur mit dem Zeichen für „ungenau bezeichnete Vorkommen“) eingetragen sind, die im km 2 bestimmt nicht vorkommen. Hieher gehören: *Ophiolepis damesi* WRIGHT, *Perna keuperina* BLANCK., *Anomia beryx* GIEB., *Mytilus priscus* GOLDF., *Lithodomus rhomboidalis* SEEB., *Myophoria struckmanni* STROM., *simplex* SCHLOTH., *transversa* BORN., *kefersteini* MÜNST., *elegans* DUNKER, *Amauropsis* aff. *Sanctae Crucis* WISSM. (ZELL.).

¹⁷ Im einzelnen: Von den Amphibien und Reptilien wird von manchen Autoren (so BADER 1936) nur *Nothosaurus* als „marin“ angesehen. Die Haie, von denen BADER *Palaeobates* als marin anspricht, dürften, wie zur Gipskeuperzeit, in dem jedenfalls als ziemlich warm anzunehmenden Klima der Schilfsandsteinzeit von weither eingewandert sein, auch bis in völlig ausgesüßtes Wasser der „Delta-Arme“; auch in der Gegenwart treten die meisten marinen Formen des süßen Wassers innerhalb der Tropenzone auf (JOH. WALTHER 1919, S. 485). Von Muscheln lag mir nur ein schattenhafter Umriß von indifferentere „*Anoplophora*“-artiger Form mit wohl erhaltenem Ligament aus einer Tonlage des km 2 von Affaltrach vor (leg. G. BUCK). Die Estherien, die in meinem Gebiet bei Sternenfels im Finkenstecken (erwähnt bei SCHNARRENBERGER 1905) und in Sandschiefern bei Maulbronn (BRILL 1929) lagenweise massenhaft vorkommen, sind nach FRENTZEN (1931) ausgesprochen euryhalin und konnten sowohl im Süßwasser wie im Salzwasser, ja sogar in übersalzten Räumen leben.

sicht einer Neuuntersuchung unterzogen. Er stellte dabei, neben einer verfeinerten Fassung der „Normalfazies“ THÜRACH's, für die er „Ausuferungszonen“ und „Verbindungszonen“ unterscheidet, zunächst fest, daß sich in seinem weit vom Abtragungsgebiet entfernten Raum die „Flutrinnen“ der Flutfazies nicht, wie seit THÜRACH allgemein angenommen wurde, in den liegenden Gipskeuper eingefressen haben können, sondern daß durch den Schilfsandstein, wenigstens zu Anfang, vorhandene „Seengebiete“ und „Lagunen“ der Gipskeuperzeit aufgefüllt worden seien. Ich schließe mich dieser Vorstellung für mein Gebiet im wesentlichen an¹⁸ mit der Einschränkung, daß daneben auch an gegebene flußartige Rinnen gedacht werden muß; die gleichbleibende petrographische Beschaffenheit des Sandsteins, die Aufarbeitungen auf seiner Unterseite sprechen für wenig unterbrochene und ziemlich lebhaftere Wasserbewegung. Weiterhin gliedert REIFF die Flutfazies der Tübinger Gegend in vier Horizonte I—IV, für die von unten nach oben ein bezeichnender Farbumschlag von Gelb über Grau zu Grauviolett angegeben und der oberste Horizont fossil-leer genannt wird. Für die Horizonte I und II werden nach REIFF in dem morphologisch ausgeglicheneren Ablagerungsraum die „Ausuferungsphasen“ mehr und mehr bezeichnend, zugleich fallen größere Gebiete immer häufiger trocken und treten echte „Schichtfluten-Bildungen“ in Erscheinung; von der Grenze der Horizonte III/IV nähert sich nach REIFF mit dem „plötzlichen Verschwinden jeglicher Fauna und Flora“ das Klima, das schon vorher als ziemlich arid angesehen wird, einem „extrem ariden“ mit wesentlich nur noch episodischen Regenfällen.

Wenn in dieser Arbeit auch nicht im einzelnen auf die stratigraphischen Verhältnisse des Schilfsandsteins in Nordwest-Württemberg eingegangen werden soll, so muß doch gesagt werden, daß sich die Gliederung REIFF's auf die

Auch für den langgestreckten Schilfsandstein-Zug des Heuchelbergs, der verschiedentlich schon als eine „herauspräparierte Flutrinne“ (WEIGELIN 1913 S. 652) angesprochen wurde. Einmal ist die Stufe im Heuchelberg keineswegs nur als durchgehend gleich mächtige Flutfazies, sondern auch als „Verbindungsfazies“ im Sinne REIFF's entwickelt, zum andern trifft die Angabe SCHNARRENBARGER's (1905 S. 6) nicht zu, daß bei Mühlbach am Westende des Höhenzugs der Gipskeuper durch den Schilfsandstein bis zur Corbula-Bank (= Engelhofer Platte) erodiert worden sei. Eine derartig starke Erosion von über 20 m wäre hier im zentralen Teil der Keupermulde an sich erstaunlich. Nachdem es mir gelang, an einem Waldweg nördlich des Mühlbacher Bruchs die Anatinen-Bank in normaler Lage zu finden, kann höchstens eine ganz geringfügige Erosion vorliegen. Die „Herauspräparierung“ des Heuchelbergzugs dürfte auf ganz normale Abtragung zurückzuführen sein, wie denn der Schilfsandstein überhaupt dazu neigt, plateauartige Höhenzüge entstehen zu lassen.

Flutfazies des Strom- und Heuchelbergs nicht übertragen ließ¹⁹. Nur insofern besteht eine gewisse Übereinstimmung, daß im allgemeinen (aber keineswegs immer! z. B. Sternfels Bruch „im am“) auch hier die massigen Werksteinbänke unten anstehen und daß nach oben die Sandsteinlagen dünnbankiger und die ganzen Verhältnisse wechsellvoller werden (hier finden sich auch, wie dies REIFF S. 93 angibt, die meisten Schrägschichtungen und Ausräumungsdiskordanzen). Vor allem aber ließ sich weder ein regelmäßiger Farbwechsel von Gelb über Grau zu Violett feststellen, noch treten Lagen, die nach REIFF als „Schichtflutenbildungen“ anzusprechen wären, vorwiegend von der Mitte der Stufe an auf²⁰; auch lassen sich in den oberen Horizonten keine Anzeichen für ein Trockenfallen entdecken, und gerade die „lebenreichsten“ Spurenhorizonte fallen in das oberste Viertel der Stufe, das als Horizont IV bei REIFF völlig fossilieer ist. RUD. RICHTER läßt 1935 nur Rieselmarken und Netzleisten echter Oberflächen-Trockenrisse, von ihm „Luft-
risse“²¹ genannt, als sichere Beweismittel für tatsächliches Auftauchen und Trockenfallen gelten. Ich habe in meinem Gebiet auch nicht in einem Fall Rieselmarken oder Luftrisse beobachtet, obwohl die dünnen Tonschichten zwischen den Sandsteinlagen zum Reißen bei Austrocknung geradezu prädestiniert sind²². Tritt-Spuren von Tetrapoden wurden in dem behandelten Gebiet nie gefunden, und die im Folgenden beschriebenen Spuren niederer Tiere sind, soweit es sich nicht um Innen-Spuren in einem als durchfeuchtet anzunehmenden Sediment handelt, durchweg als „Unterwasser-Spuren“ anzusprechen. Gipsausscheidungen, auch Kristall-Relikte nach Gips oder Steinsalz fehlen^{23a}. Ein Trockenfallen und „extrem arides Klima“ läßt sich also für den Schilfsandstein des Strom-

¹⁹ Die Normalfazies ist im Raum des Strom- und Heuchelbergs, wenn man von der flutfaziesähnlichen „Verbindungsfazies“ absieht, nur wenig verbreitet und kaum erschlossen. Die folgenden Ausführungen beziehen sich wesentlich nur auf die eigentliche Flutfazies, aus der auch mit einer Ausnahme (*Cylindricum*) die beschriebenen Spurenfossilien stammen.

²⁰ Ich komme auf die Frage der Schichtfluten-Bildungen in Abschnitt C zurück.

²¹ Die „Luft-
risse“ sind grundsätzlich von „Innenschrumpfungs-Rissen“ zu unterscheiden (RUD. RICHTER 1941 a). Innenschrumpfungsrisse zeigt z. B. auch eine Spurenplatte von Stetten a. H. (Taf. II Abb. 1 und Taf. III Abb. 2); sie können sich im Sediment auch unter Wasserbedeckung bilden. — PFEIFFER erwähnte (1923 a) „Trockenrisse“ aus dem Schilfsandstein des Heuchelbergs offensichtlich als etwas Besonderes; im einzelnen läßt sich die Angabe nicht beurteilen.

²² Es liegt hier ein für die ganzen Bildungsverhältnisse bedeutsamer Unterschied zum Stubensandstein vor, in dem „Luft-
risse“ zum mindesten im Gebiet des Strombergs häufig sind.

^{23a} In der Literatur fand ich nur eine einzige Angabe, nach der im Schilfsandstein Steinsalz-Kristall-Relikte beobachtet wurden (E. Silber 1922 S. 18 in der Umgebung von Gaildorf).

und Heuchelbergs auch im obersten Horizont nicht ablesen; die Gegend muß vielmehr gerade zu Ende der Schilfsandsteinzeit ausgesprochen wasserreich gewesen sein, und zwar in ziemlicher Ferne von bewachsenem Land, da in den zahlreichen großen Brüchen Pflanzenreste selten sind oder völlig vermißt werden²³. Der Schilfsandsteins in Nordwest-Württemberg zeichnet sich ferner vielfach, auch wo die durchschnittliche Mächtigkeit der Flutfazies erreicht ist, durch eine auffallende horizontale Dünnbankigkeit und Feinschichtung aus, und zwar nicht nur in den höheren Lagen; so besteht z. B. in dem Bruch „im Schwann“ bei Sternenfels die ganze rund 17 m mächtige Stufe aus dünnen Platten und Plättchen. Man könnte zur Erklärung zunächst wiederum an die Auswirkung von Delta-Verhältnissen denken, für die nach JOH. WALTHER (1919) z. B. an der Ausmündung des Ganges oder Nils nicht etwa regellose Ablagerungen (sog. Delta-Schichtung der älteren Autoren) sondern gerade „völlig horizontale, dünn geschichtete, feinsandige Schichten über ungeheuren Flächen in regelmäßiger Konkordanz“ bezeichnend sind, aber die geschilderten Verhältnisse sind für diese Vorstellung doch örtlich zu begrenzt, so daß eher an sehr flache Seengebiete zu denken ist. In der vertikalen Schichtfolge des Schilfsandsteins Nordwest-Württembergs treten zudem noch besondere Anomalien auf wie Einschiebung stärkerer Tonlagen (bei Sternenfels bis 3 m), konglomeratische Lagen mit großen Eisenknollen, Knochen-trümmern und Koprolithen; dazu kommen Schrägschichtungen, Hiaten, Ausräumungsdiskordanzen (besonders in höherer Lage), so daß ich bezweifeln möchte, ob bei diesen ständig wechselnden Verhältnissen ein Versuch genauerer Horizontierung überhaupt zu greifbaren Ergebnissen kommen kann²⁴. Wenn daher im Folgenden bei der Beschreibung der einzelnen Spurenfossilien von hoher, mittlerer oder tiefer Lage gesprochen wird, so soll diese Angabe nur ganz allgemein die Lage innerhalb des petrographisch als Schilfsandstein anzusprechenden Schichtenstoßes angeben. Eine genaue Horizontierung der Funde ist im übrigen auch schon deswegen meist nicht möglich, weil es sich vielfach um Lesestücke aus Brüchen handelt, die seit Jahren nicht mehr im Betrieb sind. Bei der unscharfen Abtrennung des Schilfsandsteins gegen die hangenden „Dunklen Mer-

²³ BRILL spricht (1929) bei seiner Schilderung der Maulbronner Werksteinbrüche von „vielen Pflanzeneinschlüssen“. M. E. kann von einem Pflanzenreichtum nicht gesprochen werden; derartige Feststellungen sind nur relativ. Auch in den großen Brüchen von Mühlbach, in denen man tagelang vergebens nach irgendwelchen Pflanzenresten suchen kann, finden sich immer wieder einzelne Reste (besonders losgerissene *Pterophyllen*-Wedel). Der von mir dort beschriebene fossile Wurzelboden (1943) ändert als lokales Vorkommen das Bild nicht grundsätzlich.

²⁴ VOLLRATH äußerte sich in den Begleitworten zur geologischen Spezialkarte Bl. Besigheim (1929) in ähnlichem Sinne: „Jeder Aufschluß zeigt ein anderes Bild.“

gel“ des km 3 ist es auch nicht ausgeschlossen, daß die obersten spurenführenden Schichten z. T. schon dieser nächsten Stufe zuzurechnen sind. Für die vorliegende Untersuchung ist diese Frage nicht sehr wesentlich. Im übrigen ist der allmähliche Übergang in die Dunklen Mergel insofern von besonderem Interesse, als diese Fazies jedenfalls überwiegend unter Wasser entstanden ist und an einigen Stellen (Gaildorf, Stuttgart ZELLER 1907 und FINCKH 1911) marin beeinflusste Fossilien (*Trigonodus*) lieferte²⁵, wozu noch das reiche Fischmaterial von SEILACHER (1943) gekommen ist. LANG nahm daher (1910) an, daß die Dunklen Mergel aus einer vom Westen her transgredierte Flachsee stammten, M. FRANK, der die Grenze Schilfsandstein/Dunkle Mergel als reine Faziesgrenze ansieht, schließt auf kurzwährende Seeflächen zwischen den Sandzungen des Schilfsandsteins, die vorwiegend äolisch aufgefüllt wurden, REIFF denkt für sein Gebiet an ein Salzseen-Endgebiet. Die von REIFF zur Begründung angeführten Gipsausscheidungen in den Dunklen Mergeln scheinen aber im Strom- und Heuchelberg zu fehlen. —

Übersieht man die Zahl der in Abschnitt B beschriebenen Spurenfossilien, so überrascht es doch immer wieder, daß gerade in den Schichten, in denen die Spuren zahlreicher sind (z. B. bei Sternenfels), nicht gleichzeitig auch körperliche Reste überliefert wurden. Ganz abgesehen davon, daß es sich dabei wenigstens z. T. um Tiere gehandelt haben mag, die gar nicht fossilisationsfähig sind (z. B. Würmer), bestätigen die Schilfsandstein-Spurenfunde nur die bekannte Erfahrung, daß Schichten, die selbst reich an erhaltenen Spuren sind, in der Regel wenig oder gar keine Körperfossilien enthalten. Es sei nur an den Chirotherien-Sandstein oder gewisse permische Sandsteine Nordamerikas erinnert; für subaquatisch gebildete Schichten an das silurische „*Phycodes*-Meer“ (HUNDT 1941), das rheinische Unter-Devon oder an den ostalpinen Flysch, der mit dem Schilfsandstein meines Gebiets manche Züge gemeinsam hat. Die Ursachen, die im einzelnen Fall die Erhaltung von Spuren begünstigten, die Erhaltung von Körperfossilien aber verhinderten, mögen verschiedenster Art sein, jedenfalls aber kommt in derartigen Sedimenten den Lebens-Spuren besondere Bedeutung zu; sie vertreten hier für unsern Blick die Körperfossilien und lassen Schlüsse zu, die sonst nur aus diesen gezogen werden können, wie dies z. B. F. v. HUENE (1940) auf Grund von Reptilfährten für die Einstufung der in ihrer stra-

²⁵ ZELLER nahm noch irrtümlich an, daß die Gaildorfer Muschelbank in den Horizont der Lehrbergsschichten falle. — P. VOLLRATH beobachtete außerdem in einem Steinmergel der Dunklen Mergel bei Winnenden „neben Holzresten *Myacites compressus*, *Mytilus* sp. und *Anoplophora* sp.“ (FRANK 1929, S. 3). Jedenfalls keine reinen Süßwasserformen!

tigraphischen Stellung bisher unsicheren Schichtfolge des tertiären Verrucano gezeigt hat.

Die fossile Erhaltung von Spuren wird aber immer (noch mehr als die Fossilisation körperlicher Reste) ein Ausnahmefall sein, der nur beim Zusammentreffen ganz bestimmter Umstände möglich ist. Man kann jedenfalls aus dem Fehlen von Spuren auch auf dafür scheinbar geeigneten Schichtflächen nicht schließen, daß ursprünglich keine Spuren vorhanden gewesen sind. Die erste Voraussetzung ist für alle ursprünglichen Oberflächen-Spuren — die Innen-Spuren (Bauten, Tunnel) im Sediment seien zunächst vernachlässigt — ein eindrucksempfindlicher und formbewahrender Untergrund, die zweite eine schonende Überdeckung mit einem anders gearteten Material; nur so kann eine Schichtfläche entstehen, auf der heute die eingedrückte Spur wieder sichtbar wird, sei es als Positiv auf der Schicht-Oberseite des Liegenden, sei es als Ausguß auf der Schicht-Unterseite des Hangenden. Der liegende Spureenträger besteht bei den meisten der beschriebenen Spuren aus feinstem Ton, der vielfach in ganz dünner Schicht die Sandsteinbänke trennt; da die Positiv-Spur im Ton meist nicht zu bergen ist, liegen im allgemeinen nur Negativ-Ausgüsse an der Unterseite von Sandsteinen vor²⁶. Für die Auswertung der beschriebenen Spuren ist schließlich wesentlich, daß die meisten von ihnen sowohl nach den ganzen Bildungsverhältnissen des Sediments (Fehlen von Luft-rissen!) wie auch nach den Einzelmerkmalen der Spuren selbst als „Unterwasser-Spuren“ anzusprechen sind. Es ist angezweifelt worden, ob sich subaquatische Spuren überhaupt erhalten können oder es wurde wenigstens die Schärfe der Erhaltung als Kriterium gegen subaquatische Entstehung herangezogen²⁷. Es liegen aber zahlreiche Beobachtungen und Funde vor, die die Möglichkeit schärfster Erhaltung unter Wasserbedeckung beweisen. KREJCI-GRAF gab 1935 S. 5 auf Grund aktueller Untersuchungen am tropischen Meeresstrand an, daß älterer, durch Wasserdruk festgelagerter Ton auch unter Wasser scharfe Spuren aufnehmen und bewahren kann²⁸; fossil bildete u. a. ABEL (1935 S. 118) eine Saurierfährte *Anomoepus curvatus* E. H. ab, die z. T. über, z. T. unter Wasser erzeugt worden ist, wobei der Unterwasserteil eher noch schärfer erhalten ist als der Oberwasserteil, RUD. RICHTER beschrieb (1941 b) eine Reihe feinst erhaltener untermeerischer Lebens-Spuren aus dem devonischen

²⁶ Positive Kriechspuren auf Schicht-Oberseiten, wie sie REIFF (S. 62) angibt, fand ich in meinem Gebiet bis jetzt nicht.

²⁷ So noch J. WALTHER (1919 S. 114): „Unter Wasser können Fährten weder entstehen, noch sich halten.“

²⁸ KREJCI-GRAF spricht 1935 S. 30 sogar die Überzeugung aus, daß „die fossilen Spuren meist subaquatisch angelegt“ seien.

Hunsrück-Schiefer, und auf dem Kalkschlamm des Solnhofers Jura-Strands erhielten sich Schwimm-Spuren von Fischen ganz ausgezeichnet (ABEL 1930). TRUSHEIM (1931) gelang es experimentell, unter Wasser scharfe Fährten des rezenten *Triops cancriformis* SCHAEFF. zu erzeugen, aber nur mit ganz bestimmtem Material (Tubificiden-Schlamm), während alle andern Versuchssedimente versagten. Es dürfte also entscheidend auf die Beschaffenheit des Ton- oder Kalkschlammes ankommen, ob sich Spuren unter Wasser scharf erhalten oder nicht.

Im einzelnen ist die Bildung der spurentragenden dünnen Tonschichten der vorliegenden Schilfsandstein-Spurenfossilien wohl auf Sedimentationspausen zurückzuführen, in denen mit nachlassender Strömung die Sandzufuhr zeitweilig aussetzte und sich die schwebenden Feinbestandteile der Wassertrübe allmählich absetzten; wozu noch Auswaschungen an den Rändern und Aufwühlungen des Untergrunds gekommen sein mögen. Die erneute Sandzufuhr des heutigen hangenden Sandsteins kann sich jedenfalls nicht stürmisch vollzogen haben, da sonst das feine Relief der Spuren zerstört worden wäre; da die Schicht-Unterseiten der Sandsteine häufig besonders feinkörnig und glimmerreich sind, kann für den Beginn der Eindeckung auch an Einwehung gedacht werden, wie dies SOERGEL (1924) für seinen „Apodidentümpel“ aus dem *Chirotherium*-Sandstein annimmt. Daß in den Spurenhorizonten auf der Schicht-Unterseite vieler äußerlich gleichartiger Sandsteine keine Spuren zu finden sind, dürfte vielfach nur darauf zurückzuführen sein, daß die verschiedenen Umstände, die in ihrem Zusammenwirken allein Spuren fossil konservieren können, nicht zusammenstimmten. Dies gilt wohl auch für manche Gebiete, in denen bis jetzt im Schilfsandstein noch keine Spuren beobachtet wurden.

Bisher sind aus dem Schilfsandstein nur wenige Spurenfossilien näher beschrieben worden. F. v. HUENE analysierte (1932) zwei Tetrapoden-Fährten von Stuttgart als Lauf-Fährten von *Coeluro*-Sauriern; möglicherweise sind auch die von PLIENINGER (in H. v. MEYER und TH. PLIENINGER 1844) abgebildeten seltsamen Reihenspuren aus dem Stuttgarter Schilfsandstein als Saurierfährten anzusprechen (die Originale sind verschollen). Im Vergleich mit dem Reichtum des Buntsandsteins an Tritt-Spuren von Tetrapoden gibt die Armut des Schilfsandsteins an solchen allein schon wieder einen Fingerzeig auf die andersartigen Bildungsverhältnisse des km 2. Von Spuren niederer Tiere erwähnt REIFF (1938 S. 115) ein Vorkommen U-förmiger Gänge von 20—24 cm Länge und 10—14 cm Schenkel-Abstand. Der Beschreibung nach handelte es sich offenbar um U-Bögen ohne „Spreite“, also um eine zu *Arenicolites* SALTER 1856 gehörende Form, die nicht ohne weiteres auf Würmer be-

zogen werden darf, und als von einem sedimentfressenden vagilen Tier herrührend, paläogeographisch wenig aussagt (RUD. RICHTER 1926 und 1928 S. 215)²⁹. Ich habe in meinem Gebiet derartige U-Formen bis jetzt nicht gefunden. Alle andern Literatur-Angaben über fossile Lebens-Spuren aus dem Schilfsandstein sprechen $\pm$ allgemein nur von „Spuren“ „Kriechspuren“ oder gar „Wurmspuren“. Eine Auswertung von Lebens-Spuren ist aber nur bei genauer Beschreibung und begrifflicher Fassung möglich; es wäre daher wünschenswert, wenn künftig beobachtete Spuren genauer beschrieben und als „Kriech-Spuren“, „Tunnel“, „Bauten“, „Fährten“ usw. systematisch festgelegt würden. Für die vorliegende Arbeit folgte ich selbst in dieser Hinsicht vor allem KREJCI-GRAF's „Definition der Begriffe Marken, Spuren, Fährten, Bauten, Hieroglyphen und Fucoiden“ (1932), für die mutmaßlichen Wurm-Spuren auch RUD. RICHTER „Die fossilen Fährten und Bauten der Würmer“ (1928). Außerdem verdanke ich O. ABEL's „Vorzeitlichen Lebensspuren“ (1935) eine Fülle von Anregungen.

Die Deutung fossiler Lebens-Spuren, d. h. ihre Beziehung auf bestimmte Erzeuger, stößt gerade bei den Spuren niederer Tiere auf große, vielfach noch schlechthin unlösbare Schwierigkeiten, solange Spuren rezenter Vergleichstiere (sofern es solche überhaupt gibt) noch nicht genügend bekannt sind. Insbesondere wird ein Inventar der Spuren heutiger tropischer Strand-, Lagunen- und Süßwasserräume vermißt. Es ist daher häufig nur möglich, die Wahrscheinlichkeit einer Deutung im Weg des logischen Ausschlusses einzukreisen und im übrigen die beobachteten Formen zunächst einmal festzulegen, bis eine vergleichbare rezente Spur gefunden wird oder in einer andern Schicht eine gleichartige Form beobachtet wird, was auch für sediment-genetische und stratigraphische Fragen von Bedeutung sein kann. Die Schwierigkeit der Deutung darf jedenfalls von der Beschreibung vorkommender Spuren nicht abhalten, wenn überhaupt auf diesem, zumal in bestimmten Schichten aussichtsreichen paläontologischen Sondergebiet ein Fortschritt unserer Erkenntnis erzielt werden will. Im folgenden zeigt etwa das Beispiel *Isopodichnus* BORN., welche Folgerungen schon aus der Spur eines recht fragwürdigen Tiers gezogen wurden. Häufig vermag auch die rein ökologische Betrachtung Ergebnisse zu zeitigen, auch wenn der Erzeuger einer Spur systematisch

²⁹ Falls keine besonderen Kennzeichen hinzutreten, können sowohl *Arenicola*-artige Anneliden wie sonstige Würmer, aber auch Arthropoden als Erzeuger in Betracht kommen (RUD. RICHTER 1939 b). *Arenicolites franconicus* TRUSH. (TRUSHEIM 1934) aus dem Hauptmuschelkalk ist zweifelsfrei marin; in rezenten Süßwasserräumen erzeugten am Steilufer der March Ephemeriden-Larven U-Gänge (RUD. RICHTER 1924 S. 138).

noch nicht festzulegen ist; in Schichten, die arm an Körperfossilien sind, können Spuren auch die Rolle von Leitfossilien übernehmen, z. B. die Kotschnur *Tomaculum pharmaceum* RUD. & E. RICHTER (1939 b). Fossile Lebens-Spuren vermögen auch zur Aufhellung verwickelter tektonischer Fragen beizutragen (GÖTZINGER & BECKER 1934, F. v. HUENE 1944).

Um die Mannigfalt der fossilen Lebens-Spuren registrieren und wissenschaftlich benützen zu können, ist es üblich geworden, sie in binärer Nomenklatur festzulegen. Der Grenzen dieser systematischen Fixierung in „Gattungen“ und „Arten“³⁰ muß man sich aber bewußt bleiben, Die Einteilung bezeichnet jedenfalls zunächst nur die äußere Form und ist keineswegs eine „zoologische“; nahverwandte Tiere laufen, kriechen oder bauen mitunter sehr verschieden, und im System fernstehende Tiere können $\pm$ übereinstimmende Fährten oder Bauten erzeugen; RUD. RICHTER faßt daher die verschiedenen Gattungen der Spuren der Würmer wesentlich als „mechanisch-ökologische Bautypen“ auf (1928). Eindringlich haben im übrigen gerade RUD. RICHTER (1926) und HÄNTZSCHEL (1937) davor gewarnt, für die oft zweifelhaften Gebilde zu weitgehend Genera aufzustellen, da dadurch jeder Überblick verloren zu gehen droht. Ich habe daher in Abschn. B nur die Formen mit Gattungsnamen belegt, die scharf ausgeprägt wirklich neuartig oder regional verbreitet sind (*Cylindricum* n. g.). Die weniger ausgeprägten Formen wurden entweder nur nach der „freien oder kennzeichnenden Benennungsweise“ (RUD. RICHTER 1943 S. 108) durch Beschreibung vorläufig festgelegt oder an vorhandene Gattungen angeschlossen.

B. Die einzelnen Lebens-Spuren.

B. 1. *Cylindricum gregarium* n. g. n. sp.

(Taf. I, Fig. 1—3.)

Zunächst fanden sich die erstmals von PLIENINGER (in H. v. MEYER & TH. PLIENINGER 1844) erwähnten, später von QUENSTEDT (1864) und anderen, neuerdings wieder von REIFF (1938) ausführlich behandelten sog. „Schilfsandstein-Zäpfchen“ auch an verschiedenen Orten des Strom- und Heuchelberggebietes. PLIENINGER hat a. a. O. S. 90 die Gebilde schon eindeutig als parallele kleine „Sandsteinzylinder“ charakterisiert, die von

³⁰ In konsequenter Weiterentwicklung werden auch schon mehrere „Genera“ nach übereinstimmenden Eigenschaften zu „Familien“ vereinigt, z. B. Daedalae, Rhizocorallidae, Arenicolitidae usw.

der Unterseite mancher Sandsteinbänke in liegende Tonschichten eingedrungen sind und mit einer Abrundung endigen³¹.

Anstehend und in besonders schöner Ausbildung fand ich die „Zäpfchen“ vor allem auf Markung Stockheim an der Abbruchkante des Heuchelberg-Plateaus westlich des Schlosses Stocksberg. Der Schilfsandstein ist an dem von den Weingärtnern offengehaltenen Aufschluß nur wenig mächtig und etwa in der Zwischenfazies der REIFF'schen „Verbindungszone“ entwickelt. Die Hauptfundstelle zeigt folgendes Profil:

- 1,5 m gelbgrüner, massiger Werkstein.
- 0,3 m Sandmergel mit unregelmäßigen Sandsteinlinsen.
- 0,08—0,2 m harte, feinkörnige, dunkelbraune Sandsteinbank; verkieselt, unregelmäßig an- und abschwellend mit Tongallen und Sandsteinbrocken fremder Herkunft; stellenweise fast konglomeratisch und mit Andeutungen von Bonebeds. Auf der Unterseite „Zäpfchen“.
- 0,04 m feiner hellgrauer Ton mit eingedrungenen „Zäpfchen“, Gipskeuper.

Im einzelnen wechseln die Verhältnisse sowohl in vertikaler wie horizontaler Richtung stark. Mitunter erscheint die zapfentragende Bank wie verknestet; dazwischen ist sie wieder glatt und stößt mit völlig planer Fläche gegen den liegenden Ton ab. Größere, sichtlich eingeschwemmte Pflanzenreste (meist Equisetiten) sind häufig; in den nestartig auftretenden Bonebed-Ansammlungen fand ich bis jetzt nur unbestimmbare kleine Knochentrümmer. Im ganzen sind dies, einschließlich der Bonebed-Andeutungen, Bildungsformen, wie sie für den untersten Schilfsandstein bezeichnend zu sein scheinen (vgl. Abschnitt A, ferner REIFF S. 20, FENER 1901 S. 16); REIFF hat für diese Phase eine einleuchtende Deutung gegeben.

Die „Zäpfchen“ sind an dem Fundort in den nicht zu sehr gestörten Lagen typisch als unverjüngte zylindrische, im Querschnitt $\pm$ kreisrunde Gebilde erhalten, die von der Unterseite der Sandsteinbank überwiegend lotrecht 1—6 mm tief in die liegende Tonschicht eindringen und dort mit halbkugeliger Rundung endigen. Handstücke wie Taf. I Fig. 1, auf denen die Zapfen selbst erhalten sind, lassen sich nur selten gewinnen (das Stück stammt aus gestörter Lage); meist brechen bei Entnahme der Handstücke die Zapfen ab, so daß nur Stummel oder kreisförmige Ansatzstellen übrig

³¹ Die „birnförmigen Zapfen“, die M. SCHMIDT 1930 S. 30 aus dem Schilfsandstein der Tübinger Gegend erwähnt, weisen offenbar eine grundsätzlich andere Form auf. Ich selbst habe derartige „birnförmige Zapfen“ nie gesehen; auch REIFF erwähnt sie auffälligerweise in seiner Schilfsandstein-Arbeit (1938) nicht.

bleiben (Taf. I Fig. 3). Die Zapfen kreuzen oder schneiden sich niemals, dagegen berühren sie sich nicht selten. Der Durchmesser schwankt in Stockheim zwischen 1 und 5 mm. Dabei kommen jeweils nur Zapfen von nahezu einheitlichem Durchmesser zusammen vor, Maximal- und Minimalstärken sind jedenfalls nie durcheinandergemischt. Die Gebilde treten nur vergesellschaftet auf; die „Siedlungsdichte“ ist vielfach so groß, daß mehr als die Hälfte der Fläche von Zapfen bzw. deren Abbruchstellen bedeckt ist³².

Der Umriss der Sandstein-Zylinder ist auffällig starr; er entspricht etwa der Form eines Reagenzglases (ohne dessen umgeschlagenen Rand). Die Oberfläche ist in der Regel glatt. Nur ausnahmsweise, wie z. B. bei den verhältnismäßig großen Zapfen der Fig. 2 Taf. I lassen sich leichte Verdickungen und Querrunzeln beobachten, die möglicherweise auf ein Setzen des noch weichen Tonsediments zurückzuführen sind. In einem Fall zeigten sich auf einem Lesestück zwischen den Abbruchstellen der Zapfen erhabene, feine, parallele Striemen, die zweifellos „Lebensspuren“ darstellen, aber mit den Zapfen nicht in Verbindung gebracht werden können. Auch machte mich Herr KARL FEIFEL, Stuttgart, darauf aufmerksam, daß manche Zapfen unter dem Binokular anorganische Gleitspuren erkennen lassen. Es dürfte sich hier um sekundäre harnischartige Eisenbildungen handeln, die von oben einsickerten und sich an der Grenze Sand/Ton niederschlugen. Auch die dunkle, lackartige Rinde, die manche Zapfenenden überzieht, ist auf Eisen-Ausscheidungen zurückzuführen.

Das Gestein der Zäpfchen besteht aus dem Material der Sandsteinbank, aus deren Unterseite sie als Ausstülpungen herausragen. Die Zäpfchen setzen sich aber, wie schon oft festgestellt wurde, niemals auch nur andeutungsweise in die Sandsteinbank hinein fort.

An den stark unruhigen Stellen des Stockheimer Fundorts treten die Gebilde auch in etwas anderer Form auf. An in den Sandstein eingelagerten, großen, wohl von Aufarbeitungen herrührenden Tongallen erscheinen sie zunächst wesentlich länger (bis 40 mm), ferner teilweise flachgedrückt und paketweise eingebettet. Die Zylinder-Packungen können dabei in den verschiedensten Richtungen (schräg, waagrecht, verkehrt) im Gestein liegen und sind mitunter sogar ineinandergepreßt. Diese Stücke sind offenbar als Ganzes an anderer Stelle losgerissen und wieder eingebettet worden. Das Fundstück Taf. I Fig. 2 gehört hierher. Es zeigt ziemlich starke Zapfen, die am einstigen offenen (oberen) Ende durch einen größeren Pflanzenrest abgedeckt sind; sie müssen also schon sandgefüllt trans-

³² Berechnet man die „Siedlungsdichte“ des Handstücks Taf. I Fig. 1, so ergeben sich 60 000 Zapfen auf den qm!

portiert worden sein, ehe sich das Pflanzenfragment abschließend über ihr oberes Ende gelegt hat (der umkleidende Ton ist herausgewittert). —

Am gründlichsten sind die „Schilfsandstein-Zäpfchen“ bis jetzt aus der Umgebung von Tübingen beschrieben worden. QUENSTEDT (1864) und FENER (1901) vertraten dabei die Ansicht, daß die „Zäpfchen“ dort einen festen Horizont im Unteren Schilfsandstein einhielten. REIFF legt sich 1938 in dieser Hinsicht nicht fest, doch fallen auch seine Fundstellen durchweg in die tiefen Lagen des km 2 (seine Horizonte I der Flut- und Normalfazies), was den Vorkommen im Heuchelberg entspricht. Ähnlich scheinen die Gebilde überall im Unteren Schilfsandstein Württembergs vorzukommen; u. a. erwähnt sie LANG (1910) von Gerlingen, SILBER (1922) von Eutendorf, SEILACHER (1943) von Hausen a. d. Rot. Brieflich teilte mir Herr Dr. SILBER ergänzend mit, daß er die Zäpfchen verschiedentlich im Schilfsandstein Nordost-Württembergs beobachtet habe, und zwar immer in tiefer Lage sowohl der Flut- wie der Normalfazies. Auch PREIFFER erwähnte sie in einem Vortrag (1931) und gab gleichzeitig ähnliche glatte, senkrecht stehende Zapfenbildungen von z. T. freilich etwas größeren Ausmaßen (bis zu Bleistiftstärke und 8 cm Länge) für die Engelhofer Platte des Gipskeupers (km 1) und den Kieselsandstein (km 3) an. Weiterhin verdanke ich Herrn Prof. Dr. FRANK, Stuttgart, den interessanten Hinweis, daß Zäpfchen von gleichem Stil auch im Lettenkohlen-Sandstein und im Dogger Beta und Gamma (Horizont der Wedelsandsteine) auftreten. Bei allen diesen Vorkommen handelt es sich um $\pm$ feinsandige Sedimente, an die die Bildung der Zäpfchen irgendwie ursächlich gebunden sein muß. Schließlich ähnelt sogar ein von WEYLAND & BUDDÉ (1932 Abb. 8) wiedergegebenes Fundstück aus sandiger Grauwacke des Mittel-Devon von Elberfeld³³, auffallend solchen Handstücken der Schilfsandstein-Zäpfchen, an denen wie Taf. I Fig. 3 nur die inhomogenen Kreisflächen der abgebrochenen Zapfen auf der Unterseite des Sandsteins zu erkennen sind.

Die meisten bisherigen Deutungen der zapfenförmigen Gebilde gehen von der Vorstellung aus, daß irgendwie entstandene röhrenförmige Hohlräume im liegenden Ton vom hangenden Sand her ausgefüllt worden seien. Nur die Beziehung auf Styolithen oder „styolithenähnliche Bildungen“, die erstmals von QUENSTEDT (1864) angedeutet und von FENER (1901) und KÖPF (1925) wieder aufgenommen wurde, setzt an einem grundsätzlich andern Ausgangspunkt an. Mit Styolithen haben aber die

³³ Derartig einfache Spuren, die u. U. auf niedere, wenig entwicklungsfähige Tiere zurückzuführen sind, können ohne wesentliche Veränderung in zeitlich weit auseinanderliegenden Formationen auftreten.

„Zäpfchen“, wie auch REIFF bemerkte, bestimmt „nichts zu tun“. Styolithen zeigen schon äußerlich betrachtet ganz andere Oberflächen-Begrenzungen als die stielrunden „Zäpfchen“, die „Verzahnung“ Styolithen führender Schichten ist völlig anders, vor allem aber entstehen Styolithen generell durch chemische Auflösungserscheinungen unter Druck (G. WAGNER 1913), wobei gleichzeitig immer die bildungsverwandten Druck-Suturen auftreten. Styolithen werden daher allgemein nur in Kalksedimenten beobachtet, und auch ein auffallendes Vorkommen von Styolithen im thüringischen Buntsandstein (MÄGDEFRAU 1932 S. 230) erklärte sich nach brieflicher Mitteilung des Verfassers dadurch, daß es sich um einen Kalksandstein handelte. Der Schilfsandstein ist aber so gut wie kalkfrei, und zwar von Hause aus (vg. Abschnitt A); zudem ist überhaupt eine Druckverteilung auf so viel gleichmäßig runde Druckstellen, die nirgends ineinander übergehen, unmöglich. Die Beziehung der Zäpfchen auf Styolithen oder „styolithenähnliche Bildungen“ ist daher endgültig aufzugeben.

Bei der Auffassung, daß es sich um sandgefüllte Röhren handelt, fiel nun von jeher — einerlei, ob an organismisch oder anorganismisch bedingte Entstehung gedacht wurde — als besonders merkwürdig auf, daß die Zapfen an der Unterseite der Sandsteinbänke blind endigen, d. h. sich nie in den Sandstein hinein fortsetzen. Vor allem wird dadurch die Bildung der ganz kurzen Zapfen (2 mm und weniger bei keineswegs entsprechend geringerer Stärke) schwer verständlich. Bei genauer Überlegung ist das Problem aber zu lösen. Die oberen Enden der Sandstein-Zylinder stoßen durchweg mit geradezu stereometrisch begrenzter Zylinderform an die Unterseite der heutigen Sandsteinbänke. Hätten offene Röhren schon bestanden, als der weiche wasserbedeckte Schlammgrund des heutigen Tons noch nicht von Sand überlagert war, so müßten die Röhrenausmündungen, wenigstens zuweilen, durch den nachfolgenden Sandtransport deformiert worden sein; dies ist aber, wie die kreisrunden heutigen oberen Zapfenenden erkennen lassen, niemals der Fall. Die ursprünglichen Hohlformen der Zapfen können daher erst entstanden sein, als die Tonschicht schon von Sand überdeckt und selbst schon ziemlich standfest war. Die vorauszusetzenden Röhren müssen aus der Sandschicht der heutigen Sandsteinbank in den Ton hinuntergereicht haben³⁴ und sind erst bei der Erhaltung in Form der „Zäpfchen“ für unsern Blick an der Grenze Sand/Ton „geköpft“ worden. Das heißt, in dem losen, wassergesättigten Sand haben sich die vermuteten Röhren mangels jeglicher

³⁴ Dem widerspricht auch nicht, daß nach SEILACHER (1943 S. 258) mitunter Fischreste in die Zäpfchen eingebettet sind. Diese sind mit dem Sand in die Hohlräume hinuntergelaugt.

Verfestigung der Wandung nicht erhalten, während sich der in den Ton reichende Teil mit Sand ausfüllte und damit als „Zapfen“ überliefert wurde. Auf diese Weise läßt sich auch die Bildung der ganz kurzen Zäpfchen verstehen; es handelt sich hier um Röhren, die den Ton gerade noch erreicht haben. Jedenfalls ist diese Erklärung wahrscheinlicher als die Annahme, daß überall, wo kurze Zäpfchen vorkommen, ein ursprünglich stärkeres und von längeren Röhren durchzogenes Ton-Sediment wieder abgetragen worden sei. Ähnlich stellte RUD. RICHTER (1939 b) unter Beifügung von Abbildungen für scheinbar geköpfte U-Röhren von *Arenicolites* fest: „Innerhalb des Sandsteins sind die Tunnel nicht mehr erkennbar; sie sind also offenbar in Fließ-Sand angelegt worden, wie es auch heute im Meere geschieht und auf den Watten oft sichtbar wird³⁵.“ Ein überzeugendes Analogon zu dieser Art der Erhaltung bzw. Nichterhaltung ursprünglich vorhanden gewesener Röhren ließ sich im Stubensandstein (km 4) des Strombergs bei Ochsenbach beobachten. Auch dort treten untere Röhren-Endungen als verschieden lange Zapfen aus der Unterseite einer größeren Sandsteinlinse heraus³⁶. Die zugehörigen Röhrenteile im Sandstein selbst lassen sich aber nur ausnahmsweise plastisch oder durch Verfärbung durch den Sandstein verfolgen, meist sind sie im Gestein spurlos verschwunden, obwohl sie unten und in diesem Fall auch oben heraustreten. Ich halte es nach diesem Beispiel für durchaus wahrscheinlich, daß sich auch die „Schilfsandstein-Zäpfchen“ gelegentlich einmal ins hangende Gestein hinein verfolgen lassen.

Die Annahme, daß die vorausgesetzten Hohlräume der heutigen Zäpfchen erst nach der Bedeckung durch den Sand entstanden sind, schließt aber eine anorganische Bildung nicht von vornherein aus. In dem detritusreichen Schilfsandstein könnte an Gaskanäle gedacht werden, in denen Sumpfgase aus dem Tonschlamm aufgestiegen wären; Luftblasengänge, wie sie unter bestimmten Umständen in Sand auftreten, scheiden in dem Ton-Sediment aus. Fossile Gaskanäle sind vielfach beschrieben worden (Grundsätzliches bei KORN 1932); ein besonders bezeichnendes Beispiel veröffentlichte SCHMIDTGEN (1938) aus den Hydrobienkalken des Mainzer Beckens. Die von ihm abgebildeten Kanäle sind ziemlich parallele, vertikal stehende Röhrchen mit rundlichem Querschnitt, die sich schon dadurch mit Sicherheit als Gaskanäle ansprechen lassen, daß quer über ihr oberes Ende eingebettete fossile Blätter von den aufgestiegenen Blasen buckelförmig aufgewölbt wurden. Rezente Sumpf-Gaskanäle be-

³⁵ HÄNTZSCHEL beschrieb 1929 derartige Rest-Scheitelbögen abgetragener U-Gänge des rezenten Schlickkrebsses *Corophium* aus dem Nordsee-Watt.

³⁶ Es handelt sich um etwas abweichende, wesentlich größere Formen, die an anderer Stelle beschrieben werden sollen.

schrieben u. a. TRUSHEIM (1933) und KLIPPEL (1939); in der Regel zeigen sie oben eine charakteristische Krater- und Ringwall-Bildung, die im vorliegenden Schilfsandsteinfall möglicherweise durch den darüberliegenden Sand, der die Blasen gewissermaßen aufgeschluckt hätte, unterdrückt worden wären. Gegen die Deutung der „Schilfsandstein-Zäpfchen“ als fossile Gaskanäle spricht schon ihre starre, regelmäßige Form, vor allem aber können Blasenkanäle niemals, wie dies hier häufig der Fall ist, unmittelbar aneinanderstoßen, ohne zusammenzufließen. RUD. RICHTER gab in dieser Hinsicht (1928 S. 223) folgende Formulierung: Je mehr sich Gasblasenröhren aneinanderdrängen, desto mehr muß sich die Regelmäßigkeit der einzelnen verringern.

Die meisten Autoren beurteilten die „Schilfsandstein-Zäpfchen“ von jeher als organismische Erzeugnisse, wobei meist an „Wurmrohren“ gedacht wurde. Auch REIFF hält die Bildungen für organismisch entstanden, tritt aber (1938 S. 113/114) für pflanzlich bedingte Entstehung ein. Er denkt an ausgefüllte Hohlräume von Pflanzenstengeln und Pflanzenwurzeln³⁷. Ich halte diese Erklärung für unmöglich. Um Ausfüllungen von Pflanzenstengeln kann es sich nicht handeln, da sich so der runde Abschluß der Zäpfchen nicht erklären ließe, und Wurzeln von der starren Form der Zäpfchen kann es nicht geben. Die Pflanzenwurzel verjüngt sich nach unten und hat zwei Funktionen zu erfüllen, die Funktion des Festhaltens und des Ernährens. Für beide Aufgaben bildet die Wurzel Seitenglieder (Haltewurzeln, Faserwurzeln) aus; von solchen ist aber sowohl an den Zylinderkörpern selbst wie auch in dem sie umkleidenden feinen Ton keine Spur zu erkennen, obwohl dort die von oben eingedrungenen Eisenlösungen (s. o.) auch die feinsten Würzelchen heute sichtbar machen würden. Die nackten walzenförmigen Zylinder sind aber mit ihrer stumpfen Abrundung rein mechanisch so ungeeignet wie möglich, eine Pflanze festzuhalten. Zudem wäre auch nicht zu verstehen, warum in einem Sediment, in dem sich sonstige Pflanzenreste $\pm$ gut fossil erhalten konnten, nur gerade diese „pflanzlichen Gebilde“ als bloße Hohlräume überliefert worden sein sollen.

Im Gegensatz zu REIFF führe ich daher in Übereinstimmung mit den meisten Autoren die für die Zapfen vorauszusetzenden röhrenförmigen Hohlformen auf tierische Erzeuger zurück³⁸, die in den begrifflich als

³⁷ Es kann sich auf keinen Fall um die Erhaltung der einstigen Pflanzenteile selbst, also um „Körperfossilien“ handeln. Auch die „Pflanzenröhrchen“ REIFF's wären „Lebens-Spuren“; KREJCI-GRAF stellt (1932) die Wurzel-Spuren zu den „Grab-Spuren“.

³⁸ Auch Prof. Dr. MÄGDEFRAU, dem ich Originalmaterial übersandte, sprach sich bestimmt für organismische, aber gegen pflanzliche Entstehung der Zäpfchen

den Schilfsandstein-Zäpfchen immer ziemlich einheitlich auftreten, können mit verschiedenen Altersstufen oder wechselnden Lebensbedingungen (SCHINDEWOLF a. a. O.) zu erklären sein. Jedenfalls sind solche von Würmern bewohnte Röhren „niemals erheblich weiter als der gewöhnliche Querschnitt des Tieres“ (RUD. RICHTER 1924).

Zwei Bedenken veranlaßten REIFF vor allem, die Beziehung der Schilfsandstein-Zäpfchen auf Wurmrohren abzulehnen. Einmal die Tatsache, daß sich die Zapfen nicht in die Sandsteinbänke hinein fortsetzen, zum andern, daß die Zäpfchen „häufig“ schräg gestellt seien. Zu dem ersten Bedenken wurde schon ausgeführt, daß sich die vermuteten röhrenförmigen Fortsetzungen der Zapfen im Sand wahrscheinlich nur nicht erhalten haben, zum zweiten ist nach meinen Beobachtungen und den überwiegenden Angaben der Literatur, die noch durch briefliche Erhebungen ergänzt wurden, die Senkrecht-Orientierung bei den Zäpfchen durchaus die Regel, die Schrägstellung aber nur die Ausnahme. Im übrigen scheint mir auch gerade die vorkommende Schrägstellung, die nur flächenweise und gleichsinnig auftritt, eher für Wurmrohren als für Pflanzenwurzeln zu sprechen, da röhrenbewohnende Tiere aus den verschiedensten Gründen (z. B. Raumausnützung an ursprünglich schräger Fläche, Einstellung auf Strömungen) eher schief bauen können, während Pflanzenwurzeln grundsätzlich geotropisch sind. Auch können bei der unruhigen Bildungsweise des Unteren Schilfsandsteins und noch unverfestigtem Sediment ursprünglich senkrecht orientierte Zapfen durch Druck nachträglich verschoben worden sein.

Biologisch sind die Zäpfchen daher als Spuren sessiler oder halbsessiler Würmer aufzufassen, die in nicht verfestigten Röhren kolonienweise lebten, sei es von treibender Nahrung (Detritus?) oder Schlamm fressend wie die Tubificiden. Eine Festlegung auf eine bestimmte Ordnung ist nicht möglich. Oekologisch sind solche einfache Röhren-Siedlungen nach RUD. RICHTER (1928) „wenig anspruchsvoll und daher zu meist wenig bedeutsam“; sie lassen jedenfalls keinen sicheren Schluß auf die Umgebung zu, in der sie entstanden sind. An sich könnten die undifferenzierten Röhren der Schilfsandstein-Zäpfchen sowohl in Süßwasser wie in brackischen oder marinen Räumen entstanden sein. Nach den ganzen Bildungsverhältnissen des Unteren km 2, bei denen in Nachwirkung der Gipskeuperzeit, wie auch REIFF annimmt, die Schilfsandsteingewässer noch nicht ausgesüßt waren, muß am ehesten an brackische Umgebung gedacht werden; dies würde auch den sonstigen Vorkommen derartiger „Zäpfchen“ (s. o.) entsprechen.

„Bauten“ (RUD. RICHTER 1928) anzusprechenden Röhren längere oder kürzere Zeit „gewohnt“ haben. Der Form nach kann dabei an Insektenlarven oder $\pm$ sessile tubikole Würmer gedacht werden. Letzteres erscheint nach den ganzen Bildungsverhältnissen des Unteren Schilfsandsteins wahrscheinlicher; das massenhafte Auftreten der Zäpfchen an einzelnen Stellen ließe sich damit erklären, daß Schwärme langlebiger Larven dieser Tiere durch Strömungen in stillere Buchten getragen wurden, wo sie einen geeigneten Siedlungsplatz fanden. Im übrigen dürften sich ihre hinfalligen, nicht verfestigten Bauten nur da in Form von „Zäpfchen“ erhalten haben, wo ein genügend standfester Ton unter Sand von den Würmern erreicht wurde. Mit dieser Deutung wird die Auffassung PLIENINGER's wieder aufgenommen, der schon 1844 (in H. v. MEYER und TH. PLIENINGER) den Vergleich mit den Röhren unseres rezenten *Tubifex* gezogen hat³⁹. Heute sind unsere Kenntnisse ähnlicher Massensiedlungen mariner, brackischer und limnischer Würmer wesentlich erweitert worden; so gibt es in afrikanischen Süßwasser-Seen auch wesentlich größere Tubificiden der Gattungen *Branchiura*, *Alma* und *Dilocrius*, die ebenso wie *Tubifex* mit dem Kopfe im Schlamm stecken und das Hinterende ins Wasser heben, ganz zu schweigen von den zahlreichen marinen und brackischen Würmern, die in senkrechten Röhren leben. Die Richtung der Röhren muß dabei, einerlei ob es sich um vollsessile oder nur halbsessile Würmer handelt, schon deswegen überwiegend senkrecht sein, weil derartige in dichtem Rasen nebeneinander lebende Tiere in dem Gedränge eine phobotaktische Scheu vor gegenseitigem Anschneiden haben.

Die verschiedene Länge der Zapfen kann auf längere oder kürzere Tätigkeit der Bewohner oder einen zeitlichen Abstand ihrer Bauten zurückgeführt werden. Derartige Verschiedenheiten sind auch sonst an Wurmbauten beobachtet worden; so schwankte z. B. die sichtbare Röhrentiefe der U-förmigen Buntsandstein-Spreitenbauten von *Corophioides luniformis* BLANCK. (die vom Ton in den Sand greifen) zwischen 6 und 48 mm (SCHINDEWOLF 1923). SOERGEL (1923) hat dabei an mehrere Generationen gedacht, deren Vertreter verschieden tief aus dem überlagernden Schlick in den Sand eindringen. Auch die verschiedenen Stärken, die bei

³⁹ Der rezente *Tubifex tubifex* M. unserer Gewässer ist halbsessil, da er als Schlammfresser während seines Lebens immer neue Röhren anlegt, aus denen er mit zwei Drittel seiner Körperlänge herausragt. Seine „Röhren“ sind allerdings so hinfällig, daß sie mit den Schilfsandstein-Zäpfchen nicht unmittelbar verglichen werden können. Die große tropische Tubificiden-Art *Branchiura Sowerbyi* BEDD. erreicht 12 cm Länge.

Die weite Verbreitung der Schilfsandstein-Zäpfchen, die Konstanz, mit der sie an die tiefsten Horizonte des km 2 gebunden zu sein scheinen, sowie die vielfache Erwähnung, die sie in der Literatur erfahren haben, rechtfertigen ihre Benennung. Ich gebe den Gebilden in ihrer Eigenschaft als Lebens-Spuren und in Anlehnung an den ersten Beschrieb durch PLIENINGER den Gattungsnamen

Cylindricum^{39a}

mit folgender Diagnose: Nicht verjüngte, rund endende, einfache Zapfen auf der Unterseite von Sandsteinbänken; in der Regel $\pm$ senkrecht zur Schichtfläche gestellt, als Ausfüllungen einfacher unbefestigter Röhrenden gedeutet. Genotypus ist das beschriebene *Cylindricum gregarium* n. g. n. sp. (Species-Benennung nach „gregarius“ herdenweise). Das auf Taf. I Fig. 1 abgebildete Stück aus dem Schilfsandstein von Stockheim gilt als Typus. Die ähnlichen zapfenförmigen Lebens-Spuren aus dem Lettenkohlen-Sandstein, der Engelhofer Platte des km 1, dem Kiesel-sandstein km 3, dem Stubensandstein km 4 und vielleicht auch aus dem Dogger sind zu *Cylindricum* n. g. zu ziehen; wie weit sich für die einzelnen Formen „Arten“ ausscheiden lassen, sei dahingestellt.

Von sonstigen bisher beschriebenen einfachen, senkrecht stehenden Röhren unterscheidet sich *Cylindricum* folgendermaßen: Die geselligen Einzelröhren von *Monocraterium* TORELL 1870 (vgl. dazu auch WESTERGARD 1931) aus dem Unter-Kambrium Schwedens haben als wichtigstes Kennzeichen eine Trichtermündung. Bei *Sabellarites*, berichtet *Sabellarifex* (RUD. RICHTER 1920 und 1921) handelt es sich um aufwärts gebaute Köcher, was für die in den Ton hinunterreichenden Zapfen von *Cylindricum* ausscheidet. *Trypanites* MÄGDEFRAU (1932) aus dem Unteren Muschelkalk weist mit seinen zarten, nur 1—2 mm starken Röhrchen nicht die vollplastische Zylinderform sondern mehr Komma-Form auf; auch stehen die Röhrchen nicht in dem Maß senkrecht und parallel. Dagegen stehen die von RÜCKLIN (1934 Ziff. 2) ohne Benennung beschriebenen Vertikalröhren aus dem Voltzien-Sandstein des Nord-Saar-gebiets in näherer Beziehung zu *Cylindricum*; doch scheinen auch diese Röhren weniger starr zu sein, außerdem kommen Auskriech-Spuren an der Mündung vor.

B. 2. „Skulpturierte Rinnen-Ausgüsse.“

(Taf. III Fig. 2.)

Selten und immer nur vereinzelt kommen im Schilfsandstein des Strom- und Heuchelberggebiets langgestreckte, schmale Kriech-Spuren

^{39a} Nicht zu verwechseln mit *Cylindrites* der älteren Autoren, worunter nicht näher bestimmbare wurmförmige Röhren-Ausfüllungen verstanden wurden (s. REIS 1910).

mit rundlichem oder leicht kantig abgeplattetem Querschnitt und $\pm$ deutlich erkennbarer Skulptur vor. Das Stück Taf. III Fig. 2 stammt aus einem sonst nahezu fossilisierbaren Bruch von Stetten a. H.; die Abbildung gibt einen Ausschnitt aus einer größeren Haldenplatte, die außerdem die unter Nummer 4 beschriebene schöne Fährte *Ichnospica pectinata* n. g. n. sp. (Taf. II Fig. 1) aufweist. Da beide Lebens-Spuren als Ausgüsse erhalten sind, handelt es sich zweifelsfrei um eine Schicht-Unterseite; die braunrote, im Innern leicht getigerte Platte stammt wahrscheinlich aus dem Abraum des Bruchs, ist also hoch einzuorientieren.

Als Besonderheit weist die Platte polygonale Trockenrisse auf, die sich z. T. durch die Spuren hindurchziehen. Die Bildung dieser Netzrisse ist ungewöhnlich: Normalerweise reißt bei Spurenplatten der Grund, in den die Spuren zunächst in feuchtem Zustand eingedrückt wurden, durch nachträgliche oberflächliche Austrocknung auf, so daß eine spätere Überdeckung mit neuem Sediment die offenen Trockenrisse ausfüllen kann; auf diese Weise entstehen die bekannten Netzleisten, die heute aus der Unterseite der Deckschicht heraustreten. Hier aber ist die dünne rote Tonschicht, die einst die eingetieften Spuren eindeckte und sie nun im Ausguß wiedergibt, gerissen, ohne daß eine nachträgliche Ausfüllung erfolgte; es liegen daher keine Netzleisten vor, die Risse sind vielmehr heute noch offen. Das bedeutet, daß es sich nicht um Oberflächenaustrocknung („Luftrisse“ RUD. RICHTER 1941), sondern um „Innenschrumpfrisse“ der Tonschicht unter Sedimentbedeckung handelt; ein Trockenfallen der Spuren-Schichtfläche kann jedenfalls aus diesen Trockenrissen nicht abgelesen werden. Im übrigen haben derartige Risse schon vielfach zu Fehlschlüssen geführt; sie sind gerade im Keuper nicht selten.

Das hohe Relief des unteren Teils des Spuren-Ausgusses (Taf. III Fig. 2) beweist zunächst, daß an der Stelle zur Zeit des Eindrucks ein sehr weicher und zugleich formempfindlicher Grund vorhanden gewesen sein muß; hier ist auch die Skulptur am schärfsten bewahrt worden. Sie besteht aus gegenständigen, queren Höckern beiderseits einer angedeuteten Mittelrinne. Der im allgemeinen runde Gesamtquerschnitt ist oben leicht abgeplattet. Die Breite der Spur beträgt in diesem formtreuesten Teil 5 mm, die erkennbare Gesamtlänge 12 cm. Der Verlauf der Spur ist bei dem abgebildeten Stück wie bei allen ähnlichen Spuren gestreckt; jedenfalls ist keine regelmäßige Schlingelung im Sinne der Sinus-Kurve festzustellen (RUD. RICHTER 1928). Über Beginn und Ende der abgebildeten Spur läßt sich nichts aussagen; vielleicht hat sich oben und unten die ursprüngliche Plastizität des Grundes geändert. Der obere Teil der Spur scheint auseinandergeflossen zu sein; er zeigt keine Andeutung der Skulptur mehr.

Begrifflich handelt es sich einwandfrei um eine „Kriech-Spur“. Ob diese unter Wasser oder auf feuchtem Schlamm gezogen wurde, läßt sich nicht mehr beurteilen. Herkömmlich werden derartige skulpturierte Spuren als Kriech-Spuren von Anneliden aus dem Kreis der Polychaeten angesehen, wobei die Skulpturhöcker der heutigen Ausgüsse als Ausfüllungen der Eindrücke der Parapodien-Stummel gelten. Der nicht geschlängelte Verlauf der Spur läßt auf ein verhältnismäßig kurzes Tier schließen, da nur lange Würmer durch undulatorische Fortbewegung mäandern; die Unterseite des im ganzen rundlichen Tierkörpers rekonstruiert sich als leicht abgeplattet mit bilateral angeordneten Parapodien. Die Form erinnert grundsätzlich an das etwas reicher skulpturierte *Steigerwaldichnium heimi* KUHN (1937) aus der *Acrodus*-Bank des km 1 von Unterfranken, das von dem Autor auf einen in die Familie der Errantier gehörigen Polychaeten zurückgeführt wird; freilich handelt es sich bei diesem Spurenfossil nach KUHN um die Ausfüllung eines Tunnelgangs. Die Errantier sind räuberisch lebende Tiere; für ein solches spricht auch, daß die beschriebene Schilfsandstein-Spur nie vergesellschaftet, sondern nur einzeln vorkommt. Auch aus dem Muschelkalk (Trochiten-Kalk von Schwäb. Hall) sind mir ähnliche Spuren bekannt. Die Fortbewegung derartiger kriechender Polychaeten erfolgt im übrigen nicht eigentlich podial, sondern hauptsächlich peristaltisch, durch rhythmische Zusammenziehung und Streckung der Längs- und Ringmuskulatur.

Die meisten heute lebenden Polychaeten sind marin; ihr bevorzugter Lebensraum ist der Schlammgrund der Meere. Doch gibt es auch Süßwasserbewohner, ja sogar Landformen. Im Faunengebiet der Nordsee dringt z. B. nach GRIMPE (1938) *Nereis diversicolor* MÜLL. weit ins süße Wasser ein. Auch gibt es, vor allem in den Tropen, zahlreiche Brackwasser-Arten. Die Annahme, daß es sich bei der beschriebenen Spur tatsächlich um die Kriech-Spur eines Polychaeten handelt, läßt somit keinen unbedingten Schluß auf den Lebensraum zu, in dem einst die Spur entstanden ist. Doch spricht die größere Wahrscheinlichkeit dafür, daß es sich nicht um ein Süßwassertier gehandelt haben wird.

Eine nomenklatorische Festlegung des „skulpturierten Rinnen-Ausgusses“, (Taf. III Fig. 2), der mit Vorbehalt auf einen Anneliden aus der Ordnung der Polychaeten zurückgeführt wird, kann zunächst entbehrlich werden; doch kann sie einmal zweckmäßig werden, da diese Spurenform in verschiedenen Formationen bzw. Stufen vorkommt.

B. 3. *Isopodichnus* sp.

(Taf. II Fig. 3.)

SCHINDEWOLF hat 1921 und 1928 zunächst unter der neutralen Bezeichnung *Ichnium problematicum*, sodann unter dem von BORNEMANN

aufgenommenen Gattungsnamen *Isopodichnus* eine eigenartige Spur des Buntsandsteins beschrieben, der zwei grundsätzlich verschiedene Formen zugeschrieben wurden: Vereinzelte, aus den Schicht-Unterseiten stark vorspringende brötchenförmige Buckel und langgezogene bandförmige Spuren, die sich aus zwei rundlichen Wülsten mit einer Mittelrinne zusammensetzen und bei guter Erhaltung durch feine Striemenfurchen quergegliedert sind. Da die beiden Spurenformen im Buntsandstein in der Regel zusammen vorkommen, werden sie von SCHINDEWOLF einem Erzeuger zugeschrieben, dem zwei verschiedene Fortbewegungsarten eignen sollen, eine „podial-kriechende“ und eine „vertikal-undulatorische“. Als Erzeuger wird ein Annelide vermutet, ohne daß eine Festlegung auf eine bestimmte Ordnung erfolgt. Den einstigen Lebensraum des Buntsandstein-*Isopodichnus*-Tiers sieht SCHINDEWOLF (1928) als einen „bald überfluteten, bald trockenlaufenden Meeresstrand“ an, vor allem auch weil die Spuren zuweilen zusammen mit Steinkernen der Muschel *Avicula purchisoni* GEIN. gefunden werden. Da diese Bivalve SCHINDEWOLF „als wichtiger Indikator mariner Ingressionen in das Buntsandsteinbecken“ gilt, wird der Erzeuger der *Isopodichnus*-Spur „mit Sicherheit als mariner Wurm“ angesprochen.

Die von SCHINDEWOLF ausgesprochene Vermutung, daß sich die bezeichnende Spur vielleicht auch noch in andern Formationen auffinden ließe, hat sich inzwischen überraschend vielfältig bestätigt. Nach meiner Untersuchung 1942 kommt die Spur vor: Fraglich im rheinischen Unter-Devon, wahrscheinlich im Downton Spitzbergens, sicher im Gipskeuper km 1, im Schilfsandstein km 2, im Kieselsandstein km 3 (*I. eutendorfensis* O. LINCK), im fränkischen Semionoten-Sandstein (*I. moenanus* O. KUHN 1937, ohne Diagnose aufgestellt), im württ. Raet (*I. raeticus* O. LINCK). Die Spur *Isopodichnus* BORN. muß also als ein besonders bezeichnendes Spuren-Fossil der germanischen Trias, und zwar ihrer wesentlich kontinentalen Fazies angesehen werden.

Im Schilfsandstein meines Gebiets fand sich die *Isopodichnus*-Spur in zwei Lesestücken aus sehr hoher Lage bei Mühlbach i. B. Ich bilde (Taf. II Fig. 3) das schon 1942 veröffentlichte bessere Stück wiederholt ab. Es zeigt vier ziemlich große, teilweise etwas abgeflachte, glatte und am einen Ende etwas klaffende charakteristische „Buckel“, die möglicherweise mit ungleichmäßigen Abständen in einer Reihe stehen, daneben zahlreiche $\pm$ deutlich ausgeprägte länger ausgezogene Spuren, die den von SCHINDEWOLF 1948 in Fig. 8 abgebildeten entsprechen; die schmalen bandförmigen Spuren SCHINDEWOLF's fehlen. Eine eigene Benennung der Schilfsandstein-*Isopodichnus*-Spur kommt nicht in Frage; wichtig ist nur, daß der eigenartige Spurentyp auch im Schilfsandstein vertreten ist.

Auf Grund meines reichen Keupermaterials (insbesondere von *Isopodichnus eutendorfensis* und *raeticus*) kam ich 1942 zu dem Schluß, daß jedenfalls die Eindrücke der Keuper-*Isopodichnus*-Spuren nicht auf „einem offenen Meeresstrand“, sondern nur unter Sedimentbedeckung erzeugt worden sein können. Die vorauszusetzenden Tiere lebten wahrscheinlich in der Sandschicht, die heute an der Unterseite die Spurenausgüsse trägt, und stießen aus ihr zuweilen auf den liegenden Ton nieder; u. U. könnten *Isopodichnus*-Spuren auch unter Wasser von schwimmenden Tieren erzeugt worden sein. Da in dem ganzen reichen Keupermaterial die schmalen „bandförmigen Spuren“ SCHINDEWOLF's niemals zusammen mit Buckeln vorkommen, ist grundsätzlich zu bezweifeln, daß sie mit den Buckeln zusammengehören; damit verliert die Spur *Isopodichnus*, deren wesentliche Merkmale die vereinzelt Buckel zuzüglich länger gezogenen Formen sind, viel von ihrem problematischen Charakter. Als Erzeuger dürfte, wie SCHINDEWOLF annahm, am ehesten ein „Annelide schlechthin“ in Frage kommen; versuchsweise habe ich 1942 auch an einen Gastropoden gedacht. Der einstige Lebensraum des *Isopodichnus*-Tiers ist nach meiner Untersuchung nicht als „marin“⁴⁰, sondern ziemlich einheitlich als brakisch anzusprechen, wobei es sich um Binnengewässer verschiedenster Art wie Delta-Ausmündungen, Lagunen, Endseen, aber auch um brakische Strandfazies (Raet) gehandelt haben kann.

B. 4. *Ichnyspica pectinata* n. g. n. sp.

(Taf. II Fig. 1, 2.)

Im Schilfsandstein des Strom- und Heuchelberggebiets kommt ferner verhältnismäßig häufig eine Lebens-Spur vor, die bei fragmentarischer Erhaltung an Bruchstücke eines Kamms erinnert. Fig. 2 Taf. II gibt ein Beispiel; auch Fig. 3 Taf. III läßt ein solches Spurenfragment erkennen. Die Gebilde finden sich als Ausgüsse einzeln und zusammenhanglos auf den Unterseiten feinkörniger Sandsteinbänke, die daneben sonstige Lebens-Spuren aufweisen. Im einzelnen setzen sich die Spuren aus einer kleineren oder größeren Zahl gerade gestreckter, zugespitzter Körper zusammen, die gleichsinnig in zuweilen haarscharfe Spitzen auslaufen und mit gleichmäßigen Zwischenräumen hintereinandergereiht sind. Meist liegen die Spuren flach auf der Schichtfläche, zuweilen stehen sie aber auch in einem ziemlich steilen Winkel zu ihr; in diesen selteneren Fällen verlieren sich die Spitzen im Gestein und ergeben sich mitunter seltsame Formen, die an Ammoniten-Fragmente erinnern können (z. B. einen

⁴⁰ Auch die von SCHINDEWOLF (1921 und 1928) herangezogene Muschel *Avicula murchisoni* GEIN. ist kein sicherer Weiser für marine Verhältnisse (MÄGDEFRAU 1940 S. 7, O. LINCK 1942 S. 252/253).

Rückenteil eines *Aegoceras*). Die einzelnen Zacken der „Kämme“ zeigen auch bei zartester Erhaltung niemals die geringste Andeutung einer Gliederung, und die ganzen Spurenstücke beginnen und enden völlig unvermittelt auf den Schichtflächen, auch wo diese durchaus eben sind.

Zunächst waren diese Spurenfragmente ein Rätsel; eine Beziehung auf Blattscheiden von Equisetiten (Schleif-Spuren) konnte bei der ausgesprochen rundlichen Körperhaftigkeit der Gebilde nicht in Frage kommen, ganz abgesehen davon, daß gerade in den spurenführenden Schichten Pflanzenreste so gut wie völlig fehlen. Da brachte der Fund von Stetten a. H. (Taf. II Fig. 1) Aufklärung: Auf der aus hoher Lage stammenden Leseplatte, deren Trockenrisse schon in Abschn. B. 2 besprochen wurden, erscheint die als Ausguß erhaltene Kamm-Spur in spiegelbildlicher Anordnung gedoppelt; in der Mitte bleibt dabei eine Rinne frei und die gegenständigen Zacken fallen leicht gekrümmt nach außen ab. Der Gesamtverlauf der Spur ist bogenförmig ohne Schlingelung; der gesamte Eindruck ist, wenn auch z. T. undeutlich erhalten oder verdeckt, etwa 14 cm lang und gleichmäßig 22 mm breit. Die Breite der leeren Rinne zwischen den Kämmen beträgt 4,5 mm, der durchschnittliche Abstand der Kammzacken voneinander 3,8 mm; insgesamt sind auf beiden Seiten 31 und 36 Zacken zu erkennen. Ein Anfang oder ein Ende der Spur läßt sich nicht beobachten, da die Platte oben und unten an der Spur abgebrochen ist. Wie bei dem „Skulpturierten Rinnen-Ausguß“ des Abschn. B. 2 läßt sich wieder feststellen, daß die Spur schon eingedrückt und überdeckt worden sein muß, ehe die Innenschrumpfung der Tonschicht einsetzte; die Doppel-Kammspur wurde nur im mittleren Teil von der Austrocknung erfaßt.

Bei genauer Betrachtung zeigt die in der Breitenausdehnung als vollständig anzusprechende zweizeilige Spur einen gewissen Unterschied gegenüber den einseitigen Bruchstücken: Die einzelnen Zacken der Doppelspur sind nicht so straff und gestreckt wie die entsprechenden Zacken der „Kamm-Bruchstücke“; sie erscheinen schlaffer, auch muß der ursprüngliche Spur-Eindruck einen konkaven Querschnitt besessen haben, bei dem die Enden der Zacken am höchsten lagen. Daraus ist zu schließen, daß es sich in diesem Fall überhaupt nicht um eine „Bewegungs-Spur“, sondern um eine „Liege- oder Ruhespur“, wenn nicht gar um den „Abdruck einer Leiche“ handelt (vgl. RUD. RICHTER 1926, XIV). Die fragmentarischen Kammstücke sind im Gegensatz dazu als „Bewegungs-Spuren“ aufzufassen, wobei die Art der Bewegung des bilateral gebauten Erzeugers sowohl die Einseitigkeit der Eindrücke wie auch das unvermittelte Beginnen und Endigen der Spuren auf den Schichtflächen bedingte. Ein derartig unvermitteltes Einsetzen und Ausgehen von Spuren

ist auf einer gleichartigen Untergrundsfläche, wie sie bei den meisten der vorliegenden Stücke vorausgesetzt werden muß, nur möglich, wenn sich der Erzeuger von dem Untergrund in irgendeiner Weise wegbewegte, sei es nach unten durch Eingraben in den Untergrund, sei es nach oben, wiederum durch Eingraben in eine noch nicht verfestigte darüberliegende Schicht oder durch Wegschwimmen im Wasser. Da das Eingraben des vermuteten ziemlich großen, zweizeiligen Tiers auf der als sehr empfindlich anzunehmenden Grundschicht (vgl. Taf. II Fig. 2) unvermeidlich sichtbare Spuren hinterlassen haben müßte, kommt im vorliegenden Fall nur ein Loslösen im Wasser in Betracht. So werden die „Kamm-Bruchstücke“ als „Schwimm-Fährten“ aufgefaßt, bei deren Erzeugung das schwimmende Tier zuweilen einseitig mit einem Teil seines langgestreckten bilateralen Körpers auf Grund gestoßen ist.

Die Fragestellung nach der systematischen Zugehörigkeit des Fährtenerzeugers — denn um eine „Fährte“ im strengen Sinn handelt es sich nach den fraglos differenzierten Gliedmaßen — muß zunächst Arthropoden in den Kreis der Betrachtung ziehen. Tatsächlich hat die vollkommen erhaltene Fährte (Taf. II Fig. 1) auf den ersten Blick eine gewisse Ähnlichkeit mit dem auf Arthropoden im weitesten Sinn zurückzuführenden Fährtentyp *Merostomichnites* MATTHEW 1909, der ebenfalls zwei parallele Reihen quergestreckter oder rundlich bogenförmiger Extremitäten-Eindrücke aufweist; gute Beispiele für diesen Typ gibt STORMER (1934), auch der von mir (1943) auf Triopsiden zurückgeführte *Merostomichnites triassicus* O. LINCK aus dem Buntsandstein gehört hierher. Wesentlich aber ist, daß bei *Merostomichnites* zwischen den beiden Reihen der Extremitäten-Eindrücke ein verhältnismäßig breiter freier Raum vorhanden ist, über dem der Körper des Tiers getragen wurde, während bei der vorliegenden Fährte die Eindrücke der beiden Seiten nur durch einen schmalen Zwischenraum getrennt sind. Die vorliegende Fährte ähnelt auch gewissen andern paläozoischen Krebsfährten (z. B. *Cruziana* aus dem Ober-Devon, vgl. ABEL 1935 S. 254). Die Einseitigkeit der Kamm-Bruchstücke würde an sich eine Beziehung auf Krebse nicht ausschließen, da manche heutigen Arthropoden wie *Limulus* einseitige Fährtenzüge hinterlassen können. Gegen einen Arthropoden überhaupt spricht aber der Umstand, daß trotz der meist ungemein scharfen Erhaltung der Spuren niemals eine Gliederung der fraglichen „Extremitäten“ zu erkennen ist. Krebse hinterlassen zudem, sofern sie nicht hochbeinig stelzen, was hier nicht der Fall gewesen sein kann, $\pm$ schräg rückwärts gerichtete Extremitäten-Eindrücke⁴¹, an denen infolge der schiebenden Fortbewe-

⁴¹ Auch von HUMMEL (1930) abgebildete Kriechfährten rezenter Einsiedler-Krebse zeigen scharf rückwärts gerichtete Extremitäteneindrücke.

gung rückwärtige Stauchungen der weichen Unterlage zu erkennen sind. Dies ist beispielsweise sehr schön an einer von DAHMER (1936 und 1938) abgebildeten Trilobiten-Fährte *Incisifex rhenanus* zu beobachten, die auch eine deutliche Gliederung der Fußindrücke aufweist. Die Eindrücke der anzunehmenden Extremitäten der Schilfsandstein-Fährten (Taf. II Fig. 1, 2) zeigen aber, wie gesagt, keine Spur einer Gliederung, sie stehen lotrecht zur Medianachse und sind offenbar $\pm$ senkrecht von oben her eingedrückt worden; es handelt sich eben, ganz abgesehen von der hypothetischen „Ruhe-Spur“, überhaupt nicht um „Kriechfährten“. Zudem war der Eindruck der Doppelfährte Taf. II Abb. 1 nach dem heutigen Ausguß ursprünglich innen zu beiden Seiten der leeren Mittelrinne am tiefsten; ein Krestier aber hätte in dem Bestreben, den Körper vom Grund wegzuheben, außen am tiefsten eintreten müssen. Versucht man schließlich auf Grund des ganzen Fährtenreliefs die Körperform des Erzeugers zu rekonstruieren, so ergibt sich für die „Extremitäten“ ein ungliedertes, langgestreckt dreieckiger Längsschnitt und für das ganze Tier eine abgeflachte, wurmförmige Gestalt, mutmaßlich mit einem sehr dünnen verbindenden Mittelteil, der auch in der Ruhelage infolge der starken inneren Extremitäten-Anfänge den Grund nicht berühren konnte.

Für eine solche Körperform kann, nachdem Arthropoden aus verschiedenen Gründen ausgeschlossen wurden, nur noch die Klasse der Würmer herangezogen werden. Im besonderen kann an einen großen, abgeplatteten Polychaeten mit blattartig erweiterten Parapodien etwa von der Form der heutigen *Phyllodoctidae* gedacht werden; die auf Taf. II Fig. 2 sichtbaren haarfeinen Spitzen könnten Spuren der Cirren sein. Derartige Groß-Polychaeten sind z. T. gewandte Schwimmer (GRIMPE 1938), indem sie mit dem ganzen Körper Schlängelbewegungen ausführen und gleichzeitig in von hinten nach vorn laufenden Wellen mit den als Schwimmblätter ausgebildeten Parapodien paddeln. Die Entstehung der bruchstückhaften Kamm-Spuren (Taf. II Fig. 2) ließe sich bei dieser Art schwimmender Fortbewegung eines großen Anneliden in der Weise erklären, daß das Tier bei der gleichzeitigen Schlängel- und Paddelbewegung zuweilen einseitig den Grund berührte, während die „Ruhespur“ einen Teil des Tierkörpers in voller Breite wiedergibt; in beiden Fällen hätte der dünne eigentliche Wurmkörper infolge der starken Entwicklung der Parapodien keinen Abdruck hinterlassen können. Auch das erwähnte Vorkommen steilgestellter Kamm-Spuren läßt sich mit dieser Deutung vereinbaren.

Der Lebensraum der heutigen Polychaeten wurde schon in Abschn. B. 2 behandelt. Ein unbedingt zwingender Schluß auf den Raum, in dem die vorliegende Lebens-Spur erzeugt worden ist, läßt sich auch unter der

Voraussetzung, daß die versuchte Deutung zutrifft, nicht ziehen. Doch spricht die größte Wahrscheinlichkeit dafür, daß es sich jedenfalls nicht um einen Süßwasser-Raum gehandelt hat; derartig große und differenzierte Polychaeten sind heute marin. —

Sieht man sich nach grundsätzlich ähnlichen fossilen Lebens-Spuren um, so bieten sich vor allem die schönen devonischen Fährten aus dem Hunsrück-Schiefer zum Vergleich an, die RUD. RICHTER (1941b S. 229ff.) unter dem Sammelbegriff „Ährenförmige Fährten“ („*Ichnia spicea*“) zusammenfaßte. RICHTER gab für diese Formen etwa folgende Definition (von mir gekürzt): Fährten, die beiderseits einer Mittellinie eine Zeile einheitlicher, nicht quer gegliederter, bald linearer, bald blattartiger, zuweilen auch gespaltenen Seitenspuren zeigen; diese können gegenständig oder wechselständig angeordnet sein; die Mittellinie kann eine Achse oder (wie im vorliegenden Fall) eine „gedachte Linie“ sein.

Um die beschriebene Schilfsandstein-Fährte und überhaupt alle derartigen „Ährenförmigen Fährten“ systematisch führen zu können, schlage ich für den Fährtentyp in Anlehnung an RICHTER's Definition und Bezeichnung den Gattungsnamen

Ichnyspica n. g.

vor (von Ichnium = Fährte und spica = Ähre). Von dem Fährtentyp *Merostomichnites* MATTHEW unterscheidet sich *Ichnyspica* vor allem auch dadurch, daß bei *Merostomichnites* zwischen den beiden Reihen der Extremitäten-Eindrücke eine breite, leere Fläche liegt, während bei *Ichnyspica* nur eine schmale Achse oder eine „gedachte Linie“ vorhanden ist. Inhaltlich bedeutet die Gattungsbezeichnung *Ichnyspica* (im Gegensatz zu den ökologisch-mechanischen Bautypen-Namen der Würmer) freilich nur einen „Formtyp“, der sich auf äußere Merkmale gründet und keine Rücksicht darauf nimmt, daß die Erzeuger in verschiedenen Tierklassen gesucht werden können. *Ichnyspica*-Fährten können nach RUD. RICHTER auf Anneliden, Arthropoden, auch Holothurien zurückgeführt werden. Man wird aber bei der Benennung von Oberflächen-Spuren im Gegensatz zu den „Tunneln“ und „Bauten“ um derartige äußerliche Formtypen-Gattungen nicht herumkommen, wenn man eine Überfülle einzelner Gattungsnamen vermeiden will; man muß sich nur des Sammelinhalts dieser Gattungsbegriffe bewußt bleiben.

Genotypus ist die beschriebene

Ichnyspica pectinata n. sp.

(von pectinatus = kammförmig, gekämmt) aus dem Schilfsandstein. Taf. Fig. 1 ist Typus; Fig. 2 gibt als Paratypoid die einseitige Form, die vermutete Schwimmfährte, wieder.

Bis jetzt ist *Ichnospica pectinata* aus meinem Gebiet von den Fundorten Freudental, Freudenstein, Maulbronn, Stetten a. H., Sternenfels bekannt, wo die Fährte in den mittleren und oberen Horizonten der Stufe vorkommt. Aus dem Schilfsandstein des übrigen Landes kam mir sonst nur ein unsicheres Stück zu Gesicht, das mir A. SEILACHER von Gaildorf übersandte. Außerdem fand ich die *Ichnospica*-Fährte als einseitiges Bruchstück auf einer von PLIENINGER (in H. v. MEYER & TH. PLIENINGER 1844 S. 83) beschriebenen, heute in der Naturaliensammlung in Stuttgart aufbewahrten Wirbeltier-Fährtenplatte aus dem Lettenkohlen-Sandstein von Neuenstein. Der Spurentyp kommt demnach auch schon im Unteren Keuper vor.

B. 5. Cfr. „Zopfwülste“ WEISS.

(Taf. III Fig. 3.)

Nur selten finden sich im Schilfsandstein meines Gebiets Lebens-Spuren, die stark an die von WEISS 1940 neu untersuchten „Zopfwülste“ aus dem Angulaten-Sandstein erinnern, ohne daß freilich die dort mit-vorkommenden „Zöpfe“ und „Zopfrinnen“ ebenfalls festzustellen wären. Es handelt sich um sehr schmale, höchstens 3 mm breite, erhabene Wülste auf Schicht-Unterseiten mit ausgeprägter Medianrinne und transversaler, also nicht schräg zur Mittelachse laufender Skulptur, die nicht wie bei den Rinnen-Ausfüllungen Abschn. B. 2 aus Höckern, sondern aus zarten, grätenförmigen Striemen besteht. Von der „Anneliden-Kriechfährte“ B. 2 unterscheiden sich diese Spurenausgüsse auch durch stärkere Abplattung, die den Querschnitt ausgesprochen rechtwinklig kantig werden läßt und dadurch, daß diese Spuren nie vereinzelt, sondern immer vergesellschaftet auftreten. In vieler Hinsicht, vor allem in der Art der Überkreuzungen, gemahnen die Spurenzüge zugleich an die schmal bandförmigen Spuren, die SCHINDEWOLF 1928 (Abb. 6 Fig. 6) als zweite Bewegungsspur seines *Isopodichnus problematicus* abbildete. Doch kommen im Schilfsandstein wie im übrigen Keuper (vgl. Absch. B. 3) niemals derartig schmale Bandspuren zusammen mit den typischen *Isopodichnus*-Buckeln vor, so daß ich, wie schon bemerkt, die genetische Zusammengehörigkeit der Schmalspuren mit den Buckeln grundsätzlich bezweifle. Die vorliegende Spur ist daher als selbständig anzusehen und formal eher mit den „Zopfwülsten“ von WEISS in Beziehung zu bringen. Dabei ist allerdings nicht sicher zu entscheiden, ob es sich um Ausgüsse von „Kriech-Spuren“, deren Positiv als eine gekielte und auf beiden Längswülsten gestriemte Rinne zu denken ist, oder um die Ausfüllung von Grabgängen, „Tunneln“, im Sediment handelt; die Spurenzüge scheinen sich plastisch zu überlagern und in das Hangende hineinzuführen, was für „Tunnel“



sprechen würde. Das abgebildete Stück Taf. III Fig. 3 stammt aus dem Abraum eines verwachsenen Bruchs bei Sternenfels (westlich des Sportplatzes) aus bröckeligen, graugrünen Sandstein-Plättchen, die mit Tonbändern wechsellagern und in die „Dunklen Mergel“ übergehen; nach bisheriger Kenntnis kommt die Form nur in dieser hohen Lage vor. Das Haldenmaterial der Fundstelle weist im übrigen noch sehr viele sonstige Spuren auf, die die Lesestücke z. T. völlig überziehen; oben rechts ist auf dem abgebildeten Stück noch ein Fragment der Fährte *Ichnospica pectinata* n. g. n. sp. zu erkennen. Da jede Andeutung von Trockenrissen an dem Ort fehlt, obwohl die vielen Ton-Zwischenlagen deren Bildung bei Trockenfallen begünstigt hätten, müssen die Spuren unter Wasser bzw. in wasserbedecktem Sediment entstanden sein.

WEISS hat 1940 bei den Spuren des Angulaten-Sandsteins (Unterer Lias) drei Formen unterschieden: „Zöpfe“, „Zopfrinnen“ und „Zopfwülste“. Die „Zöpfe“ erheben sich auf Schicht-Oberseiten, die „Zopfrinnen“ erscheinen ebenso wie die „Zopfwülste“ auf „Schicht-Unterseiten“; die „Zopfrinnen“ sind dabei im Gegensatz zu den „Zopfwülsten“ vom liegenden Sediment her ausgefüllt worden, während die „Zopfwülste“ als Ausgüsse vom Hangenden her aufzufassen sind. Die vorauszusetzenden „Grab-Spuren“ (also nicht „Kriech-Spuren“) sind nach WEISS sofort nach Erzeugung ausgefüllt worden. Im Schilfsandstein habe ich bis jetzt nur Spuren von der Form der „Zopfwülste“ beobachtet; immerhin wäre möglich, daß nur eine anders geartete physikalische Beschaffenheit des noch unverfestigten Sediments die Bildung von „Zöpfen“ und „Zopfrinnen“ verhindert haben könnte. Jedenfalls ähneln die vorliegenden Schilfsandstein-Spuren — einerlei, ob es sich nun um „Grabspuren“ oder nachträglich von oben her ausgefüllte offene „Kriechspuren“ handelt — den „Zopfwülsten“ von WEISS so sehr, daß eine Beziehung auf sie gerechtfertigt ist.

Bedeutsam ist, daß derartige Spuren bis jetzt nur aus marinen, allerdings meist küstennahen Sedimenten bekannt sind (Unterer Lias, Unterer Dogger, Tertiär). HEER hat für diese Spurenformen 1864 den Gattungsnamen *Gyrochorte* eingeführt, und zwar stünden die in Frage stehenden Schilfsandstein-Spuren der „nichtzopfigen Art“ *Gyrochorte comata* HEER am nächsten. Von einer Benennung der Schilfsandstein-Form ist aber wohl abzusehen; man kann sie als *Gyrochorte* sp. führen.

Die Frage nach dem Erzeuger der Zopf-Spuren im weitesten Sinn wird verschieden beantwortet. WEISS hält es noch für verfrüht, sich an irgendeine systematische Gruppe zu binden; ABEL, der die Spuren jedenfalls z. T. als Kriech-Spuren anspricht, sucht den Urheber unter den Amphipoden, etwa aus der Verwandtschaft des rezenten Schlickkrebsses

Corophium, der allerdings nach HÄNTZSCHEL (1939) ziemlich anders geartete und recht variable Fährten hinterläßt. Im übrigen stünde ein „Amphipode“ auch einem Schluß auf brackische Verhältnisse nicht im Wege; ausgeschlossen wäre nur Süßwasser.

B. 6. Gekörnelte Tunnel-Geflechte.

(Taf. III Fig. 1.)

Das auf Taf. III Fig. 1 wiedergegebene Spurenfossil stammt schwerlich aus dem Gebiet des Strom- und Heuchelbergs. Es ist ein altes Sammlungsstück der Württ. Naturaliensammlung (Nr. 16654) mit der Bezeichnung: „Unterer Keuper, Schilfsandstein. Wellenschläge mit Wülsten, Würsten (Tierfährten) auf der unteren Seite des plattig werdenden Sandsteins.“ Es handelt sich jedenfalls wiederum um ein Schicht-Unterseiten-Stück, das wahrscheinlich aus hohem Horizont aus den Brüchen der Feuerbacher Heide bei Stuttgart stammt. Das Gesteinsmaterial besteht aus grüngelbem Sandstein von feinem Korn; die Spurensseite, unter der wohl tonige Schichten lagen, ist dunkelgrau. Leider ist das Stück auf den erhabenen Teilen stark abgerieben.

Im einzelnen zeigt die Spurensseite ein Gewirr übereinanderliegender Wülste von rundlichem bis flachovalem Querschnitt, deren Oberfläche gleichmäßig eine $\pm$ deutliche Körnelung durch stumpf abgeflachte Erhebungen aufweist; die Oberfläche des mutmaßlichen Tierkörpers muß entsprechend durch Vertiefungen gefeldert gewesen sein. Der Durchmesser der Wülste schwankt zwischen 5 und 11 mm.

Für die Beurteilung der Entstehung der vorliegenden Spuren und ihre begriffliche Fassung ist die Art der Überkreuzungen entscheidend. Da die Wülste vollplastisch aufeinanderliegen, kann es sich nicht um einfache „Kriech-Spuren“, also ursprünglich offene Rinnen gehandelt haben, die nachträglich vom nachfolgenden Sediment ausgefüllt worden wären; in diesem Fall müßten sich die jetzigen wulstförmigen Ausfüllungen durchdringen. Die zeitlich ersten Spuren, die jetzt auf der Unterseite am höchsten liegen, müssen vielmehr schon plastisch gefüllt gewesen sein, als sich die späteren Spurenzüge über sie legten. Daher sind die Wülste nicht als Ausgüsse von „Kriech-Spuren“, sondern als gangförmige „Grab-Spuren“, „Tunnel“, anzusehen, die an der Grenze Sand/Ton innerhalb der noch durchfeuchteten und noch nicht verfestigten Ablagerung gezogen worden sind. Dabei mag eine Schleim-Aussonderung des Erzeugers die plastische Erhaltung der Gänge begünstigt haben; wahrscheinlich sind die ursprünglichen Vollformen nachträglich etwas zusammengedrückt worden.

Derartig flach liegende Tunnelgeflechte sind verschiedentlich beschrieben worden. DAHMER hat (1936 und 1938) ähnliche Formen unter dem Gattungsnamen *Nereites* aus dem Taunus-Quarzit und den Siegener Schichten des Unter-Devon veröffentlicht, wobei er unter dem ziemlich unverbindlichen Sammelnamen etwas anderes versteht, als sonst üblich ist (vgl. RUD. RICHTER 1941 b); auch die *Phyllochorden* des eozänen Flyschs des Wiener Waldes sind verwandte Gebilde (ABEL 1935 S. 219 bis 237). Diese flachstreichende und im allgemeinen auch abgeflachte Tunnel-Spurenform wird verschieden gedeutet: RUD. RICHTER (1928) hält die Gänge für Erzeugnisse von Würmern, wahrscheinlich Anneliden, ABEL (1935) weist auf die Ähnlichkeit mit Kriechgängen rezenter Gastropoden hin, wofür er insbesondere eine südafrikanische Strandschnecke *Bullia rhodostoma* GRAY als Beispiel heranzieht. Bis jetzt wurden derartige Lebens-Spuren nur aus marinen Sedimenten beschrieben.

Ich sehe davon ab, die unsichere Form zu benennen, zumal da das vorliegende Stück ziemlich schlecht erhalten ist und sich seine Herkunft nicht sicher feststellen läßt. Sie kann unter dem freien Namen „Gekörnelte Tunnel-Geflechte“ weiterverfolgt werden.

B. 7. *Biformites insolitus* n. g. n. sp.

(Taf. IV Fig. 1, 2 u. Abb. 1.)

Eines der einprägsamsten und merkwürdigsten Spurenfossilien der ganzen Aufsammlung geben die Fig. 1 und 2 der Taf. IV wieder. Zunächst fanden sich im Abraum eines alten Bruchs von Maulbronn einige Platten, die völlig mit den in Frage stehenden Spuren bedeckt waren. Anstehend ließ sich die Form sodann bei Freudenstein in mehreren, durch dünne Tonlagen getrennten Sandsteinbänken nachweisen, wobei die Spuren als Ausgüsse auf den Schicht-Unterseiten liegen. Schließlich lagen in der Württ. Naturaliensammlung einige ausgezeichnete Stücke, die nach der Beschriftung ebenfalls von Maulbronn stammen und nach sonstigen auf ihnen enthaltenen Lebens-Spuren unzweifelhaft als Schicht-Unterseiten-Stücke anzusprechen sind.

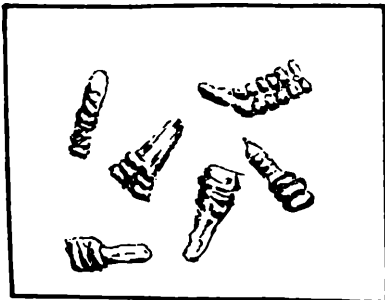


Abb. 1. *Biformites insolitus* n. g. n. sp. Schilfsandstein; Maulbronn. Bezeichnende Einzelformen; in der Mitte eine durch Überlagerung entstandene scheinbar geteilte Form. Maßstab 1 1.

In allen Fällen handelt es sich um ein $\pm$ dichtes Gewirr und Haufwerk verhältnismäßig kurzer Spuren-Ausgüsse, die sich zum größten Teil sehr bezeichnend aus zwei verschiedenen Grundformen zusammensetzen: Einem schmalen, rundlichen oder auch leicht abgeplatteten, vielfach auch von einer medianen Längsrinne geteilten Stück von 3—4 mm Durchmesser, und einem kurzen, meist doppelt so starken, scharf quengerippten Stück, auf dem bei leichter Abplattung mitunter ebenfalls eine Mittelteilung angedeutet ist und der bis zu 6 Querrippen aufweisen kann (Taf. IV Fig. 1 und Abb. 1). Auf einzelnen Stücken treten die zusammengesetzten, vergleichsweise handgranatenförmigen Spurenstücke auf glatter Schichtfläche auch isoliert auf, wodurch sich ihre merkwürdige Form besonders hervorhebt (Abb. 1 nach einem Stück von Maulbronn, Sammlung LINCK); auch kommen zwischen den beiden Grundformen Übergänge vor. Mit dem gerippten Teil enden die Spurenstücke stets unvermittelt, vielfach unter Rückkrümmung in das die Ausgüsse tragende Gestein hinein; niemals treten Formenreihen wie „Schmaler Teil—Gerippter Teil—Schmaler Teil“ oder „Gerippter Teil—Schmaler Teil—Gerippter Teil“ auf, stets sind die Spurenstücke nur bimorph. Die schmalen ungerippten Züge können zuweilen auch für sich in längeren Stücken auftreten.

Im Gedränge scheinen sich die Spuren auf mannigfache Weise zu „verzweigen“. Dabei entstehen Formen, die von vornherein biologisch unvorstellbar sind. So müßten z. B. im Fall der „knospenhaften Verzweigung“ Taf. IV Fig. 2 entweder mehrere Erzeuger nacheinander den von unten nach oben führenden Gang benützt haben oder es müßte ein Individuum in den Seitenästen immer wieder zurückgekrrochen sein; zudem dürfte überhaupt für ein kriechendes Tier von einiger Körperlänge ein derartig rechtwinkliges Abbiegen aus der schmalen Rinne heraus unmöglich sein. In Wirklichkeit sind die heutigen „Verzweigungen“ der Spuren nur dadurch entstanden, daß sich verschiedene, nahezu in einer Ebene liegende Kriechrinnen auf die mannigfaltigste Art geschnitten und überlagert haben; der gemeinsame Ausguß täuscht heute die „Verzweigung“ vor. Dies gilt auch für das Stück Taf. IV Fig. 2, bei dem die lange, durchgehende Spur die älteste ist und sich die etwas höher liegenden „Seitenäste“ nachträglich über sie gelegt haben. Die „Verzweigung“ ist also kein Merkmal dieses Spuren-Typs.

Aber auch ohne diese ist die Spur rätselhaft genug. Die stellenweise, zumal bei längeren Zügen vorhandene Median-Rinne der ungerippten Spurenanteile, sowie die analoge zuweilen zu beobachtende leichte Scheitelung der gerippten Teile (Abb. 1) läßt erkennen, daß es sich jedenfalls um ein bilateral gebautes Tier gehandelt haben muß. Die schmalen Züge

erinnern mit ihrer Mittel-Rinne grundsätzlich an jenen verbreiteten Spurentyp, der schon in Abschn. B. 1 bei dem „Skulpturierten Rinnen-Ausguß“, in Abschn. B. 2 bei *Isopodichnus* und in Abschn. B. 5 bei den „Zopfwülsten“ besprochen wurde und der im allgemeinen auf „Anneliden“ bezogen wird. Das hier vorauszusetzende Tier muß aber neben der Fähigkeit, einfach gestreckt zu kriechen, noch die Fähigkeit besessen haben, seinen Körper peristaltisch stark zusammenzuziehen; dabei nahm wohl dessen Durchmesser bei anzunehmender gleichzeitiger Längenverkürzung etwa aufs Doppelte zu und prägten sich heraustretende Körpersegmente als Querrillen in den Untergrund ein. Es liegt also der Fall eines regelmäßigen Bewegungs-Dimorphismus vor, ähnlich wie ihn SCHINDEWOLF (1928) für die Spur *Isopodichnus* BORN. angenommen hat; während dort aber die Zusammengehörigkeit der beiden verschiedenen Bewegungsformen zweifelhaft ist, da die verschiedenen Spuren der angenommenen beiden Bewegungsformen niemals ineinander übergehen, ja bei vielen *Isopodichnus*-Vorkommen gar nicht zugleich vertreten sind, steht hier die Zusammengehörigkeit außer Zweifel, da die beiden Formen unmittelbar aneinanderstoßen und auch ineinander übergehen. Da die gerippten Teile stets nur an einer Seite der Spurenstücke auftreten und sich $\pm$ deutlich gegen die tragende Schicht-Unterseite einkrümmen, muß ferner daran gedacht werden, daß sich das fragliche Tier nur dann „zusammenzog“, wenn es aus der waagrechten Kriechlage zu einer Bewegung aus der Fläche heraus übergang.

Hieraus ergibt sich die Frage, handelt es sich bei den vorliegenden Spurenfragmenten, die ja erkennen lassen, daß sich der Erzeuger nach oben oder unten von der Spurenfläche wegbewegt hat, um „Scheiteltbögen“ von Tunneln, die über oder unter der Spurenfläche im hangenden oder liegenden Sediment vorhanden gewesen wären? Mit Sicherheit ist festzustellen, daß sich die Spuren nach unten, ins Liegende, nie fortgesetzt haben; hiergegen spricht auch schon die erwähnte Rückkrümmung der Spuren-Ausgüsse. Aber auch im hangenden Sandstein ist keine Andeutung einer Fortsetzung zu finden. Zwar bestünde zunächst die Möglichkeit, daß ähnlich, wie für *Cylindricum* n. g. angenommen wurde, sich auch hier ursprünglich vorhanden gewesene Fortsetzungen nur nicht erhalten hätten; sei es, daß sie im hangenden Sand von vornherein nicht konserviert wurden, sei es, daß die jetzige Spurenfläche als Abtragungsfläche eines einst stärkeren durchtunnelten Sediments aufzufassen wäre. Gegen ersteres spricht vielfach schon die Beschaffenheit des heutigen hangenden Sediments selbst, vor allem aber schließt eine in der Stuttgarter Naturaliensammlung aufbewahrte Platte aus dem Schilfsandstein von Maulbronn beide Möglichkeiten aus. Die Platte weist neben den in

Frage stehenden bimorphen Kriech-Spuren noch eigentümliche, ursprünglich flach wannenförmige Schlepp- oder Schwimm-Spuren von Wirbeltieren(?) als Ausgüsse auf, die in etwa gleicher Größe (40×65 mm) und Form (mit angedeutetem Mittelkiel und parallelen Riefen) auch sonst verschiedentlich im Gebiet beobachtet wurden und offenbar schon TH. PLIENINGER bekannt waren (in H. v. MEYER & TH. PLIENINGER 1844 S. 82). Diese Schwimm-Spuren, die ihrer ganzen Natur nach nicht unter Sedimentbedeckung entstanden sein können, haben nun die bimorphen Kleinspuren glatt weggewischt; die Kleinspuren müssen also vor der Erzeugung der Wirbeltier-Spuren offen und oberflächlich auf dem sehr weichen Grund einer Wasseransammlung vorhanden gewesen sein. In einem Fall zieht sich auch schon wieder ein Zug der Kleinspur in den glattgestrichenen Eindruck der Wirbeltierspur hinein; die gesuchten Kleintiere müssen somit auch nach der Erzeugung der Wirbeltier-Spur noch an der Stelle gelebt haben. Das Tier der bimorphen Spur kann daher seine Eindrücke auf dem Schlammgrund nur hinterlassen haben, nachdem es von oben aus dem Wasser auf diesen gelangt war, und muß nach Zusammenziehung (gerippte Enden der Spuren) wieder nach oben ins Wasser weggeschwommen sein. Freilich kann es sich dabei auch nur um ein $\pm$ ruckartiges Erheben über den Grund gehandelt haben.

Biologisch lebte der Erzeuger vagil und gesellig auf dem Grund schlammiger Gewässer. Äußerlich muß es sich nach dem Querschnitt der ungerippten Kriech-Spur um ein dünnes und wie sich aus dem Fehlen regelmäßiger Undulation ergibt, keinesfalls langes Tier gehandelt haben. Beim Kriechen auf dem Grund muß es doppelseitig angeordnete Bewegungsorgane (Extremitätenstummel, Parapodien?) betätigt haben, da sich deren Eindrücke zuweilen als feine grätenförmige Ausgüsse in transversaler Anordnung rechts und links der Median-Rinne erkennen lassen (aber merkwürdigerweise nur selten). Außerdem besaß das Tier kräftige Segmente, die sich Harmonika-artig zusammenziehen konnten. Systematisch kann für ein derartig gestaltetes Tier nur ein Vertreter der Würmer, und zwar ein Annelide im allgemeinen oder eine wasserbewohnende Insektenlarve in Betracht kommen; wahrscheinlicher ist ersteres. Eine Beziehung auf Klein-Krebse (etwa Schizopoden), bei der der gerippte Teil der Spur einen direkten Abdruck von Segmenten bedeuten könnte, scheidet auf alle Fälle aus, schon weil sich Übergänge zwischen den schmalen und den quergerippten Spurenteilen finden. Rezente oder fossile Vergleichsstücke ließen sich für die Spur nicht ermitteln; auch lassen sich bei der unsicheren systematischen Zuordnung keine ökologischen Schlüsse aus ihr ziehen.

Die Lebens-Spur scheint mir aber paläichnologisch so bemerkenswert zu sein, daß ich ihre nomenklatorische Festlegung für richtig halte. Ich belege die Form mit dem Gattungsnamen

Biformites n. g.

(= doppelförmig) mit folgender Diagnose: „Ausfüllungen von bruchstückhaft erhaltenen Kriechgängen, die grundsätzlich bimorph aus schmälere, z. T. durch Längsrinnen geteilten Stücken und am einen Ende aus scharf quengerippten, stärkeren Stücken zusammengesetzt sind. Übergänge kommen vor; zugehörig sind längere Kriechspuren mit Median-Rinne und angedeuteter Grätenskulptur.“ Genotypus ist der beschriebene

Biformites insolitus n. g. n. sp.

(insolitus = sonderbar, außergewöhnlich) aus dem Schilfsandstein von Maulbronn, Taf. IV Fig. 1; Fig. 2 gibt als Paratypoid die scheinbare Verzweigung der Spur wieder. *Biformites insolitus* ist mir nur aus dem Schilfsandstein von Maulbronn und Freudenstein bekannt^{41a}.

B. 8. „Bogenförmige, zuweilen dreistrahlig Lebens-Spuren.

(Taf. IV Fig. 3.)

Auf Schichtflächen der höchsten Lagen des Schilfsandsteins von Maulbronn und Sternenfels kommen ferner, häufig zusammen mit Strömungs-Rippeln, massenhaft $\pm$ zusammenhanglose, bald ausgesprochen halbkreisförmige oder S-förmig geschwungene, aber auch wieder unregelmäßig geschlängelte oder fast gerade ziehende Spuren von ziemlicher Größe (bis 50 cm Länge) vor, die sowohl auf den Schicht-Unter- wie Schicht-Oberseiten von im Mittel 8—20 cm mächtigen, durch schwache Tonlagen getrennten Sandsteinbänken auftreten. Hier und da sind die Gebilde auch deutlich dreistrahlig (Taf. IV Fig. 3 unteres Drittel). Im einzelnen ist die Ausbildung auf den Unter- und Oberseiten der Bänke verschieden. Auf den Schicht-Unterseiten heben sich die Bildungen als plastische, vom Material der Sandsteinbank gefüllte Leisten heraus, die sehr leicht abbrechen, da sie großenteils stark unterschritten sind und mit unregelmäßig rautenförmigem Querschnitt nur einen geringen Zusammenhang mit dem Hangenden haben; sind die Leisten abgebrochen, so bleiben Rinnen auf der Unterseite zurück. Körperlich laufen die Leisten nach beiden Seiten spitz aus, so daß sie wie abgequetscht erscheinen; frei herausgefallene Teile sind vielfach spiralig gedreht und vielleicht

^{41a} Nachträglich machte mich stut. geol. A. SEILACHER darauf aufmerksam, daß die merkwürdige *Biformites*-Spur in gleicher, aber wesentlich größerer Form auch in der marinen Strandfazies des Tübinger Raets bei Pfrondorf vorkommt!

oberflächlich gekörnelt. Andere Lebensspuren-Ausgüsse der Unterseiten werden von den in Frage stehenden Bildungen durchschnitten; sie müssen also nach diesen entstanden sein. Auf den Schicht-Oberseiten aber treten die Spuren bei gleicher linearer Führung in der Regel als eingetiefte Rinnen und nur ausnahmsweise als Leisten auf. Innerhalb der Sandsteinbänke selbst ist keinerlei Fortsetzung der Spuren zu entdecken.

O. KUHN hat 1937 aus der *Acrodus*-Bank des Steigerwalds „Sternförmige Lebensspuren“ beschrieben, die — abgesehen davon, daß KUHN nur 3—6strahlige Formen erwähnt — grundsätzlich ähnlich gebildet sind. Auch seine Spuren sind zwischen zwei Schichtflächen eingeschaltet und „weder mit dem Liegenden noch mit dem Hangenden enger verwachsen“, so daß sie sich, wie bei den Schilfsandstein-Spuren, leicht von der Unterlage abheben lassen. Auch bei dem KUHN'schen Original, das ich durch freundliche Vermittlung von Prof. Dr. BEURLEN in München einsehen konnte, ist der Querschnitt, wie KUHN angibt, „annähernd rautenförmig mit je einer nach oben und unten gestellten Kante“. Eine spiralgige Drehung und eine Körnelung der Oberfläche erwähnt KUHN nicht, auch konnte ich beides selbst nicht feststellen. Die Gesamterscheinung seiner dreistrahligem Form entspricht aber den analogen Gebilden des Stücks der Fig. 3 Taf. IV vollkommen.

Handelt es sich nun bei den fraglichen Bildungen überhaupt um „Lebens-Spuren“ oder kann auch eine anorganismische Entstehung in Frage kommen? Auf den ersten Blick könnte man wenigstens bei den dreistrahligem Formen an Netzleisten nach Trockenrissen denken, die möglicherweise nachträgliche Veränderungen ihres Querschnitts erfahren hätten, wie sie LINKE (1936) für Kriech-Spuren der Schnecken *Hydrobia* und *Littorina* beschrieben hat. Die halbkreisförmigen und S-förmig geschwungenen Bögen der meisten Spurenstücke lassen sich aber unmöglich auf Trockenrisse zurückführen, da sich Spannungsauslösungen an raumschwüngen Stoffen gesetzmäßig nur winkelig geradlinig auswirken (vgl. hierzu A. SCHWARZ 1937). Da eine andere anorganismische Bildung nicht denkbar ist, müssen die Spuren organismisch entstanden sein.

Da Körperfossilien ausscheiden, kann es sich nur um ein Spurenfossil, d. h. eine Lebens-Spur handeln. Die verschiedene Ausbildung auf den Schicht-Unter- und -Oberseiten läßt dabei, wie es KUHN für seine Spuren beschrieben hat, nur die Möglichkeit zu, daß der Erzeuger in den Ton-Zwischenschichten über und unter den Sandsteinbänken gelebt hat. Von dort stieß er im einen Fall (Unterseiten) zuweilen nach oben bis an die Grenze des Sandes vor, wobei der Sand dann von oben her den im Ton entstehenden Kriech-Gang ausfüllte, ähnlich wie dies WEISS für seine „Zopfswülste“ annimmt; im andern Fall (Oberseiten) bewegte sich der

Erzeuger ein kürzeres oder längeres Stück auf der Schichtgrenze Sand—Ton fort und hinterließ dabei Rinnen auf der Sandoberfläche, die vom Schlick ausgefüllt wurden. Bei den seltenen Leistenbildungen auf den Schicht-Oberseiten könnte der liegende, wassergesättigte Sand von unten in Hohlformen des Schlicks eingedrungen sein oder lägen Auftreibungen des Sandes selbst vor, wie sie WEISS für seine „Zöpfe“ auf Schicht-Oberseiten angibt. Die eigentümlich „abgequetschten“ Formen mancher Spurenstücke, die besonders auf den Schicht-Unterseiten auffällt, läßt sich vielleicht auf ein Nachgeben des noch weichen Ton-Untergrunds zurückführen.

Begrifflich handelt es sich bei den vorliegenden Lebens-Spuren also um „Tunnel“, die innerhalb des noch unverfestigten Ton-Sediments gezogen wurden und zuweilen die oben und unten von Ton eingeschlossene Sandbank berührten; dies läßt auch die erwähnte nachträgliche Durchschneidung vorher vorhandener anderer Lebens-Spuren (Fährten) auf den Schicht-Unterseiten erkennen.

Über die Art des Erzeugers, für den nur ein vagiles, sedimentdurchwühlendes Tier (Wurm? Amphipode? Mollusce?) in Frage kommt, kann, wie schon KUHN a. a. O. bemerkte, nichts Bestimmtes ausgesagt werden; in Berücksichtigung der zuweilen auftretenden scharfen Knicke dürfte es sich nicht um ein langes Tier gehandelt haben. Rezent Vergleichs-Spuren ließen sich nicht ermitteln; im äußeren Duktus (stückweise, halbkreisförmig und unregelmäßig geschlängelt) ist nur, ohne daß daraus ein Schluß gezogen werden soll, eine von BANZHAF 1936 veröffentlichte Kriech-Spur der Kugelmuschel *Sphaerium* verblüffend ähnlich. Hinsichtlich des Lebensraums, in dem der Erzeuger gelebt hat, ist darauf zu verweisen, daß KUHN die *Acrodus*-Bank des Gipskeupers, in der seine ähnlichen Spuren vorkommen, als „marin“ anspricht. Der Spuren-Typ kommt auch im Unteren Keuper vor; ich fand ihn im Lettenkohlen-Sandstein von Großaltdorf bei Gaildorf. Auch der Raet-Sandstein von Tübingen enthält ähnliche Spuren.

B. 9. *Limuludichnus variabilis* nov. gen. nov. sp.

(Taf. V Fig. 1; 2; Taf. VII Fig. 1; Abb. 2.)

In dem verlassenen Bruch „Im Finkenstecken“ bei Sternenfels lagerte eine größere Zahl 15—20 cm starker Sandsteinplatten, die auf ihrer Unterseite neben schönen Strömungs-Rippeln und den „bogenförmigen Spuren“ des Abschn. B. 8 einige besonders bemerkenswerte Lebens-Spuren aufwiesen. Das Material, ein sehr feinkörniger licht-grünlicher Sandstein, der auf der Unterseite von einer dunkleren glimmerreichen Haut überzogen ist, entstammt den obersten Lagen des Bruchs, unmittelbar unter den „Dunklen Mergeln“ und über einer etwa 3 m mächtigen

grauvioletten Ton-Einschaltung, die lagenweise reichlich *Estherien* führt. Die völlig waagrechten Sandsteinbänke sind durch 1—2 cm starke gelbliche Tonbänder getrennt; ob die Ausgüsse der Spuren, die auf diesem Ton erzeugt worden sein müssen, auf der Unterseite aller oder nur bestimmter Bänke vorkommen, ließ sich nicht mehr feststellen. Auch konnte nur ein Teil der schweren Platten geborgen werden, vieles war auch schon durch Bearbeitung zerstört.

Das schönste Stück zeigt Taf. V Fig. 1. Die Spur muß ursprünglich in einem zusammenhängenden Zug oder in mehreren Zügen vorgelegen haben, da sie sich auf verschiedenen Platten zeigte. Auf diesen fanden sich neben der Hauptspur noch zahlreiche andere Kleinspuren, wie sie auch auf Fig. 1 Taf. V zu erkennen sind und dort die Hauptspur z. T. nachträglich kreuzen. Die Ausmaße der Hauptspur sind: Gesamtlänge auf dem vorliegenden Stück 68 cm, Breite in der Mitte gemessen 63 mm.

Systematisch handelt es sich um eine „zusammengesetzte Fährte“, die sich aus einer „Lauf-Fährte“ und einer „Schlepp-Spur“ zusammensetzt. Die Lauf-Fährte zeigt in zwei Lateralzügen zahlreiche, merkwürdig „batzig“ erhaltene Ausgüsse von Extremitäten-Eindrücken, die in den beiden Zügen verschieden angeordnet sind. Während sie im oberen Zug $\pm$ deutlich in transversalen Reihen zu vieren stehen, sind sie im unteren Zug dicht zusammengedrängt, ohne daß sich eine Ordnung erkennen ließe; nur der äußerste Eindruck tritt ziemlich regelmäßig schräg seitwärts heraus. Im unteren Zug sind nach den jetzigen Ausgüssen die Eindrücke auch durchschnittlich tiefer gewesen als im oberen. Das Tier, das die Fährte erzeugt hat, beschrieb, wie der bogenförmige Verlauf der Spur erkennen läßt, an der Stelle eine Kurve; dabei wurden seine Extremitäten innen zusammengedrängt, während sie außen auseinandertraten. Das Tier muß bei dieser Bewegung eine schräge Haltung eingenommen haben, mit der es sich in die Kurve legte, wodurch die Extremitäten-Eindrücke innen tiefer wurden, während die Extremitäten im äußeren Bogen den Grund vielfach kaum mehr berührten. Die scharf durchgezogene Schlepp-Spur, die von vornherein auf einen unpaaren Körperfortsatz bezogen werden muß, liegt auf dem Stück Taf. V Fig. 1 nicht in der Median-Achse der Lauf-Fährte, sondern schwingt links oben aus dieser hinaus, worauf sie sich schräg durch die ganze Breite der Lauf-Fährte bis an deren unteren Rand zieht. Dabei läßt der Ausguß erkennen, daß innerhalb der Fährtenbahn der Schleppspur-Eindruck senkrecht von oben, außerhalb aber mehr schräg seitlich von einem starren Körper erzeugt worden sein muß. An anderen Stücken des Spurentyps war festzustellen, daß die Schlepp-Spur aussetzen und somit streckenweise fehlen kann (z. B. Taf. VII Fig. 1 am rechten Rande); schließlich kommt sie auch isoliert vor (Taf. VII Fig. 1

Mitte). Die eigentliche Form der einzelnen Extremitäten-Eindrücke ist, wie sich auf Taf. V Fig. 1 an einzelnen Stellen, auf andern Stücken aber häufiger erkennen läßt, ursprünglich V- oder hakenförmig gewesen. Der Körper des Tiers muß hoch getragen worden sein, da er keinen Eindruck hinterließ.

Die Vielzahl und die Anordnung der Extremitäteneindrücke schließt ebenso wie ihre V-förmige Urform eine Beziehung der Fährte auf Tetrapoden aus. Der Erzeuger ist mit Sicherheit in der Klasse der Arthropoden zu suchen; so ähnelt die einfache Lauf-Fährte weitgehend manchen veröffentlichten Crustaceen-Fährten (vgl. z. B. der von BILL 1914 Taf. X Fig. 5 abgebildeten Buntsandstein-Fährte). Eine Beziehung auf einen reptanten Krebs läßt aber die akzessorische Schlepp-Spur nicht zu, die nur auf ein starres, pfriemenförmiges Organ bezogen werden kann. Die Kombination der zahlreichen V-förmigen Extremitäteneindrücke mit der dünnen Schlepp-Spur führt eindeutig auf die Xiphosuren, die 5—6 Paar Schreitbeine mit Scheren-Enden und einen starren, wie in einem Kugelgelenk beweglichen Schwanzstachel (Telson) besitzen. Über die Fortbewegungsweise dieser urtümlichen, bald zu den Crustaceen i. e. S., bald zu den Arachniden, heute meist für sich gestellten Arthropoden-Gruppe, die rezent noch durch mehrere Arten und Unterarten der Pfeilschwanz-Krebse *Limulus* MÜLLER vertreten ist, liegen einige neue Veröffentlichungen vor.

Vor allem hat DELO (1935) Beobachtungen über die Fortbewegung des heute lebenden erwachsenen *Limulus polyphemus* L. bekanntgegeben, deren Ergebnisse RUD. RICHTER 1938 in einem Referat zusammenfaßte. Die gewöhnliche Fortbewegung des erwachsenen *Limulus polyphemus*, auf den allein sich die Angaben beziehen⁴², erfolgt durch ein hochbeiniges Schreiten über den Grund, das durch schnelleres Arbeiten der Beine jederzeit in Schwimmen übergehen kann, und zwar oft nur auf einer Seite des Körpers. Auf solchen Strecken bleiben in der Fährte die Eindrücke der Beine aus, auf beiden Seiten oder nur einseitig; im ersten Fall erhält sich

⁴² Die heute lebenden *Limulus*-Arten scheinen sich in der Lebensweise zu unterscheiden. Der von DELO geschilderte „Schreitgang“ wurde nur bei *L. polyphemus* und bei diesem wieder nur bei erwachsenen Tieren, ferner nur in flachem Wasser und am Strande beobachtet, vor allem wenn die Tiere zur Laichzeit an Land gingen; wie sie sich in tieferem Wasser verhalten, ist unbekannt. *L. moluccanus* L. soll auch außer der Laichzeit nachts an Land gehen, ebenso die japanische Unterart *Carcinoscorpius*, die an sich nur in sehr flachem Wasser lebt und angeblich dort ihren Schwanzstachel aus dem Wasser hebt. Das Vermögen, in den Kiemenkammern Wasser zu speichern, ermöglicht den Pfeilschwanzkreben ohne Schaden einen längeren Aufenthalt in der Luft. Sachliche Angaben nach GERHARDT in KÜKENTHAL-KRUMBACH, Handbuch.

unter Umständen die Schlepp-Spur des Schwanzstachels allein. Auch der Cephalothorax (und manchmal das Abdomen) kann mit seinem Rand den Boden hier und da berühren, und zwar ebenfalls oft nur einseitig. Schließlich erscheint die Schlepp-Spur der Fährte oft seitlich versetzt oder vorübergehend unterbrochen, so lange der Stachel hochgetragen wird. Auf längere Strecken fehlt aber nach DELO bei *Limulus polyphemus* die Schwanz-Spur nicht.

Das vorliegende Fährten-Relief entspricht der Beschreibung DELO's weitgehend. Auf dem Stück Taf. V Fig. 1 läuft die Schlepp-Spur durch und führt oben links nur so weit aus der eigentlichen Fährtenbahn hinaus, wie es nach den Körperverhältnissen der heutigen Limuliden möglich wäre. Auf dem Stück der Taf. VII Fig. 1 berührte in der fragmentarischen gleichartigen Schreit-Spur (am rechten Rande der Figur) der Stachel nur stellenweise den Grund, so daß die Schlepp-Spur unterbrochen ist, links unten fehlt die Schlepp-Spur in einer angedeuteten Spur ganz, und quer über die Platte läuft die Schlepp-Spur begleitet, von dünnen parallelen Strichen, isoliert. Diese Spur ist als reine „Schwimm-Spur“ aufzufassen, wie es sich ja überhaupt durchweg um Unterwasser-Spuren handelt, bei deren Erzeugung der vermutete Xiphosure, wahrscheinlich ein *Limulus*, wie seine heutigen Artverwandten teils auf dem Grund geschritten, teils nahe über dem Boden geschwommen ist. Auch die verschiedentlich auf den Sternenfels-Spurenplatten zu beobachtenden parallelen Doppelkratzer sind Schwimm-Spuren, bei denen das Tier mit den Enden seiner Beine eben noch den Grund streifte. Die Vielzahl und Vielfältigkeit der Spuren zeigt, daß sich an der Stelle eine Wasseransammlung befunden hat, in der sich die Tiere längere Zeit in der verschiedensten Weise bewegt haben.

Im einzelnen weicht die Form und Erhaltung der in Taf. V Fig. 1 abgebildeten, auf *Limulus*-artige Xiphosuren zurückgeführte Spur von den seither bekannten fossilen *Limulus*-Fährten in mancher Hinsicht ab. Bei diesen wurde verschiedentlich das zugehörige Tier selbst fossil am Ende der Fährte gefunden, so daß deren Deutung außer Zweifel steht, z. B. bei *Psammolimulus gottingsensis* W. LANGE aus dem Buntsandstein (Textabb. 2 lit. a nach M. SCHMIDT 1938) und besonders häufig bei *Limulus walchi* DESM. aus dem Solnhofer Plattenkalk. Die Solnhofer *Limulus*-Fährten sind aber sehr unregelmäßig; es handelt sich hier offenbar um Fährten von Tieren, die nicht mehr unter Wasser „hochbeinig schritten“, sondern sich auf dem trocken-fallenden zähen Strandschlamm nur noch mühsam weiterschleppten, bis sie auf ihm erstickten (es haben sich Beispiele dieses Todeskampfes

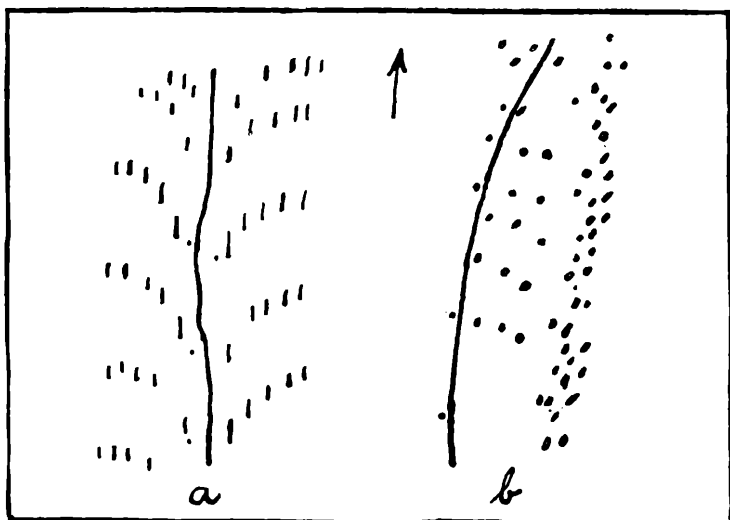


Abb. 2. Lit. a. Fährtenzug von *Psammolimulus gottingensis* W. LANGE aus dem Buntsandstein (nach M. SCHMIDT 1938); Maßstab 1 : 1. Lit. b. Ausschnitt aus der Fährte *Limulodichnus variabilis* n. g. n. sp. aus dem Schilfsandstein von Sternenfels, Taf. V, Abb. 1, Maßstab 1 : 3,5. Der Pfeil zeigt die Bewegungsrichtung der beiden Fährten.

erhalten)⁴³. Die *Psammolimulus*-Fährte veranschaulicht die regelmäßige Form einer Limuliden-Fährte besser. Bei ihr stehen die Extremitäteneindrücke zu fünfen (das Tier trat also mit 5 Beinpaaren auf) in schräg vorwärts geschwungenen Reihen gegenständig zu beiden Seiten der Medianachse der Fährte; die Schlepp-Spur des Stachels liegt in der Mitte. Die Form schließt sich gut an eine von CASTER (1938) rekonstruierte, ebenfalls auf einen Xiphosuren bezogene Fährte *Paramphibius didactylus* WILLARD aus dem pennsylvanischen Ober-Devon⁴⁴ an, doch trat deren zugehöriges Tier („*Protolimulus*“) noch mit 6 Beinpaaren auf, wobei die V-förmigen Eindrücke der ersten 5 Paare ebenfalls in transversalen Reihen angeordnet sind, während das besonders wichtige 6. Beinpaar, auf das noch mehrfach zurückzukommen sein

⁴³ In der wirren Anordnung der Einzeltritte ähneln die Fährten von *Limulus walchi* DESM. den von CASTER (1938 Taf. 12, 13) mit Jungtieren des *L. polyphemus* experimentell erzeugten Fährten. Auch diese Fährten entstanden über Wasser, während es sich bei den Schilfsandstein-Fährten um Unterwasser-Spuren handelt, wie bei den meisten fossilen Xiphosuren-Fährten.

⁴⁴ Da sich die ungemein konservative Tiergruppe der Xiphosuren im Lauf der Erdgeschichte offensichtlich in den Hauptmerkmalen nur wenig verändert hat, ist es durchaus möglich, auf die durch reiches Material belegte und gründlich analysierte paläozoische *Paramphibius*-Fährte Bezug zu nehmen.

wird, in Richtung der Vorwärtsbewegung durch die Reihen der Eindrücke der andern Beinpaare hindurch nachgezogen wurde. Die zunächst abweichend erscheinende Form der allgemein ebenfalls auf einen Xiphosuren der U. O. „*Limulida*“ (RUD. & E. RICHTER⁴⁵) zu beziehenden Schilfsandstein-Fährte Taf. V Fig. 1 führe ich auf zwei Umstände zurück: Die besondere Bewegung des Tieres in der Horizontalen, sowie auf eine besondere Beschaffenheit des einstigen spurenempfangenden Untergrunds. Wie erwähnt, bewegte sich das Tier an der Stelle in einer Kurve; es lag dabei nicht waagrecht, sondern nach innen geneigt; daher sind hier die Extremitäten-Eindrücke zusammengedrängt und tiefer. Auf der Außenseite des Bogens aber stehen auch bei dieser Fährte die Eindrücke einigermaßen in transversaler reihenförmiger Anordnung⁴⁶; allerdings lassen sich als zusammengehörig in der Reihe jeweils nur 4 Eindrücke feststellen. Dies ist auffällig, da der rezente *Limulus polyphemus* in der Regel mit 5 Beinpaaren auftritt⁴⁷. Tatsächlich aber lassen sich an andern Stücken des Spurentyps der Fig. 1 Taf. V auch 5 Eindrücke in der Reihe beobachten, so daß anzunehmen ist, daß bei dem abgebildeten Stück nur infolge der schrägen Körperlage des Tieres der normalerweise am weitesten außen aufgesetzte Fuß des Tieres den Grund nicht mehr erreichte. Unter Berücksichtigung dieser besonderen Verhältnisse stimmt also die abgebildete Spur grundsätzlich mit der *Psammolimulus*-Fährte von W. LANGE überein. — Die Schlepp-Spur des Schwanzstachels schwingt auch nur an dem abgebildeten Kurvenstück, dessen unmittelbare Fortsetzung sich nicht mehr auffinden ließ, aus der Schreitfährte hinaus, an andern Stücken des Spurentyps lag sie, soweit sie überhaupt

⁴⁵ RUD. & E. RICHTER teilen die Unterklasse *Xiphosura* der *Arachnomorpha* in die Unterordnungen der (paläozoischen) *Synxiphosura*, für die u. a. pinselartige Fußenden bezeichnend sind, und der *Limulida*.

⁴⁶ CASTER bildet 1938 (z. B. Taf. 10 Fig. 1 und 5) ganz ähnlich rechts und links verschieden ausgebildete Fährtenzüge der Spur *Paramphibius* ab, bei denen die Tritte in der einen Lateralserie zusammengedrängt und in der andern reihenförmig auseinandergerückt sind. Es ist dies bei Arthropoden-Spuren, die auf Krebse zu beziehen sind, ebenfalls nicht selten. So erwähnt BILL 1914 S. 331 eine wahrscheinlich auf *Clytiopsis* zurückzuführende Crustaceen-Fährte aus dem Buntsandstein, bei der auf der einen Seite die Eindrücke „eine kontinuierliche Reihe“ bilden, während die auf der andern „zu je vier in kleinen Reihen angeordnet“ sind.

⁴⁷ Der rezente *Limulus* besitzt 6 Paar Extremitäten. Von diesen ist das erste Paar verkürzt und dient als Kieferklaue. Die übrigen 5 Fußpaare werden als Geh- (und Kau-) Extremitäten bezeichnet. Es wird angenommen, daß *Limulus* in der Regel auf 5 Beinpaaren geht, was aber nur von dem am meisten untersuchten *L. polyphemus* L. tatsächlich bekannt ist. Bei zwei Unterarten der rezenten Limuliden ist das 2. Beinpaar (also das 1. Geh-Beinpaar) geschlechtlich differenziert, indem es bei den Männchen Krallen statt der Scheren trägt. Es wäre denkbar, daß dieses

vorhanden war, zwischen den Lateralserien der Extremitäten-Eindrücke oder pendelte von der einen Seite zur andern. — Die eigentümlich batzige Form der einzelnen Eindrücke, die nur selten noch ihre V-förmige Urform erkennen läßt, ist vielleicht durch die ursprüngliche Beschaffenheit des Untergrunds bedingt. Es wird sich um einen ungewöhnlich zähen Tonschlamm gehandelt haben, der an den Beinen des Fährten-Erzeugers bei seinem „hochbeinigen Schreiten“ klumpig haften blieb und das Tier möglicherweise auch an der normalen Fortbewegungsweise behinderte⁴⁸. Die Schlepp-Spur des Stachels wurde gleichwohl scharf ausgeprägt, da sie ja nicht eingedrückt, sondern durch den Schlamm gezogen wurde.

Zu der Analyse des Fährtenstücks Taf. V Fig. 1 ist noch nachzutragen: Das Tier bewegte sich, wie aus den wenigen erkennbaren Schereneindrücken (Öffnung des V in Richtung der Bewegung) zu schließen ist, von links nach rechts. Die Schlepp-Spur des Stachels ist, unbeeinflusst von den Kämmen und Tälern der Rippeln, ziemlich gleichmäßig durchgezogen. Die Strömungs-Rippeln (Strömung nach Luv und Lee der Kämme von rechts nach links) müssen schon vorhanden gewesen sein, als die Fährte erzeugt wurde, da sonst der Fährtenzug als Ganzes verzerrt und jedenfalls das feine Relief der sonstigen Kleinspuren, die die Hauptfährte z. T. überschneiden, verwischt worden wäre. Die Konservierung der Spuren erfolgte wohl zunächst durch Einwehung des glimmerreichen Feinsandes, der heute mit dünner Haut die Unterseite der spurentragenden Sandsteinbank überzieht.

Schließlich sei noch eine weitere Xiphosuren-Fährte erwähnt, die ich im Schilfsandstein von Maulbronn ebenfalls in hoher Lage fand, aber nicht bergen konnte. Sie wies etwa dieselben Maße auf wie die Sternenfelsers Spur, zeigte aber zu beiden Seiten der Schlepp-Spur des Schwanzstachels in wülstigen Wellen fortschreitende Eindrücke der Extremitäten, wo-

Beinpaar bei bestimmten Xiphosuren nicht mehr oder nur noch wenig zum Gehen benützt wurde. — Das *Paramphibius*-Tier bewegte sich, wenn auch sehr schwach, auch noch auf dem 1. Beinpaar, das bei den heutigen Limuliden verkürzt ist. Möglicherweise wurde der in der *Psammolimulus*-Fährte (Textabb. 2 Fig. a) rechts und links der Schleppspur zuweilen zu beobachtende punktförmige Eindruck von dem verkürzten 1. Beinpaar erzeugt. Es würde dies der Lage des entsprechenden Tritts der *Paramphibius*-Fährte entsprechen.

⁴⁸ Die batzenförmigen Trittsuren der Fährte bzw. deren vorauszusetzenden ursprünglich unförmigen Eintiefungen sind tatsächlich sehr merkwürdig, zumal, wie auf Taf. V Fig. 1 zu erkennen ist, auch einzelne solche Batzen außerhalb der Fährte vorkommen. Es könnte daran gedacht werden, daß sich in den zunächst scharfen Eintritten nachträglich, als sie schon vom Sand überdeckt waren, Konkretionen gebildet haben. Freilich fehlen diese in der Schlepp-Spur und bei den Kleinfährten der Platte.

durch diese Spur einer von RUD. RICHTER (1941 b Abb. 12) veröffentlichten devonischen Xiphosuren-Fährte stark ähnelte (allerdings ohne deren Borstenrillen aufzuweisen⁴⁹), ebenso manchen Stücken der *Paramphibius*-Fährte (CASTER 1948 Taf. 9 Fig. 1). Die allgemein mit Xiphosuren, hier wahrscheinlich mit Limuliden, in Verbindung zu bringenden Arthropoden-Fährten variieren offenbar, wie das auch das ganze fossile und rezente Material CASTER's ausweist, je nach Bewegung des Tieres und Beschaffenheit des Untergrundes ungemain.

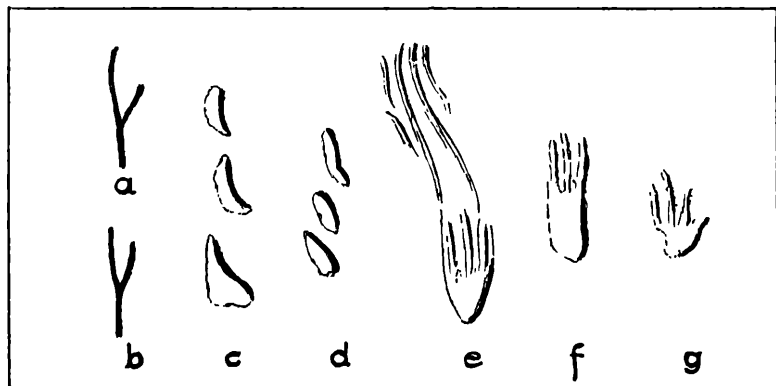


Abb. 3. Lit. a. Einzeltritt der Limuliden-Fährte aus dem Schilfsandstein von Sternenfels. Taf. V, Abb. 2. Lit. b. Einzeltritt der devonischen Fährte *Paramphibius didactylus* WILLARD („*Protolimulus*“). Lit. c. Hakenförmig-längliche Trittreihe der Limuliden-Fährte Taf. V, Fig. 2. Lit. d. Ähnliche Trittreihe der Fährte *Paramphibius didactylus* WILLARD. Lit. e. Unvollständige Tritt-Spur des 6. Fußes des Limuliden der Schilfsandstein-Fährte Taf. V, Fig. 2 (links) mit Schleif-Spur der 4 Griffel. Lit. f, g. Unvollständige Spuren des 6. Fußes des Limuliden der Schilfsandstein-Fährte Taf. V, Fig. 2. Lit. a—g. Maßstab 1 : 1.

Daher ziehe ich auch noch die besonders interessante Fährte Taf. V Fig. 2 von Sternenfels hierher, obwohl sie auf den ersten Blick mit der Fährte Taf. V Fig. 1 wenig Ähnlichkeit hat. Vor allem fehlt in der von links nach rechts ziehenden Spur, die als „Halbschwimm-Fährte“ anzusprechen ist, die Schlepp-Spur des Stachels, dagegen haben sich hier einzelne Eindrücke der Beine sehr deutlich erhalten; sie vermögen Besonderes auszusagen. Zunächst zeigen sich Formen, die manchen Teilstücken der CASTER'schen *Paramphibius*-Fährte nahezu gleichen (Textabb. 3 Lit. a—d); manche Tritte erinnern auch stark an die von STÖRMER (1934) aus dem Downton Spitzbergens beschriebene Xiphosuren-Fährte *Mero-stomichnites strandi*, so daß schon aus diesen Merkmalen die Beziehung

⁴⁹ Der Erzeuger dieser devonischen Fährte muß in der U.O. *Synxiphosura* der Xiphosuren gesucht werden.

der Schilfsandstein-Fährte auf einen Xiphosuren wahrscheinlich ist. Am wichtigsten sind aber stärkere Eindrücke, die mit ziemlich regelmäßigen Abständen langgestreckt hintereinander in der Bewegungsrichtung liegen (auf Taf. V Fig. 2 am besten links in der unteren Serie zu erkennen). Sie sind nicht V-förmig, bogenförmig oder gabelförmig wie die andern Tritte, sondern plump abgeflacht, walzenförmig und zeigen als Ausgüsse einstiger Rillen bis zu vier scharfe, nahezu parallele Grate an dem in die Bewegungsrichtung weisenden Ende (Textabb. 3 lit. e, f); diese Grate setzen sich als Ausgüsse einstiger Kratzer an einem Eintritt auch noch über die Tritt-Spur hinaus fort (Textabb. 3 lit. e) und kommen auch isoliert vor (lit. g). Es handelt sich bei diesen Spurenteilen mit größter Wahrscheinlichkeit um Abdrücke (nicht Auftritte!) des 5. Gehfuß-Paares (des 6. Extremitäten-Paares) eines mutmaßlichen Limuliden. Dieses letzte Beinpaar ist bei allen Limuliden am stärksten ausgebildet und trägt in einigem Abstand über den klauenartig spitzen Scheren-Enden als Anhänge vier flache abspreizbare Griffel (vgl. Textabb. 5 lit. a, b), die nach CASTER auch schon das *Paramphibius*-Tier „*Protolimulus*“ besessen hat (und zwar fünf). Die Funktion dieser „Pusher blades“, Stoßblätter, ist für die erwachsenen rezenten Limuliden umstritten; dagegen setzen nach CASTER die Jungtiere des lebenden *Limulus polyphemus* L. regelmäßig dieses letzte Beinglied unter Spreizung der Griffel in ganzer Länge auf, wodurch eine sehr bezeichnende mehrstrahlige, gestielte Tritt-Spur entsteht (Textabb. 5 lit. b, c). Bei der Fährte von Sternenfels sind aber die Griffel nicht gespreizt worden, das Tier drückte vielmehr einen längeren Teil des 6. Fußes mit ungespreizten Griffeln ab, wodurch die starken, langgezogenen Eindrücke erzeugt wurden; zuweilen streiften die (herabhängenden?) Griffel auch allein den Grund und hinterließen dabei die $\pm$ parallelen Kratzer (Textabb. 3 lit. e, g), die sich auch sonst auf den Sternenfelser Spurenplatten zeigen. Ob der vorausgesetzte *Limulus* der Fährte Taf. V Fig. 2 nur ausnahmsweise in der beschriebenen Weise auftrat oder ob es sich um eine spezifische Eigenschaft des Erzeugers handelt, ist nicht zu klären⁵⁰. Jedenfalls weist gerade die Vielfältigkeit der in der Fährte vereinigten Tritt-Spuren auf einen Xiphosuren hin; vor allem gilt dies für die gerillten Eindrücke. —

⁵⁰ Der erwachsene rezente *Limulus polyphemus* L. scheint nach allen Beobachtungen die „Griffel“ des 6. Beinpaars bei seinem „hochbeinigen Schreiten“ nie zu spreizen, so daß die entsprechenden Abdrücke in den zugehörigen Fährten fehlen. Doch beziehen sich alle Beobachtungen auf Strand oder Seichtwasser; wie sich *L. polyphemus* in tieferem Wasser bewegt, ist nicht bekannt. Ob sich schließlich die verschiedenen Unterarten und Arten des rezenten *Limulus* in der Benützung der Griffel verschieden verhalten, ist nicht festzustellen. Nach manchen Autoren sollen

Pfeilschwanz-Krebse, die den heute lebenden Limuliden schon sehr nahe stehen, sind aus der germanischen Trias mehrfach beschrieben worden. Die wenigen Fundstücke verteilen sich dabei auf verhältnismäßig viele Arten; dies liegt daran, daß sich gerade Limuliden schlecht erhalten⁵¹. Im ganzen müssen die durch die Limuliden vertretenen Xiphosuren aber in der Triaszeit in ziemlicher Blüte gestanden sein. MARTIN SCHMIDT zählt (1928 und 1938) 8 Arten *Limulus* und *Psammolimulus* auf, von denen 2 auf den Muschelkalk, 4 auf den Buntsandstein und 2 auf den Oberen Keuper entfallen. Das Vorkommen im Mittleren Keuper (Schilfsandstein) zeigt, wie einheitlich die Fauna der kontinentalen Trias in manchen Zügen vom Buntsandstein bis zum Ende der Periode bleibt. Die beschriebenen Trias-Formen sind allerdings durchweg kleiner als die aus den Schilfsandstein-Fährten zu erschließenden Tiere. Nimmt man nach den rezenten Limuliden an, daß auch bei den Trias-Limuliden im allgemeinen der Cephalothorax etwas breiter war als die von den Tieren erzeugte Lauf-Fährte, so ergibt sich für den Erzeuger der Fährte Taf. V Fig. 1 ein mindestens 70 mm breiter Kopfbrustschild, während die bisher größten durch Körperfossil-Funde belegten triassischen Arten, *Limulus vicensis* BLEICHER und *Limulus bronni* SCHIMP., eine Breite von höchstens 40 mm aufweisen. FRENTZEN (1931) hat aber in Übereinstimmung mit andern Autoren darauf hingewiesen, daß es sich bei den meisten bisher bekannten triassischen *Limulus*-Fundstücken um Jugend- oder Kümmerformen handle, die unter ungünstigen Verhältnissen gelebt hätten; möglicherweise handelt es sich bei den vielfach recht unvollkommen erhaltenen Stücken auch um Exuvien. Die Größe der beschriebenen Schilfsandstein-Fährten dürfte also ihre Beziehung auf einen Xiphosuren der U. O. *Limulida* nicht ausschließen. Die von KIRCHNER (1923) im Anschluß an STROMER von REICHENBACH gegebene Feststellung, „daß die die Stoßblätter vor allem zum Graben im Sand, nach andern zum Klettern (?) benutzt werden (nach GERHARDT in KÜKENTHAL-KRUMBACH, Handbuch).

⁵¹ Die Limuliden haben einen viel zarteren Panzer als es äußerlich den Anschein hat. STROMER (1934) und ABEL (1931) haben auch besonders darauf hingewiesen, daß gerade Limuliden-Kadaver durch aassfressende Würmer usw. in kurzer Zeit völlig zerstört würden; eher könnten sich Exuvien erhalten. — J. WALTHER hält (1893/94 S. 201 und 675) nach rezenten Beobachtungen alle Krebspanzer wegen ihrer „zelligen Struktur“ und, weil die Schalen durch andere Krebse zerbissen werden, grundsätzlich für wenig erhaltungsfähig; daher rühre die Seltenheit von Krebsresten in marinen Ablagerungen, obwohl anzunehmen sei, daß in den vergangenen Meeren wie in den heutigen Krebse in Scharen gelebt hätten. Damit mag es zusammenhängen, daß auch verhältnismäßig viele Crustaceen-Fährten bekannt sind zu denen die Tiere fehlen. DEECKE (1923 S. 116) hält dagegen — wohl unrichtigerweise — Krebspanzer für „recht gut zu jeder Art von Erhaltung“ geeignet.

Limuliden im Laufe der Erdgeschichte an Größe zunehmen“, und daß vor allem in der Trias noch kein *Limulus* vorkäme, „der die Größe der jurassischen, geschweige der rezenten erreicht“, muß dann freilich, wie ich schon 1943 (b) bemerkte, etwas berichtigt werden.

Die heutigen Limuliden sind überwiegend Schelfsee-Bewohner und leben auf dem Schlammgrund der Seichtwasser-Zone und der Delta-Einmündungen tropischer und subtropischer Meere⁵²; ihre Nahrung besteht hauptsächlich aus Würmern und Weichtieren. Für die triassischen Vertreter machte STROMER von REICHENBACH (1907) darauf aufmerksam, daß die meisten Funde in Süßwasser- oder Brackwasser-Bildungen oder Ablagerungen von Binnenmeeren gemacht wurden. KIRCHNER (1923) und FRENTZEN (1931) schließen sich dieser Ansicht an und halten die Muschelkalkstücke für eingeschwemmt⁵³. Im oberen Schilfsandstein von Sternenfels und Maulbronn dürfte in Berücksichtigung der begleitenden zahlreichen sonstigen Spuren am ehesten an brackische Verhältnisse zu denken sein. Die Vielzahl der auf Limuliden bezogenen Fährten läßt einen ursprünglichen Lebensraum mit reicher Besetzung erkennen; dieser ist nach den ganzen Verhältnissen als flaches, ziemlich landfernes Gewässer (Fehlen jeglicher Pflanzenreste!) mit schlammigem Grund und reichem Kleintierleben zu denken.

Für ± ähnliche paläozoische Arthropoden-Fährten, die allgemein auf Merostomen bzw. Xiphosuren bezogen werden, liegt eine Reihe von Benennungen vor wie *Paramphibius*, *Merostomichnites*, *Protichnites*; da alle diese „Gattungsnamen“ bestimmte Formen bedeuten, können die beschriebenen Schilfsandstein-Fährten bei keinem dieser „Genera“ untergebracht werden. Für die mesozoischen Limuliden-Fährten von *Psammolimulus gottingensis* W. LANGE und *Limulus walchi* DESM. bestand zunächst kein Bedürfnis einer Benennung, da die Fährten im Zusammenhang mit den zugehörigen Tieren gefunden wurden. Paläichnologisch scheint es aber wünschenswert, für isoliert vorkommende derartige, auf Schreit-Fährten erwachsener Limuliden zu beziehende Spuren eine Bezeichnung zu haben. Ich belege die Fährtenform daher mit dem Gattungsnamen

Limuludichnus n. g.

(= Limuliden-Spur) und gebe für sie folgende Diagnose: „Bei Vollständigkeit aus einer Lauf-Fährte und einer Schlepp-Spur zusammengesetzte,

⁵² Die Unterart *Carcinoscorpius* geht im Golf von Bengalen weit in die Flußmündungen hinein und wird auch noch in völlig ausgesüßtem Wasser angetroffen.

⁵³ H. SCHMIDT schreibt 1935 S. 111 sogar ohne Einschränkung: „Bis zum Oligozän waren die Limuliden limnisch.“ Dies dürfte übertrieben sein. Dagegen

allgemein auf Schreit-Fährten erwachsener Limuliden bezogene, zusammengesetzte, sehr variable Arthropoden-Fährten, mit zahlreichen Extremitäteneindrücken, die in 2 Lateralserien $\pm$ deutlich in transversalen Reihen bis zu fünfien stehen, aber auch durcheinanderlaufen oder wellenförmig fortschreiten, auch nur einseitig auftreten können. Form der Extremitäteneindrücke V- oder haken- oder gabelförmig, in der Bewegungsrichtung geöffnet; einzelne mehrrillige Eindrücke (Spuren des 6. Beinpaars) kommen vor. Schlepp-Spur dünn, gleichmäßig, durchlaufend oder aussetzend; sie kann auch aus der Fährtenbahn hinausschwingen und isoliert als Schwimm-Spur auftreten.“

Genotypus ist der beschriebene

Limuludichnus variabilis n. sp.

aus dem oberen Schilfsandstein von Sternenfels. Als Typus gilt (soweit hier von einem solchen gesprochen werden kann) das Stück Taf. V Fig. 1. Das Stück Fig. 2 ist Paratypoid und zeigt eine Halbschwimm-Fährte ohne Schwanzstachel-Spur mit unregelmäßigen und z. T. mehrrilligen Eindrücken (Spuren des 6. Beinpaars); Taf. VII Fig. 1 gibt in der Mitte eine reine Schwimm-Spur (Schlepp-Spur des Stachels), am rechten Rand das Bruchstück einer Schreit-Fährte mit aussetzender Schwanz-Spur wieder. Ähnliche auf Xiphosuren, enger Limuliden, zu beziehende postpaläozoische Arthropoden-Fährten können nun unter dem Gattungsnamen *Limuludichnus* untergebracht werden.

B. 10. *Limuludichnulus gracilis* n. sp.

(Taf. VI; Abb. 5, 6; Taf. VII Fig. 2.)

Die interessanteste Fährte der ganzen Aufsammlung fand sich im nördlichen Bruch von Freudenstein bei Maulbronn auf einem Stoß abgerutschter Platten, die mit den „Pappdeckelsandsteinen“ R. LANG's (1910) verglichen werden können. Es sind papierdünn geschichtete, völlig plane, feinkörnige, glimmerreiche Sandschiefer, die im oberen Drittel des Bruchs örtlich bis etwa 1,5 m Mächtigkeit anschwellen. Ihre Bildung ist ein Problem für sich; handelt es sich doch um eine Abfolge von etwa 1800 durchschnittlich kaum 1 mm starken waagrechten Schichtblättern, die sich heute nur stellenweise in Platten trennen, im übrigen aber im Querbruch durch durchlaufende Linien angedeutet sind. Man ist bei dieser

spricht schon das Vorkommen von *Limulus* im Voltziensandstein des Elsaßes (BILL 1914) zusammen mit *Myophoria*, *Aracula*, *Pecten*; Einschwemmung ist unwahrscheinlich, da die auf Taf. X Fig. 5 abgebildete Arthropoden-Fährte ziemlich sicher auf Limuliden zu beziehen ist. Auch der *Limulus walchi* DESM. aus dem Solnhofen Plattenkalk steht der Auffassung SCHMIDT's im Wege.

Feinschichtung versucht, an irgendeine Art rhythmisch bedingter Sedimentation zu denken. Jahreszeitliche Sedimentation scheidet bei der geringen Mächtigkeit des jeweils abgelagerten Materials aus; vielleicht erzeugten hier regelmäßige Winde den vorauszusetzenden Rhythmus, der stoßweise Feinmaterial in eine flache Wasseransammlung brachte⁵⁴. Jedenfalls wechselte, wie an der verschiedenen Farbe zu erkennen ist, das Sedimentations-Material; für ein regelmäßiges Trockenfallen in einem ganz flachen Auslaufbereich einer Wasseransammlung fehlen alle Anzeichen (z. B. Riesel-Marken). Abgesehen von den seltenen Spuren sind die Platten völlig fossilleer, doch ließ eine freundlicherweise von K. FEFEL, Stuttgart, besorgte Schlämmanalyse noch einen unerwartet hohen Gehalt an äußerlich nicht erkennbarem, feinst zerriebenem pflanzlichen Detritus erkennen.

Die Fährte Taf. VI liegt auf zwei großen, ursprünglich zusammengehörigen Platten vor; auf beiden ist das einst sehr scharf ausgeprägt gewesene Relief der als Ausguß erhaltenen Spuren durch Übereinanderrutschen des Schichtenstoßes etwas abgerieben. Ein schlechtes Stück desselben Fährtentyps fand sich in analogen Sandschiefern des südlichen Freudensteiner Bruchs. Außer der in Frage stehenden Fährte zeigen die beiden Platten des nördlichen Bruchs noch feine, unregelmäßig gekrümmte Kleinspuren, die sich aus hintereinandergereihten rundlichen Grübchen bzw. deren Ausfüllungen zusammensetzen; gegen eine Deutung als anorganismische Roll-Spuren spricht der gekrümmte und verschlungene Verlauf dieser Spuren.

Neben den offenliegenden Fährten weisen die beiden Platten des nördlichen Freudensteiner Bruchs je noch eine verdeckte Fährte des Haupttyps auf, die etwa zwei Schichtlamellen höher eingetreten wurde und nun durch das bedeckende Sediment nur mit Teilen erkennbar ist (Taf. VI links). Die offenliegende Fährte ist auf der nicht abgebildeten Platte 45 cm, auf der abgebildeten 34 cm lang (Taf. VI); die erste Platte läßt die Anordnung der Tritte besonders klar erkennen, während auf der zweiten Einzelheiten schärfer ausgeprägt sind. Die Fährte hat durchweg eine Breite von 41 mm und besteht aus zwei Lateralserien von je vier

⁵⁴ REIFF denkt sich die Entstehung derartiger Feinschichtung ähnlich (1938 S. 80). — Wenn es in der sicher ganz oder fast ganz abgeschlossenen Schilfsandstein-Sedimentationsmulde überhaupt möglich wäre, müßte man bei diesen Feinschichtungen an die letzte Auswirkung von Gezeiten denken. So auch bei einer auffallenden Folge von etwa 200 je 2 cm starker, von Wellenschlägen bewegter Plättchen in dem Werksteinbruch von Derdingen. Die Entstehung derartiger örtlich beschränkter regelmäßiger Schichtfolgen, bei denen sich derselbe Sedimentationsvorgang mit kurzen Intervallen hundertmal wiederholt haben muß, läßt sich gerade bei den fluktuierenden Verhältnissen der Schilfsandsteinbildung schwer verstehen.

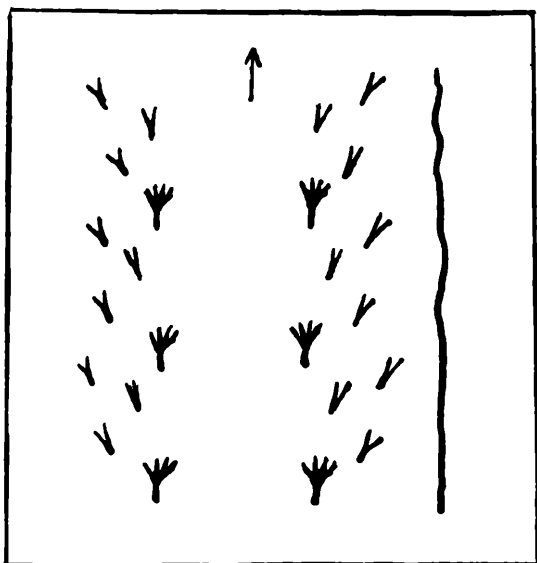


Abb. 4. Rekonstruierte vollständige Fährte *Limuludichnus gracilis* n. sp. aus dem Schilfsandstein von Freudenstein Taf. VI. Rechts Schlepp-Spur. Maßstab 1 : 1. Der Pfeil zeigt die Bewegungsrichtung.

sich gegenständig, in regelmäßiger Ordnung wiederholenden Extremitäteneindrücken; die rechte Serie ist nur unvollkommen ausgeprägt. Rechts seitlich der Fährtenbahn verläuft auf beiden Stücken eine Schlepp- oder Schleif-Spur, die ohne Zweifel zu der Fährte gehört, deren Beziehung auf einen unpaaren Körperanhang (Schwanzstachel) zwar zunächst nicht so augenfällig ist wie bei der Schlepp-Spur Taf. V. Fig. 1 (*Limuludichnus* n. g.), da der Eindruck sehr flach und unregelmäßig ist. Von den vier Extremitäteneindrücken, die zusammen einen „Schritt“ bilden, sind drei Eindrücke spitz V-förmig, während der vierte, größte und durchschnittlich tiefste Eindruck zuweilen vier, in der Regel aber nur drei gabelförmige Spitzen zeigt und rückwärts stielartig verlängert ist. Daß die einzelnen Auftritte der Fährte wirklich gegenständig stehen, lassen gerade diese mehrgabeligen Eindrücke erkennen, zumal sie sich auch in der unvollkommen erhaltenen Lateral-Serie und in den verdeckten Fährtenzügen herausheben. Im einzelnen (Abb. 4) steht in jedem „Schritt“ der Fährte ein Tritt 1 außen schräg seitwärts heraus, die folgenden Tritte 2 und 3 sind halbschräg zur Längsachse und Bewegungsrichtung der Fährte eingestellt; der mehrgabelige Eindruck 4 liegt innen und weist in die Bewegungsrichtung. Die Schrittweite der vier Eindrücke beträgt zusammen ziemlich gleichmäßig 40—41 mm, entspricht also ungefähr der Breite der Fährte.

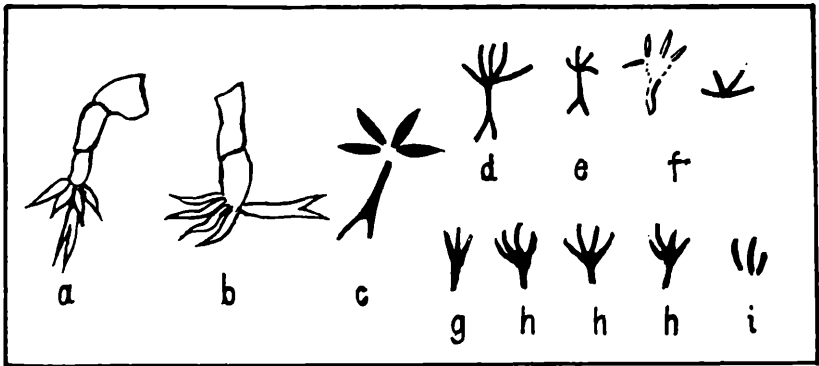


Abb. 5. Tritt-Spuren des 6. Fußes verschiedener Xiphosuren mit gespreizten Griffeln. Lit. a. 6. Fuß des rezenten *Limulus polyphemus* L. mit herabhängenden Griffeln. Lit. b Auftreten mit umgelegtem Scherenteil und gespreizten Griffeln. Lit. c dabei erzeugte Tritt-Spur (nach CASTER 1938). Lit. d. Entsprechende Tritt-Spur der devonischen Fährte *Paramphibius didactylus* WILLARD („*Protolimulus*“). Lit. e. Entsprechende vollständige Tritt-Spur der Fährte *Limuludichnulus nagoldensis* O. LINCK 1943 aus dem Buntsandstein. Lit. f fragmentarische entsprechende Tritt-Spuren dieser Fährte. Lit. g Entsprechende fragmentarische Tritt-Spur der Fährte *Limuludichnulus gracilis* n. sp. aus dem Schilfsandstein von Freudenstein. Lit. h bis auf den Scherenanteil vollständige Tritt-Spuren des 6. Fußes dieser Fährte. Lit. i Entsprechende fragmentarische Spur aus der Halb-Schwimmfährte Taf. VII Fig. 2. Alle Fig. natürliche Größe.

Von vornherein ist sicher, daß als Erzeuger auch dieser Fährte nur ein Arthropode in Betracht kommen kann. Das gesuchte Tier muß nach der ursprünglich randscharfen Erhaltung der Tritt-Spuren, die keinerlei Stauchung oder Schleppung erkennen lassen, zunächst seine seitlich heraustretenden Extremitäten jedenfalls nahezu senkrecht von oben aufgesetzt haben; dies läßt zusammen mit der Schrittlänge auf ein verhältnismäßig hochbeiniges Tier schließen, das nicht nieder „gekrochen“, sondern über die spurenempfangende Fläche $\pm$ flüchtig „gelaufen“ ist (Lauf-Fährte). Die eigentliche Körperlänge wird der Schrittlänge einigermaßen entsprochen haben, so daß es sich um ein ziemlich kurzes und breites Tier gehandelt haben wird. Dieses hat nach den sich wiederholenden 8 Eindrücken nur 4 Beinpaare aufgesetzt, sei es, daß weitere vorhandene Extremitäten nicht aufgesetzt wurden, sei es, daß das Tier tatsächlich nur 8 Beine hatte. Vonden aufgesetzten 4 Beinpaaren waren 3 mit Doppelkrallen oder schwachen Scheren bewehrt (V-förmige Eindrücke), während das letzte Paar mit Teilen ihrer anders gebauten Füße, die mehrgabeligen, gestielten Eindrücke erzeugte. Die Gabeläste dieser Tritte, die sich, wie schon erwähnt, durch Größe und Eindruckstiefe von vornherein aus dem Gesamt-Fährtenbild herausheben, laufen an der Basis z. T. spitzwinklig zusammen. z. T. stehen sie auch merkwürdig stumpfwinklig, etwa

wie die Zinken einer Gabel, von der Basis ab (Abb. 5 lit. g, h). Es könnte zunächst daran gedacht werden, daß bei den mehrgabeligen Tritts Spuren jeweils zwei Extremitäten ineinandergetreten worden wären. Das Ineinandertreten ist aber an sich bei Fährten von Arthropoden sehr selten, da deren Beine verschieden weit auseinanderstehen, auch wiederholt sich die gestielte Form so regelmäßig, daß diese Möglichkeit ausgeschlossen ist. Auch die Eindrücke 1—3 stehen nicht mathematisch gleich; wäre der Eindruck 4 tatsächlich ineinandergetreten, so könnte unmöglich immer eine derart einheitliche Form herankommen.

Nimmt man an, daß das fragliche Tier der Zahl der Extremitäteneindrücke entsprechend tatsächlich nur vier Beinpaare besessen hätte, so liegt eine Beziehung auf die Arachniden, auf Spinnen-Tiere oder Skorpione, nahe; ihre Wurzeln reichen ins Paläozoicum zurück, auch würde die oben abgeleitete Körpergestalt des gesuchten Tieres zu dieser Vorstellung passen. So hat ABEL (1935, S. 265) eine Doppelklauen-bewehrte „achtfüßige“ Fährte *Octopodichnus didactylus* GILM. aus dem Perm des Grand Canyon auf eine räuberisch lebende Walzen-Spinne (Solifuge) zurückgeführt, die in der Wüste des Coconino-Sandsteins ein ähnliches Leben geführt hätte wie die in heutigen Wüsten endemischen Vertreter der Gattung. Nun wären „wüstenartige Verhältnisse“ dicht neben den Gewässern der Schilfsandsteinzeit ähnlich wie im heutigen Lop-nor-Gebiet Zentral-Asiens vielleicht denkbar; aber die in Frage stehende Spur liegt wahrscheinlich auch als „Schwimm-Fährte“ vor (Taf. VII Fig. 2). Die Schilfsandstein-Fährte von Freudenstein unterscheidet sich von der amerikanischen „Spinnen-Fährte“ zudem dadurch, daß bei ihr die Tritte gegenständig, bei der Perm-Fährte aber versetzt stehen (woraus ABEL einen „Paßgang“ des Tieres ableitete); ebenso zeigte eine von mir beschriebene rezente Spinnen-Fährte (wahrscheinlich von *Tegenaria domestica* KOCH) versetzte Tritt-Spuren (O. LINCK 1942a, Abb. 12). Und mit welchem Körperteil könnte eine „Spinne“ die seitlich laufende Schleifspur der Freudensteiner Fährte erzeugt haben? Die heutigen Skorpione und Skorpions-Spinnen haben allerdings ein so langes Abdomen, daß sie mit dessen Ende zum mindesten zwischen den Lateralserien der Extremitäteneindrücke, vielleicht auch seitlich eine derartige Schleppspur hinterlassen könnten. Grundsätzlich aber läßt sich der mehrgabelige Tritteindruck mit der Vorstellung eines irgendwie gearteten Spinnen-Tieres nicht vereinbaren, da bei der ganzen Tierklasse mehr als zwei Kralen an einer Extremität nach unserer Kenntnis nicht vorkommen können⁵⁵.

⁵⁵ Alle diese Bedenken gelten auch für die Pantopoden, an die man theoretisch denken könnte, zumal sie seit dem Karbon bekannt sind. Die heutigen Pantopoden sind voll marin und leben in ziemlicher Wassertiefe.

Ähnliche Bedenken bestehen gegen die Zurückführung der Fährte auf eigentliche Crustaceen; sie ist von vornherein unwahrscheinlich. Die meisten Trias-Krebse hatten zwar ein langes Abdomen, das auf längere Strecken sicher nicht frei getragen werden konnte; aber so lang war dieses Abdomen nicht, daß es seitlich so weit herausgestreckt werden konnte, wie es die Schleif-Spur der Freudensteiner Fährte verlangt; auch trugen die Trias-Krebse große Schwimmblätter am Ende des Abdomens, die keine so dünne Spur hinterlassen konnten. Am ehesten könnten der Form nach die Eryoniden in Betracht gezogen werden, da diese ziemlich breit gebaut sind und vier Scherenpaare haben, von denen aber das vorderste nicht zum Gehen benützt wird. Die Eryoniden sind aber wie alle reptanten Krebse der Trias so nieder gebaut, daß sie, ohne mit dem Körper zu streifen, schwerlich eine derartig leicht von oben her eingesetzte „Lauf-Fährte“ erzeugen konnten; auch ist die Familie voll marin. Viele Trias-Kruster zeigen ferner nur einfache Klauenenden. Vor allem aber steht jeder Beziehung auf eigentliche Crustaceen wiederum der mehrgabelige Tritt der Freudensteiner Fährte im Wege, da nach unserer heutigen Kenntnis eine mehrfache Gabelung eines Extremitäten-Endes auch bei Krustern nicht bekannt ist und funktionell unverständlich wäre.

Der mehrgabelige Eindruck gibt aber gerade den Schlüssel für die Enträtselung der Schilfsandstein-Fährte. Ohne Berücksichtigung der tatsächlichen Gesamtzahl der Extremitäten des Fährteners bzw. der Zahl seiner Auftritte kann mit Sicherheit gesagt werden, daß V-förmige, auf Klauen oder Scheren zurückzuführende Tritte einerseits und mehrfach gegabelte Tritte andererseits in einer Arthropoden-Fährte zusammen nur bei Xiphosuren vorkommen können! Ich habe dies schon 1943 (b) ausgesprochen und für derartige heteropode Arthropoden-Fährten das Form-Genus *Limuludichnulus* mit folgender Diagnose (gekürzt) aufgestellt⁵⁶: „Arthropoden-Fährten mit (bei vollständiger Erhaltung) vierstrahligen, gestielten, rückwärts einfach gegabelten, in die Bewegungsrichtung eingestellten Tritten einerseits und V-förmigen Tritten andererseits; zuweilen Schlepp-Spur.“ Dabei handelt es sich bei den mehrgabeligen Tritten, dem bezeichnendsten Merkmal der *Limuludichnulus*-Fährten, um die Tritt-Spuren des 6. Beinpaars eines Limuliden, das wie schon in Abschn. B. 9 ausgeführt wurde, bei dem rezenten *Limulus* über dünnen, spitzen Scheren-Enden vier flache, abspreizbare Griffel trägt. Abb. 5 lit. a

⁵⁶ Da es sich unter den Kriegsverhältnissen nicht übersehen ließ, ob meine Arbeit 1943 b oder diese Arbeit zuerst erscheinen würde, habe ich 1943 offengelassen, ob *Limuludichnulus nagoldensis* aus dem Buntsandstein oder die Fährte aus dem Schilfsandstein von Freudenstein als Genotypus für *Limuludichnulus* zu gelten habe. Tatsächlich ist nun *Limuludichnulus nagoldensis* O. LINCK 1943 Genotypus.

gibt den unteren Teil dieses hintersten Fußes von *Limulus polyphemus* L. im Ruhezustand wieder; lit. b zeigt den Fuß mit umgelegtem Scherenteil und ⁴gespreizten Blättern in der Stellung des Auftretens, wobei bei vollständigem Abdruck eine Spur wie lit. c erzeugt wird (a—c nach CASTER 1938). Lit. d zeigt die entsprechende Tritt-Spur des 6. Fußes des „*Protolimulus*“ der devonischen Fährte *Paramphibius didactylus* WILLARD (nach CASTER); sie beweist, daß schon paläozoische Xiphosuren ähnliche Anhänge wie der heutige *Limulus* am 6. Beinpaar hatten, doch hatte der vermutete „*Protolimulus*“ noch 5 Anhänge. Lit. e stellt dieser Tritt-Spur die entsprechenden Tritte der Buntsandstein-Fährte *Limuludichnulus nagoldensis* gegenüber (nach RIEK & LEBKÜCHNER 1928 und O. LINCK 1943 b); der für diese von mir als Erzeuger in Anspruch genommene Limulide hatte wie die rezenten Molukken-Krebse nur noch 4 Griffel am 6. Beinpaar. Neben der vollständigen Trittspur des 6. Beines nach lit. d kommen aber bei *Limuludichnulus nagoldensis* zahlreiche fragmentarische Abdrücke dieses Fußes (wie z. B. lit. f) vor, da derartig komplizierte Spuren je nach Art der Bewegung des Tieres und Beschaffenheit des Untergrunds zwangsläufig stark abändern müssen.

Die *Limuludichnulus*-Fährte aus dem Schilfsandstein von Freudenstein weist zunächst fast dieselben Maße wie die Buntsandstein-Fährte (41:45 mm Breite) auf; sie unterscheidet sich von dieser durch die erkennbare Zahl und die regelmäßige Anordnung der Einzeltritte und dadurch, daß der Abdruck des 6. Fußes nur verhältnismäßig selten viergabelig erscheint und daß der Tritt-Spur durchweg die rückwärtige Gabelung fehlt. In den meisten Fällen haben sich $\pm$ andeutungsweise nur die Abdrücke von 3 Griffeln erhalten (Abb. 5 lit. g); die viergabeligen Abdrücke des Stücks Taf. VI variieren stark (Abb. 5 lit. h). Wahrscheinlich war bei der Schilfsandstein-Fährte der Feinsand des ursprünglichen Untergrunds wesentlich härter als der weiche Tonschlamm, der für die Buntsandstein-Fährte vorausgesetzt werden muß; so prägten sich hier die feineren Teile des 6. Fußes, vor allem die nachgebenden Stoßblätter, nicht oder nur unvollkommen ab, so daß es vielfach nur zur Andeutung einiger Griffelwurzeln und dem Abdruck des unter ihnen liegenden Fußteils ohne Scherenkam (rückwärtige stielartige Verlängerung ohne Gabelung). Im übrigen setzte auch bei der Schilfsandstein-Fährte, wie die starken Eindrücke erkennen lassen, der 6. Fuß des vermuteten Limuliden, wie dies auch schon bei der devonischen *Paramphibius*-Fährte der Fall war, besonders kräftig auf. An der Zusammengehörigkeit aller dieser Arthropoden-Fährten mit V-förmigen und mehrgabeligen Tritten (Abb. 5 lit. a—i) kann kein Zweifel bestehen.

Noch ist die Frage der Schleif-Spur zu klären, die sich mit ungefähr

5 mm Abstand auf beiden Fährtenplatten von Freudenstein neben der rechten Tritt-Serie ohne Unterbrechung hinzieht (Taf. VI). Die Spur ist so schwach ausgeprägt, daß sie nur bei starkem Gegenlicht zu erkennen ist; doch ist ihre Zugehörigkeit nicht fraglich. Zweierlei ist möglich: Entweder handelt es sich um eine seitlich versetzte Schlepp-Spur eines Schwanzstachels, ähnlich wie bei der Limuliden-Schreitfährte *Limuludichnus variabilis* n. g. n. sp. Taf. V Fig. 1 die Schlepp-Spur des Telsons auch aus der Bahn der Extremitäten-Eindrücke herausgetreten ist, oder es könnte hier, wie dies nach DELO (Ber. RUD. RICHTER 1938) bei dem rezenten *Limulus* zuweilen möglich ist, der äußere Rand des Cephalothorax gestreift haben. Da dies aber nach DELO nur vorübergehend vorkommen kann, die Spur aber ununterbrochen durchläuft, ist wahrscheinlicher, daß auch hier, wie es auch bei *Limuludichnus nagoldensis* O. LINCK gelegentlich der Fall ist, die Schlepp-Spur eines Telsons vorliegt, der starr abgewinkelt herausgehalten wurde⁵⁷ und auf diese Weise den Grund nicht in der Längsrichtung, sondern flach seitlich streifte, wodurch die unscharfe Form der Spur erzeugt wurde.

Schwierigkeiten macht für die Deutung als Limuliden-Fährte die Zahl und Anordnung der Tritte der Schilfsandstein-Fährte (Abb. 4). Wie in Abschn. B. 9 ausgeführt wurde, setzt der erwachsene *Limulus polyphemus* L. bei seinem „hochbeinigen Schreiten über den Grund“ regelmäßig 5 Beine auf, und zwar häufig in $\pm$ erkennbaren transversalen Reihen, ähnlich setzte auch das *Paramphibius*-Tier „*Protolimulus*“ 6 Beine auf; auch legen bei dem rezenten *Limulus* nach den Beobachtungen CASTER's nur die Jungtiere den 6. Fuß unter Spreizung der Griffel um. Das Tier der Schilfsandstein-Fährte muß aber nur mit 4 Beinpaaren aufgetreten sein, von denen drei mit ihren Scherenenden die V-förmigen Spureneindrücke hinterlassen haben, während das letzte Beinpaar mit seinen umgelegten Griffeln die mehrstrahligen Eindrücke erzeugt hat. Die Gesamtanordnung der Tritte ist auch nicht transversal, sondern die Tritte sind seitlich verschoben hintereinandergereiht. Die ganze Fährte hat zudem einen leichteren, flüchtigeren Charakter als die schwerfälligeren *Limuludichnus*-Schreitfährten.

Zweierlei ist denkbar: Entweder handelt es sich um eine kleinere unbekannte Xiphosuren-Art aus der U.O. *Limulida*, die nur mit 4 Beinpaaren auftrat und dabei stets das letzte Beinpaar unter Spreizung der Griffel umlegte, oder es handelt sich nach der aktuellen Beobachtung CASTER's um Fährten junger Limuliden. Für das erste spricht die relative Größe der Fährte, die mit 41 mm Breite doch der beschriebenen 63 mm

⁵⁷ Diese merkwürdige Haltung des wie in einem Kugelgelenk schwenkbaren starren Schwanzstachels kommt auch bei dem rezenten *Limulus* vor.

breiten Limuliden-Schreitfährte *Limuludichnus variabilis* n. g. n. sp., die an sich schon für mesozoische Verhältnisse auf unerwartet große Tiere schließen läßt, so nahekommmt, daß jedenfalls die bei den heutigen Limuliden sehr kleinen eigentlichen Entwicklungsstadien für die Erzeugung der vorliegenden Fährten ausscheiden. Die rezenten *Limulus*-Arten brauchen zur Reife etwa vier Jahre und gleichen in den Größen, die der Fährte Taf. VI entsprechen würden, schon völlig den erwachsenen Tieren; es sei denn, daß sie in diesem Alter etwas schlankere und längere Extremitäten haben. Die Annahme einer Jugendform würde somit auf sehr große erwachsene Tiere schließen lassen, die mindestens die Größe der heute lebenden Limuliden gehabt haben müßten! Andererseits könnte die aus der Fährte abzulesende größere Beweglichkeit des gesuchten Tiers einigermaßen für ein Jugendstadium sprechen, da jedenfalls die heutigen Molluskenkrebse in der Jugend beweglicher sind als die ausgewachsenen ziemlich trägen Tiere; die lebenden Limuliden verhalten sich in dieser Hinsicht ähnlich wie viele Bodenbewohner, die erst im Alter zu eigentlichen Bodentieren werden (z. B. Schollen, Knurrhähne). Alles in allem scheint mir die Beziehung der Freudensteiner Fährte auf einen unbekannten Xiphosuren der U.O. *Limulida* wahrscheinlicher zu sein. Neben der Gattung *Limulus* kommen in der germanischen Trias aus der U.O. *Limulida* der Xiphosuren ja auch noch Vertreter der Familie *Belinuridae* vor; so ist z. B. *Halycine plana* v. SEEBACH noch aus der Lettenkohle bekannt, und im Voltzien-Sandstein des Elsaßes fand BILL (1914 Nachtrag) bemerkenswerterweise einen Vertreter der Gattung zusammen mit *Limulus Bronni* SCHIMP. Die bis jetzt bekannten Belinuriden der germanischen Trias sind allerdings durchweg viel kleiner als der anzunehmende Erzeuger der in Frage stehenden Schilfsandstein-Fährte; da es sich aber bei allen Funden um Unika und isolierte Kopf-Brustschilde handelt, könnten bis jetzt auch nur Exuvien jugendlicher Exemplare vorliegen.

Ich gebe der Schilfsandstein-Fährte von Freudenstein den Namen

Limuludichnululus gracilis n. sp.

mit der Diagnose: „Eine *Limuludichnululus*-Fährte, die sich gem. Abb. 4 in regelmäßiger Anordnung aus 3 V-förmigen Tritten und 1 mehrgabeligem, bei vollständiger Erhaltung viergabeligem Tritt zusammensetzt; Schlepp-Spur.“ Von *Limuludichnululus nagoldensis* O. LINCK unterscheidet sich die Fährte durch die Zahl und Ordnung der Tritte, auch sind die Formen zierlicher. Typus ist das Stück Taf. VI.

Beobachtet wurde die Fährte im Oberen Schilfsandstein von Freudenstein und als Halbschwimm-Fährte im Oberen Schilfsandstein von Sternenfels (Taf. VII Fig. 2). Die Platte von Sternenfels zeigt im Ausguß neben sonstigen Schwimm-Spuren einen zusammenhängenden von links

unten nach rechts oben laufenden Fährtenzug, bei dem die geöffneten Scheren den Grund eben noch gestreift haben, wodurch die parallelen Rillen entstanden; in einzelnen Fällen lassen sich auch V-förmige Eingriffe und in einem Fall ein dreigabeliger Eindruck erkennen (Abb. 5 lit. i). Die Fährte ist als Halbschwimm-Fährte unter Wasser entstanden; mit größter Wahrscheinlichkeit ist auch die Lauf-Fährte des Typus-Stücks unter Wasser zustandegekommen. Sehr merkwürdig sind im übrigen die auf der Sternenfelser Platte (Taf. VII Fig. 2) heraustretenden Batzen, die auf der Schicht-Unterseite der ganzen Sandsteinbank zu beobachten waren. Sie sind offenbar später entstanden als die Lebens-Spuren, da sie diese unterbrechen (was auf Taf. VII Fig. 2 nicht deutlich in Erscheinung tritt); sie scheinen z. T. gerichtet (?) zu sein und weisen z. T. eine auffallende senkrechtstehende Parallelschichtung auf. Petrographisch bestehen die Batzen aus dem Material der Sandsteinbank, mit der sie untrennbar zusammenhängen. Man könnte daran denken, daß es sich um tongebundene Gerölle handelt, die nachträglich eingeschwemmt worden wären; doch spricht dagegen die scharfe Erhaltung der Lebens-Spuren, die bei diesem Vorgang verwischt worden wären. So ist vielleicht eher an nachträgliche Konkretionen zu denken, die sich bei der Diagenese des abgelagerten Sandes gebildet hätten, dann mit Zusammenpressung des Sandes durch Beharrung herausgetreten wären und deren ursprüngliches Konkretionsmittel verlorengegangen ist („Konkretions-Relikte“. O. LINCK 1946).

B. 11. „Einzeilige Reihenhöcker-Spur“.

(Taf. VIII Fig. 1, 2, 3.)

In dem seit Jahrzehnten aufgegebenen Steinbruch „Im Schwann“ bei Sternenfels ist der Schilfsandstein ganz außergewöhnlich entwickelt. Er besteht bei ungefähr 20 m Mächtigkeit, die der durchschnittlichen Mächtigkeit der Flutfazies des Gebiets entspricht, fast nur aus wenige Zentimeter starken, vielfach bröckeligen Plattenlagen, so daß er äußerlich geradezu an die *Nodosus*-Schichten des Muschelkalks erinnert⁵⁸. Nur ganz oben (!) tritt ein stärkerer Sandsteinfels auf.

Das Haldenmaterial des Bruchs läßt erkennen, daß die durch graue Tonzwischenlagen getrennten Platten jedenfalls z. T. reich an Lebens-Spuren sind. Das meiste ist freilich heute verwittert; eine seltsame

⁵⁸ Man sieht hier, wie schwer sich eine so fließende Bildung wie der Schilfsandstein in ein begriffliches Schema fassen läßt. Der Mächtigkeit nach handelt es sich bei dem Profil „Im Schwann“ im Sternenfels um „Flutfazies“, nicht aber der Ausbildung nach. Andererseits läßt sich aber eben die Mächtigkeit nicht mit den REIFFschen „Verbindungszonen“ und „Ausuferungszonen“ in Übereinstimmung bringen.

größere Spur ließ sich aber mehrfach noch so deutlich beobachten, daß sie beschrieben werden kann. Sie ist in Wirklichkeit auf den völlig planen Platten auffälliger, als dies auf Taf. VIII Fig. 1—3 in Erscheinung tritt.

Es handelt sich um grundsätzlich unpaarige, im allgemeinen geradlinig verlaufende Züge $\pm$ ovaler Erhebungen auf Schicht-Unterseiten, also Ausfüllungen einstiger entsprechender Eintiefungen des Liegenden. Daß tatsächlich Schicht-Unterseiten vorliegen, zeigt u. a. das Stück Taf. VI Fig. 2, auf dem neben der in Frage stehenden Spur auch „Skulpturierte Rinnen-Ausgüsse“ ähnlicher Art, wie sie in Abschn. B. 2 beschrieben wurden, vorhanden sind; die gleichsinnige Richtung der beiden Spuren auf diesem Stück ist zufällig. Die einzelnen Erhebungen des unpaarigen Spuren-Ausgusses sind bald dicht aneinandergerückt, ja zuweilen sogar leicht ineinandergeschoben und zeigen dabei auf die Längs-Schmalseite gestellte, aufgeblasen mandelförmige Körper — oder sie treten etwas auseinander, wobei sie eine Art Stromlinien-Form annehmen und dabei immer auf einer Seite und in derselben Richtung durch ein schmiegsames Verbindungsstück zusammenhängen (Taf. VIII Fig. 1 und 2) — oder sie rücken mit ziemlich gleichmäßigen Abständen ganz auseinander, wobei die Fläche zwischen den Erhebungen ungestört ist, die Form der einzelnen Körper gestreckter, der Grundriß rautenförmiger und der Querschnitt $\pm$ dreieckig wird (Taf. VIII Fig. 3). Alle Formen sind durch Übergänge verbunden. Die Oberfläche der Höcker ist in den ersten beiden Fällen glatt, bei der langgezogenen, auseinander tretenden Form auf den Flanken möglicherweise etwas längsgerillt. Die zusammen immer in einheitlicher Größe auftretenden Gebilde erreichen beträchtliche Ausmaße: Die Einzellänge der auseinandergerückten Höcker beträgt bis zu 39 mm, ihre maximale Reliefhöhe 9 mm; die ovalen Formen stehen bei gleicher Höhe mit 37 mm Länge nur wenig nach. Sind die Erhebungen heute abgebrochen, so wird im Ring der umkleidenden Tonhaut die Sandsteinfüllung als Kern sichtbar (Taf. VIII Fig. 2). Besonders bemerkenswert ist noch: Zuweilen fällt in einer sonst zusammenhängenden Reihe ein zu erwartender Höcker ganz aus oder es tritt ein Glied aus dem allgemeinen Zug parallel leicht seitlich heraus. Die ganzen Spurenzüge scheinen unvermittelt zu beginnen und aufzuhören; zuweilen treten auch vereinzelt, zusammenhanglose Höcker auf. Die größte beobachtete Spur hatte mit 14 aneinanderstoßenden Erhebungen eine Gesamtlänge von 26 cm; das auf Taf. VIII Fig. 3 wiedergegebene Stück mit seinen sechs auseinandergerückten Höckern ist 25 cm lang. Da es sich durchweg um fragmentarisch erhaltenes Haldenmaterial handelt, läßt sich die mögliche Maximal-Länge der Spur nicht feststellen.

Hauptfrage ist zunächst: Handelt es sich überhaupt um eine „Lebens-Spur“? Vor allem ist daran zu denken, daß auch durch Wasser oder Wind bewegte anorganismische Körper beim Rollen über eine empfindliche Fläche reihenförmig angeordnete Vertiefungen hinterlassen können. So deutete ABEL (1926 S. 210) „perlschnurartige Lebensspuren“ der amerikanischen Geologen aus dem permischen Coconino-Sandstein von Arizona als Eindrücke windbewegter Körper; VON DER DUNK hat 1929 ganze Flächen rein windgeformter Perlreihen von einem heutigen Sandstrand beschrieben, und selbst so vergängliche Gebilde wie Gischtkämme können ähnliche Spuren hinterlassen (HÄNTZSCHEL 1935). Ein wichtiges Kriterium für eine derartige anorganismische Entstehung ist die parallele Orientierung der Eindrucksreihen. Die Sternenfelser Spurenzüge laufen aber, soweit sich feststellen läßt, nicht parallel, sie schneiden sich zuweilen winklig; auch läßt sich das Ineinanderschieben und das seitliche Heraustreten einzelner Höcker aus der Reihe schwer mit mechanischer Bildung aus Rollung in Einklang bringen. Vor allem spricht auch die Größe, Form und Regelmäßigkeit der für die heutigen Höcker vorauszusetzenden ursprünglichen Eintiefungen gegen eine mechanische Bildung. Nur ganz bestimmt geformte, längliche, schmalseitige und ziemlich schwere Körper könnten solche Eindrücke hinterlassen; diese Körper müßten über ihre Längsachse gerollt sein und hätten bei der auseinandergerückten Form regelmäßige Sätze gemacht!

Eine andere anorganismische Deutung ist nicht möglich, daher spreche ich die „Einzeilige Reihenhöcker-Spur“ als organogen an, um so mehr, als sie auf Platten vorkommt, die auch andere Lebens-Spuren enthalten; die ganze Form und Erhaltung (unvermitteltes Beginnen und Enden auf trockenrißfreien Tonschichten) setzt Entstehung unter Wasser voraus. Der Körper, der die Eindrücke erzeugte, muß zugleich ziemlich kräftig (Tiefe der Eindrücke), aber auch weich gewesen sein (schmiegsame Verbindungsstücke). Der Form nach muß es sich um einen unpaarigen, oberflächlich nicht differenzierten Teil eines größeren schwimmenden Tieres gehandelt haben (Lurch, Reptil oder Fisch), am ehesten ist an einen kammartig geformten Körperanhang zu denken. Die verschiedenen Formen der Höcker (aneinandergereiht oder auseinandertretend) könnten auf verschiedene, schnellere oder langsamere Fortbewegung zurückgeführt werden. Die mutmaßlichen Tiere müßten zeitweise dicht über dem Grund geschwommen sein und diesen mit den Lappen ihres Schwanzes berührt haben; zuweilen schlugen diese um, wodurch die schmiegsamen Verbindungsstücke entstanden.

Irgendwelche Folgerungen können aus der „Schwimm-Spur“, solange der Erzeuger nicht näher bekannt ist, kaum gezogen werden. Die Lebens-

Spur ist mir bis jetzt vor allem aus dem Schilfsandstein von Sternenfels, in einem Stück auch von Kürnbach (Baden) bekannt.

B. 12. Schwimm-Spur eines Fisches.

(Taf. VIII Fig. 4.)

Auf den gestapelten Platten des Sternenfelser Bruchs „Im Finkenstecken“ fand sich neben den Limuliden-Fährten B. 9 und B. 10 auch die auffallende Spur Taf. VIII Fig. 4. Die Platte zeigt auf ihrer ebenen Unterseite neben der Hauptspur noch Kleinspuren, vor allem aber eine Fülle kleiner Knötchen; diese sind in den Sternenfelser Spuren-Horizonten massenhaft verbreitet und bilden ein Problem für sich. Es handelt sich fraglos um Ausfüllungen einstiger entsprechender Eintiefungen des liegenden Tons, die sowohl von unbekannten kleinen Lebewesen wie auch anorganismisch (Gasblasen-Ausmündungen?) erzeugt worden sein können. Vielfach sind die Knötchen, die nur in $\pm$ einheitlichen Größenordnungen auftreten, ausgerichtet; sie nehmen dabei eine tropfenförmige Gestalt mit zugespitztem Ende an. Die ursprünglichen Ausmündungen müssen durch Strömung in die Länge gezogen worden sein. Im übrigen finden sich zwischen den Knötchen auch immer wieder sichere Lebens-Spuren (z. B. zarte V-förmige Eindrücke), so daß es sich jedenfalls um einen besiedelten Raum gehandelt hat.

Die Hauptspur ist 9 cm breit und 12,5 cm lang und erhebt sich im Ausguß aus dem flachen Grund als hohe, durch einen kielartigen Kamm geteilte Welle. Das durch den Kamm abgesetzte Vorderstück ist scharf parallel gerillt, während auf dem übrigen Teil der Spur nur undeutliche Rillen zu erkennen sind. Die Oberfläche des Körpers, der die Spur erzeugt hat, muß scharfe Grate besessen haben, die den Rillen in dem Ausguß entsprochen haben.

Die Beurteilung geht sowohl nach der Form der Spur selbst wie nach den ganzen örtlichen Verhältnissen (Schwimm-Spuren von Limuliden usw.) wieder davon aus, daß auch hier eine Unterwasser-Spur vorliegt. Ein anorganismischer Körper kann für den differenzierten Eindruck nicht verantwortlich gemacht werden. Eher könnte an eine Schleif-Spur von Equisetiten oder sonstigen treibenden Pflanzenresten gedacht werden, wie sie RÜHLE von LILIENSTERN (1939 S. 37) beschrieben hat. Aber abgesehen davon, daß Pflanzenreste gerade in den Sternenfelser Spuren-horizonten völlig zu fehlen scheinen, spricht die weich geschwungene Form des Eindrucks gegen eine solche Deutung. Eine Pflanzen-Schleifspur müßte mehr in einer Richtung verlaufen, es sei denn, daß es sich um sehr weiche Teile gehandelt hätte; diese aber hätten wieder keinen so tiefen Eindruck hinterlassen können.

Wahrscheinlicher scheint mir zu sein, daß es sich um die Schwimm-Spur eines größeren Tieres handelt, und zwar, da Amphibien und Reptilien der gerillten Oberfläche wegen wohl ausscheiden, um die Schwimm-Spur eines größeren Fisches, der an der Stelle mit seiner Flosse (am ehesten wohl der Schwanzflosse bei einer Wendung) auf den schlammigen Grund geriet, wobei sich die Flosse umlegte und ihre Strahlen abdrückte. Ein auffallend ähnliches, ebenfalls fein parallel geripptes und wellig gewölbtes Problematikum von etwas größeren Ausmaßen zeigt eine in der Naturaliensammlung in Stuttgart aufbewahrte Spurenplatte aus dem Dogger Beta von Weilheim.

Nun sind im Schilfsandstein des Strom- und Heuchelberggebiets noch keine Fischreste gefunden worden; doch kann dies an den schlechten Erhaltungsmöglichkeiten oder auch an der mangelhaften Durchforschung dieser Keuperschichten liegen. Schwieriger ist die Frage nach der mutmaßlichen Gattungszugehörigkeit des Erzeugers. Selachier, an die wohl zunächst gedacht wird, da sie grundsätzlich im Schilfsandstein vorkommen können (s. Abschn. A), haben im allgemeinen keine so kräftigen Flossenstrahlen, wie sie der Erzeuger der Spur besessen haben muß; eher ist an einen Paläonisciden wie *Gyrolepis* zu denken, der kräftige Kielschuppen an der Schwanzflosse trug. Der flachere, schwächer gerippte Teil der Spur könnte bei dieser Annahme auf einen Eindruck der hier z. T. sehr gestreckten und nahe an die Schwanzflosse heranreichenden Afterflosse zurückgeführt werden. Auf jeden Fall muß es sich um einen Fisch gehandelt haben, der an Größe die durchschnittlichen Keuper-Ganoiden wesentlich übertraf. Sicher kann die Frage nach der systematischen Zuteilung nicht entschieden werden, womit auch alle ökologischen Folgerungen entfallen. Immerhin ist schon bemerkenswert, daß überhaupt derartig große Fische in den Schilfsandstein-Gewässern des behandelten Gebiets gelebt haben. —

Es läßt sich an dem Stück auch beobachten, wie der Schwimmspur-Eindruck zunächst schon vorhanden gewesene Knötchen bzw. deren voraussetzende Eintiefungen weggewischt hat und wie sich in dem Spuren-Eindruck dann wieder Unebenheiten zu entwickeln begannen, ehe die nachfolgende Übersandung alles eindeckte.

Eine Benennung der Spur kommt nicht in Frage.

B. 13. Sonstige Lebens-Spuren.

Mit den beschriebenen Formen ist der Reichtum des Schilfsandsteins an fossilen Lebens-Spuren — insbesondere im Strom- und Heuchelberggebiet — noch lange nicht erschöpft. Neben ausgesprochen problematischen Bildungen, wie sie in Spurenhorizonten stets vorkommen, wie-

derholen sich noch verschiedene klarere Formen mit solcher Regelmäßigkeit, daß sie mit Sicherheit wiederzuerkennen sind und Bestimmtes bedeuten müssen. Wenn diese Spurenfossilien auch eine eingehende Würdigung nicht oder noch nicht lohnen, so sei zur Veranschaulichung des mindestens zeiten- und stellenweise vorauszusetzenden einstigen Lebensreichtums des Schilfsandsteins wenigstens stichwortweise auf sie hingewiesen.

a) Fucoidenähnliche Spuren. Echt verzweigte 2 bis 3 mm starke, meist abgeplattete und $\pm$ flächenhaft ausgebreitete Gänge; in der Regel in dünnen, sehr feinen Ton-Zwischenlagen. Als Innen-Spuren, „Tunnel“, Fraßgänge von Kleintieren, zu deuten; wahrscheinlich von Würmern stammend, da nur diese durch Zurückkriechen in der eigenen Spur echte Verzweigungen⁵⁹ zu bilden vermögen. HÄNTZSCHEL hat 1940 ähnlich verzweigte Fraßspuren des Ringelwurms *Nereis* vom Watt-schlick der Nordsee veröffentlicht. Die Form ist wohl im ganzen Schilfsandstein verbreitet.

b) Etwas größere und kräftigere, in wirren Geflechten übereinanderliegende, möglicherweise ebenfalls echt verzweigte, rund-rinnenförmige Kriechspuren bzw. deren Ausgüsse vom Sammeltyp *Palaeophycus* HALL, ähnlich wie sie KUHN 1937 aus der *Acrodus*-Bank (km 1) des Steigerwalds abgebildet hat. Auf Schichtflächen, meist massenweise. Spezifisch können derartige Spuren auf die verschiedensten Tiere, Würmer, Mollusken, Klein-Kruster, zurückgeführt werden. Jedenfalls handelt es sich um die Spur eines vagilen Tieres; derartige Spuren sind bis jetzt vor allem in marinen und brackischen Ablagerungen beobachtet worden.

c) Im allgemeinen gerade verlaufende, glatte, undifferenzierte, flach-rinnenförmige Kriechspuren mittlerer Größe ohne Verzweigung; auf Schichtflächen. Gastropoden-Spuren? Muschel-Spuren? Vgl. zu dieser Möglichkeit auch WEISS 1935 Abb. 7.

d) Ein kleines Handstück von Freudenstein, das von glatten, unregelmäßig gekrümmt verlaufenden, unverzweigten, kreisrunden 8 mm Durchmesser erreichenden Tunnelgängen völlig durchzogen ist. Die heutigen Tunnelausfüllungen treten dabei oben und unten heraus, wobei auf der wahrscheinlichen Schicht-Unterseite auch runde Stümpfe abgebrochener Fortsetzungen, ähnlich wie bei *Cylindricum*, vorhanden sind. Nach Angabe der Steinbrucharbeiter sollen Anhäufungen derartiger Gänge in

⁵⁹ Scheinbare Verzweigungen von Spuren kommen nach HÄNTZSCHEL (1941 b) auch bei Gastropoden vor. Sie entstehen vor allem dadurch, daß verschiedene Individuen streckenweise dieselbe Spurbahn benutzen. Doch handelt es sich bei den von HÄNTZSCHEL beobachteten Spuren der Strandschnecke *Littorina* nicht um Innen-Spuren.

den oberen Horizonten des Bruchs nesterweise vorkommen. Jedenfalls war der Erzeuger wiederum ein vagiles Sediment-durchwühlendes Tier, bei dem in erster Linie wieder an einen Wurm zu denken sein wird. Die Form ist als *Planolites* sp. zu dem Spurentyp *Planolites* NICHOLSON zu stellen, der einfache Röhren im Sediment ohne bestimmte Richtung, also Fraß- und Wander-Tunnel, umfaßt (RUD. RICHTER 1920 S. 226).

e) In dem Sternenfesler Haupt-Spurenhorizont zeigten sich auf dünnen, ungemein feinkörnigen, lichtgelben Sandsteinplättchen, die selbst spinnwebzarte Eindrücke zu bewahren vermochten, als Reliefs neben isoliert auftretenden, auf kleine Arthropoden⁶⁰ zurückzuführenden stumpf V-förmigen Spuren merkwürdig zerstreute, maximal 5 mm lange, gekielt pfeilspitzenförmige Ausgüsse, die bis jetzt nicht zu erklären sind. Wahrscheinlich handelt es sich um Schwimm-Spuren.

f) Ebenda auf Schicht-Unterseiten: Kürzere, bis höchstens 2 cm lange, flach bandförmige, leicht in der Mitte eingetiefte Spurenstücke, die an beiden Enden unvermittelt enden und in das Hangende zurückführen. Sie sind als Scheitelbögen von Tunneln anzusehen, die von unbekannten Tieren (Würmern? Arthropoden?) vom Sand bis zur Tonschicht gegraben wurden, dort ein Stück der Schichtgrenze Sand/Ton folgten und wieder nach oben zurückkehrten. Somit: Innen-Spuren eines vagilen, Sediment-durchwühlenden Tiers.

g) Hauptsächlich auf den Fährtenplatten von *Limuludichnulius* (z. B. Taf. V Fig. 1): Verschlungen, geknickt oder fetzenweise auftretende Schnüre länglicher, vielfach einseitig zugespitzter, durchschnittlich 1,5 mm starker, walzenförmiger Spurenkörper, die oft nicht zusammenhängen. Die Gebilde sind schwerlich als Kriech-Spuren, eher als Spuren von Kotschnüren (von den Limuliden selbst oder von Fischen?) zu deuten. Vgl. dazu *Tomaculum* GROOM (RUD. & E. RICHTER 1939 a u. b), auch *Lumbricaria* aus dem lithographischen Plattenkalk Bayerns. *Lumbricaria* wird von ABEL (1945) auf Kotschnüre von Fischen zurückgeführt; andere halten *Lumbricaria* für Darmausfüllungen mariner Würmer oder von Holothuriern, die sich selbst nicht erhalten haben.

h) Tetrapoden-Fährten. Tritt-Spuren von Tetrapoden wurden bezeichnenderweise im Schilfsandstein des Strom- und Heuchelbergs nicht beobachtet. Dagegen liegen Schwimm-Spuren größerer Wirbeltiere, darunter eigenartige geriefte und gekielte ovale Eindrücke von bestimmter Größe und Form vor, die einer besonderen Bearbeitung vorbehalten sind (vgl. Absch. B 7 S. 40).

⁶⁰ Ich halte es für durchaus möglich, daß in den Schilfsandstein-Gewässern des Gebietes, ähnlich wie im Voltzien-Sandstein des Elsaßes (BILL 1914) neben den Limuliden noch eigentliche Crustaceen gelebt haben.

C. Zusammenfassung und Auswertung.

C. 1. Es wurde eine größere Zahl fossiler Lebens-Spuren aus dem Schilfsandstein — vor allem aus dem Raum des Strom- und Heuchelbergs im nordwestlichen Württemberg — beschrieben, die mittelbar unsern Einblick in die Fauna der Schilfsandsteinzeit nahezu verdoppeln. Die beschriebenen Spuren lassen erkennen, daß im nordwestlichen Württemberg jedenfalls zeitweise und örtlich bis zum Ende der Schilfsandsteinzeit ein mannigfaches Tierleben bestanden haben muß. Die zugehörigen Tiere, auf die die Spuren hinweisen, müssen bodenständig gewesen sein, während vorkommende Körperfossilien bei den ganzen Sedimentationsverhältnissen hier überwiegend als eingeschwemmt anzusehen sind.

C. 2. Für die Beurteilung der spezifischen Beschaffenheit dieser an der nordwestlichen Landesgrenze Württembergs erschlossenen Lebensräume und damit für eine Aufhellung der Bildungsgeschichte des Schilfsandsteins in diesem Gebiet ist daher in erster Linie die beschriebene Spuren-Fauna heranzuziehen. Nicht berücksichtigt ist dabei *Cylindricum* n. g., da diese Röhrenzapfen überall im unteren Schilfsandstein Württembergs vorzukommen scheinen und zudem wenig aussagen. Immerhin müssen von späteren Phasen der Schilfsandsteinbildung abweichende Verhältnisse bestanden haben, da *Cylindricum* nur (?) in den tiefen Lagen des km 2 auftritt; wobei vorausgesetzt wird, daß sich etwa vorhanden gewesene gleichartige Röhren auch später in Form von Zapfen hätten erhalten können. Nicht berücksichtigt sind ferner die „gekörnelten Tunnel-Geflechte“, Abschn. B. 6 da diese Spur bis jetzt nur von Stuttgart vorliegt; doch würde sie in die Spuren-Fauna des behandelten engeren Gebiets durchaus passen.

C. 2a. Zunächst sind sämtliche in Betracht kommenden Spuren mit Sicherheit als „Unterwasser-Spuren“ anzusprechen, wozu auch die innerhalb des als durchfeuchtet anzunehmenden Sediments gezogenen Innen-Spuren (B. 3, B. 5?, B. 13a, d, f) rechnen; beiseits Formen (B. 4, B. 9, B. 10, B. 11, B. 12, B. 13h?) liegen ausgesprochene Schwimm-Spuren vor. „Überwasser-Spuren“ fehlen. Die Gegend muß also jedenfalls zur Zeit der Bildung der mittleren und oberen Horizonte des Schilfsandsteins, denen die meisten Spuren entstammen, ohne wesentliche Unterbrechung wasserreich gewesen sein, und die spurenführenden Tonschichten („Spuren-träger“) wie die eindeckenden Sandablagerungen müssen unter Wasser gebildet worden sein. Dies steht in Gegensatz zu der Angabe von REIFF (1938), der im Schilfsandstein Mittel-Württembergs in dieser Zeit weite Gebiete trockenfallen läßt. Die gute Erhaltung der Spuren läßt dabei,

mindestens zeitweise, auf stehende Wasseransammlungen schließen, da sonst das zarte Relief der Spuren zerstört worden wäre; feine parallele Rippeln, wie sie vom Wind unter seichter Wasserbedeckung hervorgerufen werden, zeugen dafür, daß diese Wasseransammlungen stellenweise nicht tief gewesen sind, Strömungs-Rippeln wie auf Taf. V Fig. 1 lassen erkennen, daß zuweilen auch kräftige Einströmung erfolgte.

C. 2b. Ökologisch erweist sich die vorauszusetzende Tierwelt der Spuren als eine rein vagile; keine einzige Form kann als sessil oder auch nur halbsessil angesprochen werden. Es müssen also Verhältnisse bestanden haben, die der Entwicklung von sessilem Benthos entgegenstanden. Der Grund hierfür ist entweder in der Beschaffenheit des Wassers (s. u.) oder darin zu suchen, daß die Sedimentation gerade in dieser Zeit stark wechselte; hierdurch entstanden ganz verschiedene Lebensbedingungen. Die Erzeuger der Spuren lebten fast ausschließlich auf Tonschlamm, bei plötzlich eintretenden Sandschüttungen, insbesondere den nach REIFF für diese Phase bezeichnenden „Schichtflutenbildungen“, deren Sandzufuhr sich auch unter Wasser flächenhaft auswirkte, waren sessile Tiere von vornherein der Gefahr der Übersandung ausgesetzt, während vagile der Gefährdung $\pm$ auszuweichen vermochten. Möglicherweise ist auch das Verschwinden von *Cylindricum* damit zu erklären, daß zu Beginn der Schilfsandsteinzeit ausgeglichene Verhältnisse bestanden, die eine Fortdauer der ortsgebundeneren Kolonien ermöglichten. Die Sedimentation muß bei allen Sandablagerungen, einerlei wie sie im einzelnen zustande gekommen sind, verhältnismäßig schnell und $\pm$ ruckartig erfolgt sein, während die Tonlagen zwischen den heutigen Sandsteinbänken Pausen der kontinental-fluviatilen Sandzufuhr andeuten, in denen sich nur Feinmaterial niederschlug⁶¹. Diese Pausen können längere, u. U. auch lange Zeit gedauert haben, was sich in der Stärke der heutigen Tonschicht nur unvollkommen ausdrückt. Das Feinmaterial kann aus der schwebenden Wassertrübe, aus Aufwühlungen des Grunds, Auswaschungen am Rande so wie aus äolischer Einwehung stammen⁶². Ob die Erzeuger der Spuren,

⁶¹ Die auffällige Estherien-reiche, 4—5 m mächtige Tonmergel-Einlagerung die sich von Sternenfels bis Kürnbach erstreckt (Profil bei SCHNARRENBERGER 1905 S. 7) bedeutet grundsätzlich etwas anderes als die dünnen Ton-Zwischenlagen zwischen den Sandsteinbänken. Außer Pflanzenhäcksel und den Muschelkrebsen fand ich in ihr keine Fossilien; Spuren konnten sich in der homogenen Schicht nicht erhalten.

⁶² J. WALTHER (1919 S. 356) schreibt der Beteiligung des toten Planktons der Luft („Aeroplankton“) eine entscheidende Mitwirkung bei der Sedimentation der Deltas zu. Der Delta-Schlamm besteht nach seinen Angaben „zum größten Teil“ aus „äolisch ausgeblasenen und in der Atmosphäre gleichkörnig gewordenen feinsten abigen Verwitterungsmassen“. W. denkt dabei neben unmittelbarer Einwehung vor allem an fluviatile Verfrachtung des ausgeblasenen Feinmaterials.

deren Lebenszeugnisse ja nur auf dem Ton vorliegen, auch während der Sandschüttungen gelebt haben, läßt sich nicht sagen, da in diesen keine Lebens-Spuren überliefert werden konnten.

C. 2c. War das Wasser dieser lebenerfüllten Räume süß, brackisch oder marin? Die größte Wahrscheinlichkeit spricht gegen süßes Wasser. Zunächst ist für rein limnische Faunen im Gegensatz zu dem hier vorliegenden Formenreichtum „Arten armut und großer Individuenreichtum“ kennzeichnend (J. WALTHER 1919 S. 488). Sieht man von den indifferenten Spuren ab, so sind ferner derartig differenzierte Spuren wie die „Skulpturierten Rinnen-Ausgüsse“ B. 2 und *Ichnyspica* B. 4, vielleicht auch *Biformites* B. 7, zumal wenn die Beziehung auf Würmer richtig ist, aus limnischen und fluviatilen Ablagerungen nicht bekannt; Formen wie die „Zopfswülste“ B. 5 wurden bis jetzt nur aus marinen Sedimenten beschrieben. *Isopodichnus* B. 3 wurde von SCHINDEWOLF als marin angesprochen, was freilich in brackisch abzuändern ist (O. LINCK 1942 b). Andererseits fehlen exklusiv marine Formen, so daß am ehesten an eine örtlich auftretende brackische Fauna zu denken ist, die im Auslauf des Schilfsandstein-Deltas starken Schwankungen des Salzgehalts ausgesetzt war. In dieses Bild passen auch die auf Limuliden bezogenen Arthropoden-Fährten *Limuludichnus* B. 9 und *Limuludichnululus* B. 10; die Limuliden hätten hier unter ähnlichen Verhältnissen gelebt, wie *Limulites Bronni* SCHIMP. und *Halycine* sp. im Voltzien-Sandstein des Elsaßes (BILL 1914) oder *Limulus liaso-keuperinus* F. BRAUN in den Letten-Seen des fränkischen Rhät Lias Raums, den MÄGDEFRAU (1942 S. 257) mit den Verhältnissen der Lettenkohlezeit vergleicht. Auf alle Fälle aber hat in dem behandelten Raum eine völlige Aussüßung des Wassers, die REIFF (1935 S. 94) schon für die Mitte der Schilfsandsteinzeit (Ende seines II. Flutfazies-Horizonts) annimmt, bis zum Ende der Zeitstufe nicht stattgefunden oder muß, was weniger wahrscheinlich ist, ein neuer Einbruch salzhaltigen Wassers vorausgesetzt werden.

C. 2d. Woher stammte die $\pm$ marin beeinflusste, brackische Fauna der beschriebenen Spuren? Sie kann ihrem ganzen Umfang nach jedenfalls nicht rein örtlich beschränkt gewesen sein, sondern muß zeitlich oder räumlich in einem größeren Zusammenhang gesehen werden. Entweder stammte die Tierwelt aus einem dauernden Faunen-Refugium, das sich seit der „grauen Estherien-See“ des Oberen Gipskeupers im Beckentief der germanischen Trias-Sedimentations-Mulde erhalten hatte oder sind die Tiere während der Schilfsandsteinzeit aus marinen Räumen in die Mündungs-

bereiche des „Schilfsandstein-Deltas“ eingewandert⁶³; derartige Einwanderungen waren wohl während der ganzen ersten Hälfte der Mittleren Keuperzeit, in der das Tief des germanischen Beckens immer um den Meeresspiegel herum lag, möglich. Eine sichere Entscheidung wird sich wohl nie treffen lassen, zumal da die Ablagerungen des Beckentiefs im Rheintalgraben versenkt sind; in dem einzigen „Fenster“, das Einblick gewähren kann, in der Langenbrückener Senke, scheint allerdings die Stufe ziemlich normal entwickelt zu sein, wenn auch mit einem bemerkenswert starken Anteil von Schiefer-Tonen (PFEIFFER 1923 a). Eine breite, längere Zeit offene und einflußreiche Verbindung ist aus allgemein paläogeographischen Erwägungen kaum anzunehmen; eher wird an dauernde Wasseransammlungen im Bektentief zu denken sein, in denen sich eine bescheidene marine Relikt-Fauna⁶⁴ örtlich halten konnte und die episodisch vielleicht einmal frischen Zuzug bekamen. Damit wird mit Einschränkung an die Vorstellung der fortbestehenden „Keuper-Binnensee“ der älteren Autoren erinnert; doch handelte es sich nicht um ein „Binnenmeer“, vielleicht nicht einmal um eine zusammenhängende Wasserfläche, sondern um ein flaches, von Untiefen erfülltes, stockendes Seengebiet, das ähnlich wie manche, aus Einschrumpfung früherer Binnenmeere entstandene zentralasiatische Endseen marine Faunen-Erinnerungen bewahrte. Ob man bei dieser Annahme mehr die Ausfüllung gegebener wassererfüllter Senkungen, wie dies REIFF wenigstens für den Beginn der Schilfsandsteinzeit angibt, in den Vordergrund stellt oder mehr an ein von den Schilfsandsteingewässern unmittelbar gespeistes Endseen-Gebiet⁶⁵ denkt oder

⁶³ Als Wege kämen in erster Linie die „Burgundische Pforte“ oder die „Lothringische Straße“ in Betracht (M. FRANK 1931). Zur Zeit der unteren Buntmergel bestand im Süden nach FRANK „ein ausgedehnter Binnensee“.

⁶⁴ Der von LOVÉN geprägte Begriff der „Relikt-Fauna“ bezieht sich, streng genommen, nur auf Tiere mariner Herkunft in ausgesüßten Rest-Seen (Beispiele: Kaspi- und Aral-See). Bei den Relikt-Formen handelt es sich vor allem um Fische und Kruster, seltener auch um Würmer, Mollusken usw. (Listen bei J. WALTHER 1893/94 S. 124—136). Das Vorkommen der differenzierten, auf Polychaeten zurückgeführten Kriechspuren spricht eben mit dafür, daß die in Frage stehenden Schilfsandsteingewässer nicht ganz ausgesüßt waren.

⁶⁵ Ein „Endseen-Gebiet“ setzt voraus, daß der Raum im allgemeinen abflußlos war und daß die Verdunstung der Wasserzufuhr zum mindesten die Waage hielt; ein solches Gebiet fällt, auch wenn es wasserreich ist, nach JOH. WALTHER (1924) unter den Begriff der „Wüste“. In einem solchen Gebiet kann die Aussüßung auch dadurch verhindert werden, daß sich im zentralen Teil kontinentale Salze anreichern (wofür hier aber alle Anzeichen fehlen). Die brackische-Tierwelt hätte in diesem Fall, ähnlich wie dies FRANK (1937 a S. 59) für die Fauna der Leherberg-Schichten (km 3) annimmt, möglicherweise zwischen ausgesüßtem Randbereich und übersalzenem Beckeninnern gelebt.

mehr auf ein Rudiment der „Grauen Estherien-See“ zurückgreift oder schließlich bei vermutetem zeitweiligem Hereingreifen mariner Außenräume noch „lagunäre“ Einflüsse⁶⁶ geltend macht, ist unwesentlich. Tatsächlich könnte dieses Seengebiet des Beckeninnern, das mit seiner brackischen Fauna jedenfalls in der Mitte und am Ende der Schilfsandsteinzeit bis in das heutige Strom- und Heuchelberggebiet reichte, alles in allem gewesen sein. Da nach allgemeiner Auffassung das Gelände-relief gegen Ende der Schilfsandsteinzeit weitgehend ausgeglichen war, konnten die Seen nicht tief sein, auch mußten sie sich, wie dies SVEN HEDIN (1937) für die Lop-nor-Senke angibt, durch Auffüllung dauernd verändern⁶⁷. Ein ähnliches rezentes Beispiel bietet der 20 000 qkm große und nur 5—10 m tiefe Balkasch-See, in den sich das mächtige Delta des Ili ergießt. Gleichzeitig mußte sich in den Randbereichen die Delta-Schüttung vom Festland her in der mannigfachsten Weise auswirken, worauf die Schrägschichtungen, Ausräumungsdiskordanzen usw. zurückzuführen sind.

C. 2e. Die Wurmspuren-Schichtflächen des Schilfsandsteins wurden auch schon als Zeugnisse für eine Wattenbildung angesehen (z. B. G. WAGNER 1931 S. 418). Die Entstehung von Watten ist aber (abgesehen von den unbedeutenden „Wind-Watten“) grundsätzlich an die Auswirkung von Gezeiten gebunden; für Gezeiten war aber auf jeden Fall der germanische Keuper-Sedimentationsraum zu klein und die Verbindung mit dem Weltmeer, wenn überhaupt einmal eine solche vorübergehend bestand, nicht breit genug. Auch können sich Schichtflächen mit Wurmspuren in brackischen und sogar rein limnischen Ablagerungen bilden. Ein entscheidendes Kriterium, ob es sich in strittigen Fällen wirklich um marine Ablagerungen, zu denen ja auch die Watten-Meere zählen, handelt, sieht RUD. RICHTER (1926 S. 215) ferner darin, ob in der betreffenden Biotope Bauten sessiler Würmer vertreten sind, deren ortsgebundene Massensiedlungen auf den Planktongehalt des Meerwassers angewiesen sind⁶⁸. Von diesem Gesichtspunkt aus können möglicherweise jene Spuren-Horizonte des Buntsandsteins, die die U-förmigen Spreiten-Bauten *Corophioides* SMITH (= *Arenicoloides* ZIMM.) führen, auf Watten

⁶⁶ Der Begriff „Lagune“ wird in der Keuper-Geologie vielfach ziemlich unscharf gebraucht.

⁶⁷ Das gegebene Wasser wird in einem solchen Raum, dadurch, daß sich die flachen Vertiefungen ausfüllen, verdrängt und gewissermaßen hin- und hergeschoben. Auf diese Weise erklärt sich manche eigentümliche Schichtung des Schilfsandsteins des Gebiets.

⁶⁸ Bezeichnend ist in diesem Sinne z. B. die rezente „Sandkoralle“ *Sabellaria alveolata* L. der Nordsee-Watten.

bezogen werden⁶⁹, und in paläozoischer Zeit gibt das untersilurische *Phycodes*-Meer (HUNDT 1941) mit seinen zahlreichen Bauten der Spuren-Familie *Daedalae* ZIMM. ein ausgezeichnetes Beispiel eines fossilen Watten-Meeres“. Unter den bis jetzt vorliegenden Lebens-Spuren aus dem Schilfsandstein fehlen aber Formen, die als Bauten sessiler Tiere angesprochen werden könnten (bis auf das unsichere *Cylindricum* n. g. der unteren Horizonte) vollkommen,^{69a} was nicht nur mit der Gefahr der Über-sandung (s. o.) erklärt werden kann. Bestimmend dürfte wohl die Beschaffenheit des Wassers gewesen sein, das durch seinen schwankenden und u. U. zeitweise sehr geringen Salzgehalt⁷⁰ und eine starke Beimischung organischer Säuren kein meerisches Plankton mehr enthielt und sessile Tiere, die auf diese Nahrung angewiesen sind, nicht ernähren konnte. Die Beziehung auf Watten ist also sowohl paläogeographisch wie paläobiologisch unmöglich.

C. 3. Zusammenfassend umreiße ich die Bildungsverhältnisse des Schilfsandsteins im westlichen Strom- und Heuchelberggebiet folgendermaßen: Die Ablagerung erfolgte zum mindesten für die mittleren und oberen Horizonte, wie die beschriebene Spurenfauna bezeugt, im wesentlichen unter Wasser, wobei der Delta-Auslauf, der im östlichen Heuchelberg noch spürbar ist, in veränderlichen, flachen Ansammlungen jedenfalls zeitweise brackischen Wassers untertauchte; in Zeiten lebhafterer Zuströmung wurden in kürzerer Zeit die Sandsteinlagen, in längeren, stagnierenden Zeiten die Ton- und Mergelzwischenlagen sedimentiert. Da keinerlei Landmarken (Luftrisse, Rieselmarken, Regentropfeneindrücke, Kristall-Relikte von Steinsalz oder Gips) zu beobachten sind⁷¹ obwohl der vielfache Wechsel des Sedimentationsmaterials (Ton/Sand)

⁶⁹ Ein Teil der Spreiten-Bauten (z. B. aus dem Oberkreide-Flysch) wird neuerdings von WEIGELT, PAPP u. a. auf Grab-Spuren brachyurer Krebse zurückgeführt.

^{69a} Die Aufführung von Rizocoralliiden-Bauten (*Corophioides*) aus dem Schilfsandstein der Tübinger Gegend in der Fossil-Liste von MARKTHALER (1 936 S. 116) beruht auf einer falschen Auslegung einer Literaturbezeichnung von M. (nicht „W“) SCHMIDT (1930 S. 30).

⁷⁰ Nach SVEN HEDIN (1937) stoßen in derartigen Seen, wie z. B. dem Lop-nor, auch breite Streifen des einströmenden süßen Wassers unvermittelt an Flächen mit salzhaltigem Wasser. — Schlammungen der Schilfsandstein-Tone von Sternenfels ergaben keine Spur von Mikro-Organismen. Daß bis jetzt auch in den deutlich marin beeinflussten Horizonten des Mittl. Keupers keine Mikroorganismen gefunden wurden, ist auffallend. Die Ochsenbachschicht des Stubensandsteins (km 4) des Strombergs enthält Ostracoden, wahrscheinlich von Süßwassercharakter (O. LINOR 1942 b S. 253).

⁷¹ Der Unterschied gegen den späteren Stubensandstein (km 4) des Strombergs ist bezeichnend! In diesem finden sich alle genannten Landmarken nicht zu

für die Erhaltung derartiger anorganismischer Spuren besonders günstig gewesen wäre, muß die Gegend ohne nennenswerte Unterbrechung von Wasser bedeckt gewesen sein. Dafür spricht auch, daß nur „Unterwasser-“ und keine „Überwasser-Spuren“ vorkommen. Der von mir 1943 (a) beschriebene „fossile Wurzelboden“ von Equisetiten im Oberen Schilfsandstein von Mühlbach i. B. stört diese grundsätzliche Vorstellung nicht, da diese ausgesprochenen Sumpfgewächse auch auf gelegentlich auftauchenden Untiefen wachsen konnten. Im ganzen aber kann die Gegend nicht dicht bewachsen gewesen sein, da Pflanzenreste an sich selten sind und in manchen Aufschlüssen so gut wie völlig fehlen. Es ist anzunehmen, daß es sich um ziemlich ausgedehnte, landferne und öde Gewässer handelte, in die die wenigen erhaltenen Pflanzenreste zum größten Teil aus weiterer Entfernung eingeschwemmt wurden.

In die verhältnismäßig reiche Tierwelt, die jedenfalls in den stillen Zeiten im, auf und über dem Schlammgrund der Wasseroberfläche lebte, geben die Spuren Einblick, während sie für die Sand-Schüttungszeiten nichts aussagen; in diesen finden sich aber bezeichnenderweise am ehesten größere Pflanzenreste (Bruchstücke von Equisetiten; widerstandsfähige Wedel von Pterophyllen). Der mit Wahrscheinlichkeit als brackisch anzunehmende Lebensraum der aus den Spuren erschlossenen Fauna ist genetisch auf Überbleibsel der Gipskeuper-See oder episodische Einwanderungen aus marinen Bereichen zurückzuführen.

Der ständige Wechsel zwischen ruhiger Ton- und lebhafterer Sandablagerung war bei vermutlich besonders geeigneter physikalischer Beschaffenheit des vorauszusetzenden Tonschlammes für die fossile Erhaltung von Spuren zuweilen ungewöhnlich günstig. Daß sich keine körperlichen Reste der Tiere erhielten, liegt zunächst daran, daß viele der anzunehmenden Erzeuger (z. B. die Würmer) an sich nicht fossilisationsfähig waren; Sande sind zudem von vornherein ungünstig für die Konservierung körperlicher Reste, vor allem aber wird die chemische Beschaffenheit des Wassers der Erhaltung von Körperfossilien im Wege gestanden sein. Die Schilfsandstein-Sedimente sind, wie schon mehrfach betont wurde, auch, wo es makroskopisch nicht erkennbar ist, ihrer ganzen Herkunft nach reich an feinst zerriebenem organismischem (vor allem pflanzlichem) terrigenem Detritus; durch die von diesem bewirkte Zellulosegärung (s. Abschn. A) enthielt das Wasser der Schilfsandsteingewässer zahlreiche organische Säuren, die alle organismischen Reste angriffen und auflösten. Dies gilt insbesondere für alle kalkhaltigen Hartteile wie selten, da er unter ganz anderen, ausgesprochen kontinentalen Bildungsumständen entstanden ist (vgl. O. LINCK 1938).

Mollusken-Schalen; Limuliden-Panzer wurden auch durch aassfressende Würmer zerstört. Ein zu großer Gehalt an organischen Säuren dürfte zugleich an vielen Stellen ausgesprochen sauerstoffarme, stickige Räume geschaffen haben, in denen sich von vornherein kein oder nur ein geringes organisches Leben halten konnte. Neben den grundsätzlich schlechten Erhaltungsmöglichkeiten für organismische Reste wird das Fehlen von Tierfossilien im Schilfsandstein somit auch auf ursprünglich ungünstige Lebensverhältnisse in den gegebenen Wasseransammlungen zurückzuführen sein. Insbesondere konnten höhere Tiere, voran die wenig anpassungsfähigen Fische und damit in Zusammenhang die wasserbewohnenden und fischfressenden Reptilien (Sauropterygier, Parasuchier) in solchen Räumen nicht leben; die landnahen Stegocephalen aber lebten erst recht in der Wasser-Wüste nicht, ihre Reste sind eingeschwemmt. Auch das sporadische Auftreten der beschriebenen Spuren-Fauna ist möglicherweise z. T. auf solche ursprünglichen Umstände zurückzuführen.

Neben den angereicherten organischen Säuren muß das Wasser der Schilfsandstein-Seen des Beckennern auch viel gelöstes Eisen enthalten haben. Zuweilen bestand, wie die heute lagen- und bandweise auftretenden Rot- und Brauneisen-Konkretionen erkennen lassen, sogar ein starker Überschuß an gelösten Eisensalzen. In diesen Zeiten bildete das Mündungsgebiet des Schilfsandstein-Deltas ein stagnierendes Gewässer mit zahlreichen Eisenverbindungen, vor allem Hydroxyden, in dem wie im heutigen Mündungsbereich des Ob alle organismischen Reste, mit Ausnahme mancher eingeschwemmter Pflanzenreste, verloren gingen. Die heutigen Eisenkonkretionen zeigen somit hier keine alte Landoberfläche an; das Eisen entstammt vielmehr dem dichtbewachsenen Abtragungsgebiet des Schilfsandsteins, wo es unter Einfluß der Verwesung reichlich vorhandener humoser Stoffe gelöst und bei der Denudation in Lösung weggeführt wurde. Im übersättigten Ablagerungsraum des Beckennern schlug sich das Eisen dann zunächst in Form von Limoniten nieder⁷²; erst bei der Diagenese des Sediments zog es sich in Konkretionen zusammen.

C. 4. Wie weit ähnliche Bildungsverhältnisse für andere Schilfsandsteingebiete, insbesondere auch weiter landeinwärts in Richtung auf das Abtragungsgebiet hin, anzunehmen sind, ist noch zu klären. Da sedimentpetrographische und rein stratigraphische Untersuchungen bei der ganzen Entstehungsweise des Schilfsandsteins hiefür keinen sichern Anhalt zu geben vermögen

⁷² Über den Vorgang im einzelnen vgl. J. WALTHER 1893/94 S. 656.

und Körperfossilien, soweit sie überhaupt vorkommen, sich aus den mehrfach erwähnten Gründen nur unsicher auswerten lassen, wären auch hier Spurenfossilien für die Beurteilung der Frage besonders wichtig. Möglicherweise sind sie in andern Gebieten nur noch nicht beobachtet worden, oder sie können sich andernorts nur nicht erhalten haben, da ja für die Konservierung von Spuren immer ein besonders günstiges Zusammenwirken verschiedener Umstände Voraussetzung ist. Aus dem Fehlen der beschriebenen fossilen Lebens-Spuren in andern Gebieten kann daher nicht unbedingt gefolgert werden, daß die entsprechenden Tiere dort nicht gelebt haben. Grundsätzlich ist möglich, daß der subaquatische und im wesentlichen brackische Anteil der Schilfsandstein-Sedimentation wenigstens zeitweise weiter gereicht hat, als zunächst ersichtlich ist. Für eine derartige episodische Ausdehnung des Wasserraums des Beckeninnern braucht man nicht unbedingt an Hebungen oder Senkungen zu denken; die geringste Klimaschwankung (Steigerung der Niederschläge, Herabsetzung der Verdunstung) mußte in dem morphologisch ausgeglichenen Gelände weite Überflutungen hervorrufen, wobei in Gegenrichtung zu der Materialzufuhr vom Abtragungsgebiet her, auch rückwärts vom Tief des Beckens her sedimentiert wurde. Vor allem in den „Flutrinnen“ dürfte sich gelegentlich das brackische Wasser aus dem Beckentief rückwärts gestaut haben; von diesen aus könnten sich auch in tieferen Teilen des eigentlichen Deltaraums vorübergehend brackische Wasseransammlungen gebildet haben. So wird, wie in der Gipskeuper-Zeit oder zur Zeit der Bildung der Bunten Mergel, das Beckentief auch hier zum mindesten episodisch mehr, als bisher angenommen wurde, aktiv für die Sedimentation der Schilfsandstein-Stufe mit verantwortlich zu machen sein. Erst zu Beginn der eigentlichen Stubensandsteine ändern sich im Raum von Württemberg die Verhältnisse grundsätzlich.

C. 5. Im großen Rahmen ergibt sich für die Entstehung des Schilfsandsteins in Südwestdeutschland folgendes Bild: Von den Abtragungsgebieten, dem Vindelizischen Land und in geringerem Maß dem Ardennen-Hochland, erstreckte sich in die germanische Trias-Mulde ein breiter, flach auslaufender „Delta-Saum“, der sein Material auf dem flachen Boden des Trogs ausbreitete. Dieser Delta-Bereich verzahnte sich auf die mannigfachste Weise mit einem veränderlichen, brackischen Wasserraum im Beckentief, der selbst an der Sedimentation beteiligt war und zu Zeiten größerer Wasserfülle auch in das eigentliche „Delta“ zurückwirkte, wobei seine marine Reliktfauna mitunter Gelegenheit haben mochte, auch in die Delta-Räume einzudringen. Die zahlreichen Wasserläufe des Delta-Saums bestanden aus breiten Stromrinnen, die sich im Beckentief fächer-

förmig unter Wasser fortsetzten, wobei das geringere spezifische Gewicht ihres Wassers bedingte, daß sich die Einstromung samt ihren Sinkstoffen $\pm$ flächenhaft über große Räume ausbreitete⁷³. Die Wasserführung der Stromrinnen wechselte stark, was durch Sand-Sedimentation (besonders auch sog. „Schichtflutenbildung“) einerseits und Pausen mit Ton-Sedimentation andererseits angedeutet ist; jedenfalls in der Nähe des Abtragsgebiets schnitten sich die Wasserläufe, wie seit THÜRACH feststeht, in den liegenden Gipskeuper ein, zugleich werden sie vor allem zu Beginn der Zeitstufe und im Beckeninnern, wie REIFF annimmt, gegebene rinnenförmige Vertiefungen ausgefüllt haben. Bei hohem Wasserstand traten die Stromrinnen über ihre Ufer; mit zunehmender Einebnung des Reliefs mäanderten sie bei nachlassender Erosionskraft in dem weichen Untergrund, wobei am Gleithang flächenhaftere Ablagerung, am Prallhang Seitenerosion erfolgte⁷⁴. Auf diese Weise läßt sich manche Verbreiterung der Flutrinnen-Fazies ebenso wie manche örtliche steile Ausräumungs-Diskordanz unschwer erklären. Zugleich zeigten die Wasserläufe des Schilfsandstein-Deltas bei ihrem vorauszusetzenden geringen Gefäll wohl ähnlich wie manche heutigen Flüsse Nord-Chinas (z. B. der Hoangho) Neigung, ihr eigenes Bett zu erhöhen; bei plötzlicher starker Wasserführung durchbrachen sie ihre Ufer und verlegten ihren Lauf. Manche $\pm$ lokale „Schichtflutenbildungen“ der späteren Zeit lassen sich auf diese Weise begreifen⁷⁵. Der Raum zwischen den Flutrinnen, die „Normal-

⁷³ Die Vorstellung des Einstromens beseitigt auch eine gewisse Schwierigkeit, die sich in all den Fällen ergibt, in denen sich die Flutfazies offensichtlich weder in den Untergrund eingefressen hat, noch gegebene Vertiefungen ausgefüllt wurden. In diesen Fällen müßte die Flutfazies, die die Normalfazies an Mächtigkeit oft um das Zehnfache übertrifft, die Oberfläche der Normalfazies wallartig überragt haben. Nimmt man Einstromung in Wasseransammlungen an, so lassen sich die Ablagerungen der „Flutrinnen“ als flache Schuttkegel begreifen, die peripherisch ausliefen. Das auf diese Weise entstandene ungleichmäßige Relief wurde dann entweder durch Verlagerung der Sandfazies oder durch die „Dunklen Mergel“ ausgeglichen. Es würde sich um einen ähnlichen Vorgang handeln, wie ihn FRANK (1929 S. 13) für das Verständnis des Verhältnisses zwischen dem Oberen Schilfsandstein und den Dunklen Mergeln im mittleren Württemberg annimmt; FRANK denkt an Staubeinwehungen in kurzwährende Seeflächen zwischen den Sandzungen.

⁷⁴ In der Gegenwart hat z. B. der Amurdarja sein Bett im Lauf von 100 Jahren nachweislich 5 km seitlich verlegt (J. WALTHER 1924 S. 31). Zur Erklärung zieht WALTHER das VON BAER'sche Stromgesetz heran, nach dem die Flüsse der nördlichen Erdhalbkugel infolge der Erdumdrehung eine Verlegung nach rechts erfahren sollen. Auf Grund dieses Gesetzes halten P. VOLLRATH (1928) und FRANK (1929) auch für den Lettenkohle- und Schilfsandstein „eine Verschiebung der Flüsse von S nach N oder NO“ für möglich.

⁷⁵ „Schichtflutenbildungen“ werden in der Keuper-Geologie oft recht gewaltsam zur Erklärung herangezogen. Bei den „Schichtflutenbildungen“ des Schilfsand-

fazies“, war im eigentlichen Deltabereich am Rande des Abtragungsgebiets bald überflutet, bald sumpfig trocken; hier ist wohl der eigentliche Lebensraum der Stegocephalen und vielleicht auch noch der landbewohnenden Reptilien zu suchen. Die „Normalfazies“ im Beckeninnern aber bedeutet Räume, die von der subaquatischen Sandschüttung der einströmenden Flutrinnen nicht mehr erreicht wurden⁷⁶. Das Klima war jedenfalls im und am Abtragungsgebiet im allgemeinen regenreich (humid) und warm. Dafür zeugen die überlieferten Pflanzenreste: Die Equisetiten bildeten in Sumpfgebieten und an Wasserrändern ausgedehnte Röhrichte, die Cycadophyten sind wärmeliebende Pflanzen des trockenen Landes; ausgesprochene Xerophyten, wie sie für Buntsandstein-Flora bezeichnend waren (MÄGDEFRAU 1942), aber fehlen. Daß das Klima im Beckeninnern, wenigstens zum Schluß der Zeitstufe, wie REIFF angibt, „extrem arid“ gewesen sei, ist zu bezweifeln, da keinerlei Merkmale eines ariden Klimas festzustellen sind. Das ganze Deltagebiet dürfte im übrigen keineswegs so üppig bewachsen gewesen sein, wie es gern dargestellt wird („Dschungel“); sonst hätte es bei dem vorherrschenden humiden Klima und der zum mindesten zeitweise anzunehmenden Wasserfülle viel mehr zu autochthoner oder allochthoner Kohlebildung kommen müssen⁷⁷. Nur die Equisetiten sind im Überschwemmungsgebiet des Beckeninnern stellenweise sicher bodenständig gewesen (Wurzelhorizont von Mühlbach i. B.); die Gymnospermen sind reine Landgewächse. Der größte Teil der überlieferten Pflanzenreste dürfte jedenfalls in den landfernen Bereichen des Deltas, was aus ihrem ganzen Erhaltungszustand hervorgeht (einzelne Blätter, lose Strünke, Häcksel)⁷⁸, von weit rückwärts, größtenteils sogar

steins handelt es sich jedenfalls in meinem Gebiet um ziemlich begrenzte Bildungen, während eine echte Schichtflutenbildung eine Überschüttung eines großen Bereichs durch eine ausgesprochene Katastrophenflut voraussetzt.

⁷⁶ So kann auch die Fischreste führende Normalfazies von REIFF (1938) aus einem stillen, von der subaquatischen Schüttung kaum erreichten Teil einer größeren Wasseransammlung stammen. Im übrigen gehe ich mit REIFF darin durchaus ein, daß gerade die kaum durchforschte und wenig erschlossene Normalfazies noch Wesentliches zur Aufhellung der Bildungsumstände des Schilfsandsteins beitragen kann (insbesondere auch unter Berücksichtigung von Spuren-Fossilien).

⁷⁷ Örtlich kam es, wie in dem artverwandten Lettenkohle-Sandstein, manchmal zu kleinen, minderwertigen Braunkohle-Lagen, die schon falsche Hoffnungen erweckt haben. So wurde im 17. Jahrhundert ein 10 cm (!) mächtiges „Flöz“ im Stuttgarter Schilfsandstein bergmännisch abgebaut (BADER 1939). WALTHER (1893/94) gibt an, daß in rezenten Delten Torfschichten häufig vorkommen.

⁷⁸ Dies ist längst bekannt, aber wohl zu wenig gewürdigt worden. Schon PLIENINGER (in H. v. MEYER & TH. PLIENINGER 1844 S. 83) schreibt in Beziehung auf den Schilfsandstein von Stuttgart: „Die Stämme der sogenannten Calamiten und der Equisetaceen sind in dem Gestein bei Stuttgart nur in Fragmenten vorhanden,

wohl vom Abtragungsgebiet her antransportiert worden sein, wie auch heute von großen Strömen (z. B. dem Amazonas-Strom) Pflanzenteile hunderte von Kilometern verfrachtet werden. Körperliche Reste von Tieren können bei den ganzen Bildungsverhältnissen des Schilfsandsteins ebenfalls stets ortsfremd eingebettet sein; sie erhalten sich zudem, wahrscheinlich infolge der Beschaffenheit des Wassers der Schilfsandsteingewässer, schlecht, worauf mit der Mangel an Körperfossilien zurückzuführen sein wird. Günstig waren dagegen, jedenfalls stellenweise, die Verhältnisse für die Konservierung von Spuren-Fossilien, die aus dem Grund besondere Beachtung verdienen, weil sie eine bodenständige Fauna anzeigen. Die hier aus dem nordwestlichen Württemberg beschriebene Spuren-Fauna besteht dabei bemerkenswerterweise, ähnlich wie dies ABEL (1935 S. 178) für die Schlamm-Sedimente der Mangrove-Zonen Amerikas angibt, überwiegend aus Spuren von Würmern und Arthropoden (hier Xiphosuren, dort vor allem Krabben). Schließlich dürfte für einen derartigen Bildungsraum, wie er für den Schilfsandstein als Ganzes angenommen werden muß, in dem terrestrische, fluviale, limnische, brackische und äolische Einflüsse auf die mannigfachste Weise durcheinanderwirkten, keine große Aussicht auf eine feinere stratigraphische Untergliederung bestehen, die über das rein Örtliche hinausgreifen könnte. Gerade der Schilfsandstein des Strom- und Heuchelberggebiets läßt dies deutlich erkennen. —

Viele Züge hat im übrigen der Schilfsandstein dieses Gebiets genetisch und sedimentpetrographisch mit dem Flysch des Alpen- und Karpathenvorlands gemein. In beiden Fällen handelt es sich überwiegend um Sandsteine, die je nachdem tonig, glimmerführend, eisen-schüssig, plattig oder grobbankig sind, sowie um Tone und Mergel. Hier

alle bis jetzt gefundenen horizontal in den Sandstein gebettet; es finden sich häufig zerknickte, zerschlitzte, gespaltene Exemplare, nur wenige mit Wurzeln oder Endspitzen sind bis jetzt, und ein ganzer Stengel mit Wurzel und Endspitze ist meines Wissens noch nicht gefunden worden.“ — MÄGDEFRAU (1942 S. 53) gibt für die autochthone oder allochthone Herkunft von Pflanzenablagerungen folgende Kriterien: Einerseits „Wurzeln im Liegenden — Aufrechtstehende Stämme — Vorzüglich erhaltene größere Pflanzenreste — Mittelkörniges Nebengestein“, andererseits „Fehlen von Wurzelhorizonten — Nur liegende Stämme — Schlecht erhaltene Häcksel — Grobkonglomeratisches Nebengestein.“ Mit Ausnahme der Gesteinsbeschaffenheit weisen alle Merkmale im Schilfsandstein auf fremde Herkunft der Pflanzenreste hin. Der fossile Wurzelhorizont von Mühlbach i. B. (O. LINCK 1943) ist der einzige, den ich in der Gegend sah. Fossile Wurzelböden scheinen im Schilfsandstein verhältnismäßig seltener zu sein als im Rotliegenden oder im Buntsandstein, was einen wichtigen Hinweis auf die andersartigen Bildungsverhältnisse bedeutet.

wie dort finden sich rasch aufeinanderfolgende Wechsellagen von Sandsteinen einerseits und Ton- und Mergelschichten andererseits, ferner lokale Diskordanzen, Rippelmarken, Fließmarken, verschwemmte Pflanzenreste, und steht einer Minderzahl schlecht erhaltener Körperfossilien eine Mehrzahl konservierter Spurenfossilien gegenüber (Kriechspuren, Fucoiden, Problematica). Auch bei der Ablagerung des Flyschs lieferte ein regenreiches Hinterland mit warmem, in diesem Fall ausgesprochen tropischem Klima das Sedimentationsmaterial für einen flach auslaufenden Delta-Saum am Rande eines Abtragungsgebiets⁷⁹. Ein wesentlicher Unterschied ist allerdings, daß das Flysch-Delta in einem Flachmeer untertauchte (ZUBER 1901), während das „Schilfsandstein-Delta“ in einem brackischen Seengebiet endete. Das ursprüngliche Flyschsediment war auch noch reicher an vegetabilischem Detritus als das Sediment des Schilfsandsteins, so daß es dort zu Erdöl-Bildung kommen konnte. Sonst aber stehen manche Teilräume des Schilfsandsteins dem Flysch so nahe, daß diesen verwandtschaftlichen Beziehungen einmal im einzelnen nachgegangen werden sollte.

⁷⁹ Aktuelle Flyschbildung findet nach ZUBER im heutigen Orinoco-Delta statt. ABEL (1926 S. 172) denkt sich den Flysch nach Art der Mangrove-Sümpfe entstanden, wobei dem dichten Wurzelgeflecht der Pflanzen die entscheidende Rolle zugeschrieben wird.

Schriften.

- Abel, O.: Amerikafahrt. Jena (Fischer) 1926.
- Über Schwimmfährten von Fischen und Schildkröten aus d. Lithograph. Schiefer Bayerns. Palaeobiologica. **3**. 1930.
 - Vorzeitliche Lebensspuren. Jena (Fischer) 1935.
- Andrée, K.: Das Meer und seine geologische Tätigkeit. In SALOMON-CALVI, Grundzüge der Geologie. Stuttgart (Enke) 1922/26.
- Bader, E.: Zur Stratigraphie und Bildungsgeschichte d. Unt. Keupers zwischen O-Württ. u. Unt.-Franken. Abh. Geol. Landesuntersuchung a. Bayr. Oberbergamt. **24**. München 1936.
- Geschichte des Bergbaus u. d. Steinbrüche von Stuttgart. Veröff. Württ. Landesstelle f. Naturschutz. **16**. 1939.
- Banzhaf, W.: Kriechspuren von Kugelmuscheln (*Sphaerium*). Natur und Volk. **66**. 1936.
- Bill, Ph. C.: Über Crustaceen aus dem Voltziensandstein des Elsasses. Mitt. Geol. L.-Anst. Els.-Lothr. **8**. 1914.
- Brill, R.: Erläuterungen zu Bl. „Bauschlott“, Geol. Spez.-Karte von Baden (Württembergisch Oetisheim). Freiburg 1939.
- Brinkmann, R.: Tektonik und Sedimentation im deutschen Triasbecken. Z. Deutsche Geol. Ges. **78**. 1926.
- Caster, Kenneth E.: A restudy of the tracks of *Paramphibius*. J. of Palaeontol. **12**. New Haven 1938.

- Dacqué, E.: Vergleichende biol. Formenkunde d. fossilen niederen Tiere. Berlin (Borntraeger) 1921.
- Dahmer, G.: Lebensspuren aus dem Taunusquarzit und den Siegener Schichten (Unterdevon). Jb. Preuß. Geol. Landesanst. 1936.
- Fährten, Wohnbauten und andere Lebensspuren mariner Tiere im Taunusquarzit des Rheintaunus. Jb. Nassauischer Ver. f. Naturk. 85. 1938.
- Deecke, W.: Geologie von Baden, I. Berlin (Borntraeger) 1916.
- Die Fossilisation. Berlin (Borntraeger) 1923.
- Delo, D. M.: Locomotive habits of some trilobites. Amerik. Midland Naturalist. 16. 1935 (Ber. RUD. RICHTER, N. Jb. Mineral. usw. Beil.-Bd. 1938).
- Dunk, K. von der: Perlschnüre und Knopfreiher als Oberflächenformen eines Sandstrands unter Einwirkung des Windes. Natur und Museum. 59. 1929.
- Fener, R.: Über den Keuper im oberen Neckartal. Diss., Tübingen 1901.
- Finckh, A.: Beiträge z. Kenntnis des Stuttgarter Keupers. Jh. Ver. f. vaterl. Naturk. i. Württ. 67. 1911.
- Fraas, E.: Die Labyrinthodonten der Schwäbischen Trias. Palaeontographica 36. 1889.
- Die Bildung der germanischen Trias, eine petrogenetische Studie. Jh. Ver. f. vaterl. Naturk. i. Württ. 55. 1899.
- Frank, M.: Das stratigraphische Verhältnis zwischen Schilfsandstein u. Dunklen Mergeln i. mittl. Württemberg. Mitt. Geol. Abt. Württ. Stat. Landesamt. 12. 1929.
- Marine Straßen und Faunenwanderwege in Süddeutschland zur Triaszeit. Geol. Rdsch. 22. 1931.
- Ergebnisse neuer Untersuchungen über Fazies und Bildung von Trias und Jura in Südwestdeutschland. Geol. Rdsch. 28. 1937 [1937a].
- Paläogeographischer Atlas von Südwestdeutschland. Mitt. Geol. Abt. Württ. Stat. Landesamt. 17. 1937 [1937b].
- Der Gesteinsaufbau Württembergs. Stuttgart (Schweizerbart) 1942.
- Frentzen, K.: Die Keuperflora Badens. Verh. Naturw. V., Karlsruhe. 28. 1921/22.
- Die Bildungsgeschichte d. Ob. Buntsandsteins Südwestdeutschlands im Lichte der Paläontologie. Z. deutsch. geol. Ges. 83. 1931.
- Freyberg, B. v.: Thüringen, Geol. Geschichte und Landschaftsbild. Schr. d. Deutschen Naturkundevereins. 5. (Öhringen) 1937.
- Götz, Carl: Über die Veränderung des Muschelkalks und Keupers im Trier-Luxemburger Becken nach Westen am Südrande der Ardennen. Jb. Preuß. geol. Landesanst. 35. 1914.
- Götzinger & Becker: Neue Fährtenstudien aus dem ostalpinen Flysch. Senckenbergiana. 16. 1934.
- Grimpe: Die Tierwelt der Nord- und Ostsee. Leipzig (Ak.-Verlags-Gesellschaft) 1938.
- Häntzschel, W.: Erhaltungsfähige Schleifspuren von Gisch am Nordseestrand. Natur und Volk. 65. 1935.
- Fährten und Problematica. Ber. Forstschr. d. Paläontol. 2. 1937/38.
- Die Lebensspuren von *Corophium volutator* PALLAS und ihre paläontologische Bedeutung. Senckenbergiana. 21. 1939.
- Wattenmeerbeobachtungen am Ringelwurm *Nereis*. Natur und Volk. 70. 1940.

- Zur jüngsten geol. Entwicklung der Jadebucht. I. Das Alluvium und der voralluviale Untergrund im nordöstl. Stadtgebiet von Wilhelmshaven. *Senckenbergiana*. **23**. 1941 [1941a].
- Gleichlauf und Verzweigung von Fährten der Strandschnecke *Littorina*. *Natur und Volk*. **71**. 1941 [1941b].
- Hedin, Sven: Der wandernde See. Leipzig (Brockhaus) 1937.
- Heer, O.: Die Urwelt der Schweiz. Zürich (Schultheiß) 1864.
- Hennig, E.: Geologie von Württemberg nebst Hohenzollern. Berlin (Borntraeger) 1922.
- Huene, F. v.: Die fossile Reptilordnung *Saurischia* usw. Monogr. z. Geol. u. Paläontol. Ser. 1. 1932.
- *Henodus chelyops*, ein neuer Placodontier. *Palaeontographica*. **84**. Abt. A, 1938.
- Das Alter des Verrucano auf Grund zahlreicher Reptilfährten. *Eclogae Geol. Helvetiae*. **33**. 1940.
- Nochmals zur Altersfrage des Verrucano. *N. Jb. f. Mineral. usw.* 1944.
- Hummel, K.: Tierfährtenbilder vom Tropenstrand. *Natur u. Museum*. **60**. 1930.
- Hundt, R.: Das mitteldeutsche *Phycodes*-Meer. Jena (Fischer) 1941.
- Kirchner, H.: *Limulus sandbergeri* n. sp. aus dem fränkischen Ob. Buntsandstein. *Zbl. f. Mineral. usw.* 1923, Abt. B.
- Klippel, I.: Kraterbildungen durch ausströmende Sumpfgase. *Natur u. Volk*. **69**. 1939.
- Köpf, E.: Die geologischen Verhältnisse am Spitzberg bei Tübingen. Diss., Tübingen 1925.
- Korn, H.: Entgasungsspuren in Sedimenten. *Chemie d. Erde*. **7**. 1932.
- Korschelt, E. & Heider, K.: Lehrbuch d. vergl. Entwicklungsgeschichte d. wirbellosen Tiere. 1890.
- Kreji-Graf, K.: Definition der Begriffe Marken, Spuren, Fährten usw. *Senckenbergiana*. **14**. 1932.
- Beobachtungen am Tropenstrand. IV. *Senckenbergiana*. **17**. 1935.
- Kuhn, O.: Neue Lebensspuren von Würmern aus der deutschen Obertrias (Steigerwald). *S.-B. Ges. Naturf. Freunde*, Berlin 1937.
- Beiträge zur Keuperfauna von Halberstadt. *Pal. Z.* **21**. 1939.
- Kükenthal, W. & Th. Krumbach,: Handbuch der Zoologie, Liefg. 3 und 8. Berlin (W. de Gruyter) 1932 u. 1935.
- Lang, R.: Der Mittlere Keuper im südlichen Württemberg. *Jh. Ver. f. vaterl. Naturk. i. Württ.* **65**. 1909 und **66**. 1910.
- Landschaftsbild und Klima zur Buntsandstein- und Keuperzeit in Schwaben. *Jh. Ver. f. vaterl. Naturk. i. Württ.* **66**. 1910.
- Das vindelizische Land zur Mittleren Keuperzeit. *Jh. Ver. f. vaterl. Naturk. i. Württ.* **67**. 1911.
- Zur Stratigraphie des Keupers in Südwestdeutschland. *Jh. Ver. f. vaterl. Naturk. i. Württ.* **75**. 1919.
- Lange, W.: Über neue Fossilfunde aus der Trias von Göttingen. *Z. deutsch. geol. Ges.* **74**. 1922.
- Linck, O.: Ein Lebensraum von *Ceratodus* im Stubensandstein des Strombergs mit *Ceratodus rectangulus* n. sp. und andern Arten. *Jh. Ver. f. vaterl. Naturk. Württ.* **92**. 1936.

- Schichtfolge und Entstehung des Stubensandsteins des Strombergs. *Naturw. Mschr. Aus der Heimat.* **51.** 1938.
- Beobachtungen an einem Klärbecken. Eine geol.-biol. Studie. *Naturw. Mschr. „Aus der Heimat“.* **55.** 1942 [1942a].
- Die Spur *Isopodichnus*. *Senckenbergiana.* **25.** 1942 [1942b].
- Fossile Wurzelböden aus dem Mittleren Keuper. *Natur u. Volk.* **73.** 1943 [1943a].
- Linck, O.: Die Buntsandstein-Kleinfährten von Nagold (*Limulodichnus nagoldensis* n. g. n. sp., *Merostomichnus triassicus* n. sp.). *N. Jb. f. Mineral. usw.* 1943, Abt. B. [1943b].
- Die sogenannten Steinsalz-Pseudomorphosen als Kristall-Relikte. *Abh. Senckenberg. Naturf. Ges.* **470.** 1946.
- Linke, O.: Nachträglich veränderte Lebensspuren im Schlickwatt. *Natur u. Volk.* **66.** 1936.
- Mägdefrau, K.: Zur Stratigraphie und Fossilführung des thüring. Buntsandsteins. *Beitr. z. Geol. Thüringens.* 1932 [1932a].
- Über einige Bohrgänge aus dem Unt. Muschelkalk von Jena. *Pal. Z.* **14.** 1932 [1932b].
- Der geologische Aufbau der Umgebung von Jena. In „Jena, Universitätsstadt in Vergangenheit und Gegenwart“. Jena 1940.
- Paläobiologie der Pflanzen. Jena (Gustav Fischer) 1942.
- Markthaler, R.: Die Feuerlettenkonglomerate und das Transgressionsproblem im Mittleren Keuper Frankens. *Abh. Naturhist. Ges. Nürnberg* **26.** 1937.
- Meyer, H. & Plieninger, Th.: Beiträge zur Paläontologie Württembergs. Stuttgart 1844.
- Oertle, G. F.: Das Vorkommen von Fischen in der Trias Württembergs. *N. Jb. f. Mineral. usw.* 1928, Abt. B.
- Paulus, E. & Bach H.: Begleitworte zur geogn. Spez.-Karte von Württemberg, Atlasbl. Besigheim und Maulbronn. Stuttgart 1865.
- Pfeiffer, W.: Ost—West-Profil durch den Mittleren und Oberen Keuper Süddeutschlands. *Jber. u. Mitt. Oberrh. Geol. Ver.* 1923 [1923a].
- Das vindelizische Land. *Erdgesch. u. landesk. Abh. aus Schwaben u. Franken.* **5.** (Öhringen) 1923 [1923b].
- Bericht über einen Vortrag „Würmer in der Oberen Trias“. *Jber. u. Mitt. Oberrh. Geol. Ver.* **20.** 1931.
- Quenstedt, F. A.: Geologische Ausflüge in Schwaben mit bes. Berücksichtigung von Tübingens Umgebung. Tübingen 1864.
- Reiff, W.: Obere bunte Estheriensichten, Schilfsandstein und Dunkle Mergel im mittleren Württemberg. *Tübinger Geogr. u. Geol. Abh., Reihe I.* **26.** (Öhringen) 1938.
- Reis, O. M.: Über Bauten und Tubikolen, über Rhizocorallium und verwandte Versteinerungen im Muschelkalk Frankens. *Geogn. Jh.* **22.** 1909.
- Richter, Rud.: Ein devonischer Pfeifenquarzit usw. *Senckenbergiana.* **2.** 1920.
- *Scolithus*, *Sabellarifer* und Geflechtsquarzite. *Senckenbergiana.* **3.** 1921.
- Die fossilen Fährten und Bauten der Würmer. *Pal. Z.* **9.** 1928.
- Marken und Spuren im Hunsrückschiefer. I. Gefleßmarken. *Senckenbergiana.* **17.** 1935.
- Marken und Spuren im Hunsrückschiefer. II. Schichtung und Grundleben. *Senckenbergiana.* **18.** 1936.

- Referat über DELO (s. d.). N. Jb. f. Mineral. usw. 1938.
- Risse durch Innenschrumpfung und Risse durch Lufttrocknung. Senckenbergiana. **23**. 1941 [1941a].
- Marken und Spuren im Hunsrückschiefer. III. Fährten als Zeugnisse des Lebens auf dem Meeresgrunde. Senckenbergiana. **23**. 1941 [1941b].
- Einführung in die Zoologische Nomenklatur durch Erläuterung der internationalen Regeln. Frankfurt a. M. (Senckb. Naturf. Ges.) 1943.
- Richter, Rud. & E.: Eine Lebensspur (*Syncropolus pharmaceus*) gemeinsam dem rheinischen und böhmischen Ordovizium. Senckenbergiana. **21**. 1939 [1939a].
- Die Kotschnur *Tomaculum* GROOM. Senckenbergiana. **21**. 1939 [1939b].
- Riek, G. & R. Lebküchner: Über Fährtenfunde im Mittl. Buntsandstein des Nordschwarzwaldes. Zbl. f. Mineral. usw. 1928.
- Rieth, A.: Neue Beobachtungen über U-förmige Bohrröhren aus rhätischen und oberjurassischen Schichten. N. Jb. f. Mineral. usw. 1931, Abt. B.
- Rücklin, H.: Über Wurmsspuren im Voltziensandstein des Nordsaargebiets. Bad. Geol. Abh. **6**. 1934.
- Rühle v. Lilienstern, H.: Fährten und Spuren im Chirotheriensandstein von Südhüringen. Fortschr. d. Geol. u. Pal. **12**. 1939.
- Schindewolf, O. H.: Studien aus dem Marburger Buntsandstein I.—VII. Senckenbergiana. **3** u. **10**. 1921 u. 1928.
- Schmidt, H.: Einführung in die Paläontologie. Stuttgart (Enke) 1935.
- Schmidt, M.: Die Lebewelt unserer Trias. Öhringen (Rau) 1928.
- Erläuterungen zur Geol. Spezialkarte von Württemberg, Bl. Tübingen (96). Stuttgart (Kohlhammer) 1930.
- Die Lebewelt unserer Trias. Nachtrag. Öhringen (Rau) 1938.
- Schmidtgen, O.: Insektenfährten aus dem Rotliegenden bei Mainz. Natur u. Museum. **57**. 1927.
- Die Fundstelle von Pflanzen und Insekten in den Hydrobienkalken am Petersberg bei Mainz-Kastel. Pal. Z. **20**. 1938.
- Schnarrenberger, K.: Erläuterung zu Bl. Kürnberg, Geol. Spezialkarte von Baden. Heidelberg (Winter) 1905.
- Schwarz, A.: Spannungsauswirkungen an raumschwügenden Stoffen. Senckenbergiana. **14**. 1932.
- Seilacher, A.: Elasmobranchier-Reste aus dem Ob. Muschelkalk und dem Keuper Württembergs. N. Jb. f. Mineral. usw. 1943, Abt. B.
- Silber, E.: Der Keuper im nordöstl. Württemberg. Erdgesch. u. landesk. Abh. aus Schwaben u. Franken. **3**. (Öhringen) 1922.
- Sörgel, W.: Beiträge zur Geol. von Thüringen. II. Spuren mariner Würmer im Mittl. Buntsandstein usw. N. Jb. f. Mineral. usw. **49**. 1923.
- Ein Apuditentümpel aus dem Buntsandstein. Pal. Z. **10**. 1928.
- Stettner, G.: Einige Keuperprofile aus der Gegend von Heilbronn. Jh. Ver. f. vaterl. Naturk. i. Württ. **70**. 1914.
- Størmer, L.: Downtonian Merostomata from Spitsbergen with remarks on the suborder *Synziphosura*. Norsk geol. Tidsskrift. **19**. Oslo 1939.
- Stromer v. Reichenbach, E.: Vortrag über Molukkenkrebse. Z. Deutsch. Geol. Ges. 1907.

- Thürach, H.: Über die Gliederung des Keupers im nördl. Franken. Geogn. Jh. 1888/89.
- Beiträge zur Kenntnis des Keupers in Süddeutschland. Geogn. Jh. 1900.
- Torell, O.: Petrificata Suecana Formationis Cambriacae. Acta Universitatis Lundensis. 6. 1869. Lund 1870.
- Trusheim, F.: Aktuo-paläontologische Beobachtungen an *Triops cancriformis* SCHAEFF. Senckenbergiana. 13. 1931.
- Eine bedeutsame Schichtfläche aus d. Muschelkalk und ihre Auswertung für die Meeresgeologie. Natur u. Museum. 63. 1933.
- Ein neuer Leithorizont im Hauptmuschelkalk in Unterfranken. N. Jb. f. Mineral. usw. 1934, Abt. B.
- Vollrath, P.: *Ceratodus elegans* n. sp. aus dem Stubensandstein. Jber. u. Mitt. Oberrh. Geol. Ver. N. F. 12. 1923.
- Beiträge zur vergl. Stratigraphie und Bildungsgeschichte des Mittleren und und Oberen Keupers in Südwestdeutschland. N. Jb. f. Mineral. usw. 60. 1928.
- Begleitworte zur Geogn. Spezialkarte von Württemberg. Atlasbl. Besigheim. 4. Aufl. 1929.
- Wagner, G.: Stylolithen und Drucksuturen. Geol. u. Pal. Abh. N. F. 11. 1913.
- Erd- und Landschaftsgeschichte. Öhringen (Rau) 1931.
- Walther, J.: Einleitung in die Geologie als historische Wissenschaft. Jena (Fischer) 1893/94.
- Das Gesetz der Wüstenbildung in Gegenwart und Vergangenheit. 4. Auflage. Leipzig (Quelle & Meyer) 1924.
- Allgemeine Paläontologie. Berlin (Borntraeger) 1927.
- Wasmund, E.: Biocoenose und Thanatocoenose. Arch. f. Hydrobiol. 18. 1926.
- Weigelin, M.: Der Untere Keuper im westlichen Württemberg. Diss. Stuttgart (Schweizerbart) 1913.
- Weinland, K.: Geologische Untersuchungen in den Löwensteiner Bergen und dem Mainhardter Wald. Würzburg (K. Triltsch) 1933.
- Weiß, W.: Der Lettenkohlenkeuper am Nordwestrand der böhmischen Masse und seine Beziehungen zur Trias-Randfazies. Diss. Kallmünz (Michael Laßleben) 1932.
- Beobachtungen an Zopfplatten. Z. Deutsch. Geol. Ges. 1940.
- Westergård: *Diplocraterion*, *Monocraterium* and *Scolithus* from the Lower Cambrian of Sweden. Sveriges geol. Undersökning, Ser. C. Arh. och upps. 472, trsc. 23. Nr. 5. Stockholm 1931.
- Westmeyer, A.: Die Mergel des süddeutschen Gipskeupers und seine Fossilhorizonte. Diss. Würzburg (K. Triltsch) 1932.
- Weyland, H. & E. Budde: Fahrten aus dem Mitteldevon von Elberfeld. Senckenbergiana. 14. 1932.
- Zeller, F.: Beiträge zur Kenntnis der Lettenkohle und des Keupers in Schwaben. Zbl. f. Mineral. usw. 1907.
- Zuber, R.: Über die Entstehung des Flysch. Z. f. prakt. Geol. 9. 1901.

Erklärung der Tafeln.**Tafel I:**

- Fig. 1. *Cylindricum gregarium* n. g. n. sp. Handstück mit z.T. erhaltenen Röhrenzapfen. Schicht-Unterseite; Unterer Schilfsandstein, Stockheim. Etwa 1 : 1. (Aufn. Verf. 650.)
- Fig. 2. Wie Fig. 1. Stärkere Zapfen durch einen Pflanzenrest abgedeckt. 1 : 1. (Aufn. Verf. 681.)
- Fig. 3. Wie Fig. 1. Jedoch keine Zapfen, sondern nur die runden Inhomogenitätsflächen der abgebrochenen Zapfen. 1 1. (Aufn. Verf. 680.)

Tafel II:

- Fig. 1. *Ichnyspica pectinata* n. g. n. sp. Oberer Schilfsandstein, Stetten a. H. Schicht-Unterseite, Innenschrumpfungs-Risse. Wahrscheinlich Liege- oder Ruhe-Spur. 1 : 2 (Aufn. Verf. 616.)
- Fig. 2. *Ichnyspica pectinata* n. g. n. sp. Oberer Schilfsandstein, Sternenfels; Schicht-Unterseite. Einseitige Schwimm-Spur. Nicht ganz 1 : 1. (Aufn. Verf. 694.)
- Fig. 3. *Isopodichnus* sp. Oberster Schilfsandstein, Mühlbach i. B.; Schicht-Unterseite. „Buckel“ und längere Spuren. Nicht ganz 1 : 1. (Aufn. Verf. 703.)

Tafel III:

- Fig. 1. „Gekörnelte Tunnel-Geflechte.“ Schilfsandstein, Stuttgart. Altes Sammlungsstück der Württ. Naturaliensammlung. Nicht ganz 1 1. (Aufn. Verf. 675.)
- Fig. 2. „Skulpturierter Rinnen-Ausguß“ auf der Unterseite der Platte Taf. II Abb. 1. Schilfsandstein, Stetten a. H.; Innenschrumpfungs-Risse. Wahrscheinlich Anneliden-Kriech-Spur. Etwa 1 : 1. (Aufn. Verf. 616.)
- Fig. 3. „Zopfwülste.“ Oberster Schilfsandstein, Sternenfels. Tunnel- oder Kriech-Spuren. Oben rechts Fragment von *Ichnyspica pectinata* n. g. n. sp. 1 : 1. (Aufn. Verf. 719.)

Tafel IV:

- Fig. 1. *Biformites insolitus* n. g. n. sp. Oberer Schilfsandstein, Maulbronn; Schicht-Unterseite. Bimorphe, unter Wasser entstandene Spur. Etwa 1 : 1,2. (Aufn. Verf. 699.)
- Fig. 2. *Biformites insolitus* n. g. n. sp. Oberer Schilfsandstein, Maulbronn; Schicht-Unterseite. Längere Spur, scheinbare Verzweigung. Etwa 1 1. (Aufn. Verf. 759.)
- Fig. 3. „Bogenförmige, zuweilen dreistrahligte Lebens-Spuren.“ Oberer Schilfsandstein, Sternenfels; Schicht-Unterseite. Tunnel (Wander- oder Fraßgänge im Zwischen-Sediment). Strömungs-Rippeln. Etwa 1 : 1,6; Kupferpfennig als Maßstab. Die schwere Platte konnte nicht geborgen werden. (Aufn. Verf. 693.)

Tafel V:

- Fig. 1. *Limuludichnus variabilis* n. g. n. sp. Oberster Schilfsandstein, Sternenfels; Schicht-Unterseite Strömungs-Rippeln. Limuliden-Schreitfährte mit Eindrücken der Beine und Schlepp-Spur des Schwanzstachels (z. T. aus der Fährtenbahn hinausschwingend). Bewegung von links nach rechts. Neben der Hauptfährte noch Kleinspuren (cfr. „*Lumbricaria*“). Etwa 1 : 10. (Aufn. Verf. 704.)
- Fig. 2. Limuliden-Fährte. Sternenfels wie Abb. 1. Halbschwimm-Fährte. Schlepp-Spur fehlt; differenzierte Eindrücke des 6. Beinpaars (vgl. Textabb. 3). Etwa 1 : 6. (Aufn. Verf. 888.)

Tafel VI:

Limuludichnulus gracilis n. sp. Oberer Schilfsandstein, Freudenstein; Schicht-Unterseite. Lauf-Fährte eines Xiphosuren mit 8 Auftritten (vgl. Textabb. 4) und seitlich liegender Schlepp-Spur. Zwei Spurenzüge; der linke eine Schichtlamelle höher liegend und nur im durchgedrückten Umriss erkennbar. Bewegung in der offenen Fährte von unten nach oben. Sonstige Kleinspuren. 1 : 1,2. (Aufn. Verf. 887.)

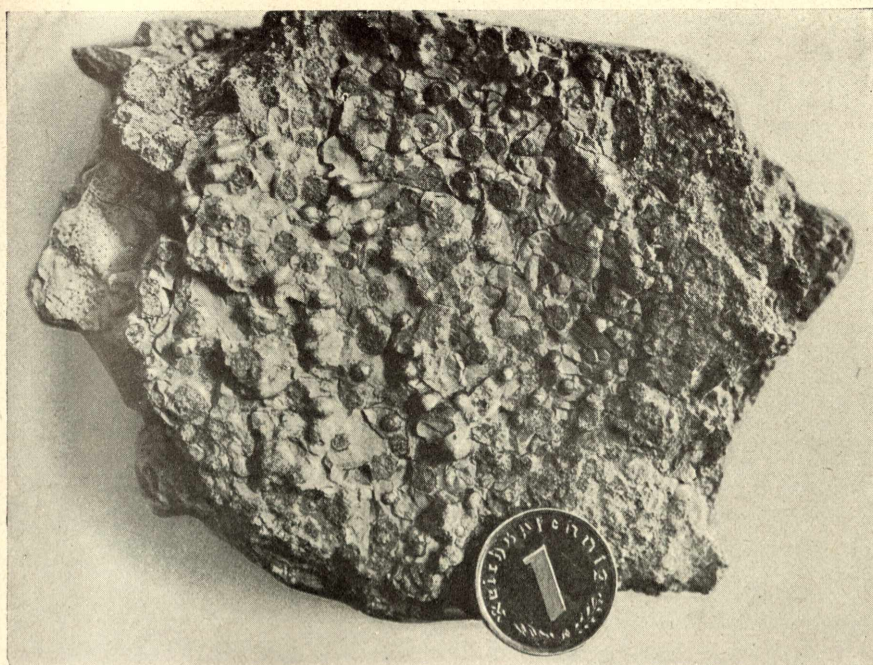
Tafel VII:

- Fig. 1. *Limuludichnus variabilis* n. g. u. sp. Oberster Schilfsandstein, Sternenfels; Schicht-Unterseite. Rechts Hälfte einer Schreit-Fährte mit aussetzender Schleppspur des Stachels; diagonal eine Schwimm-Spur mit dem Eindruck des geschleppten Stachels und parallelen Strichen, die als Ausfüllungen von Kratzern der den Grund gerade noch streifenden Beine mit ihren Scherenenden zu deuten sind. Links unten eine weitere Fährte, ähnlich Taf. VI Abb. 2. Etwa 1 : 6; Kupferpfennig als Maßstab. Die schwere Platte konnte nicht geborgen werden. (Aufn. Verf. 739.)
- Fig. *Limuludichnulus gracilis* n. sp. (?). Oberster Schilfsandstein, Sternenfels; Schicht-Unterseite. Halbschwimm-Fährte; unten trat das Tier noch einigermaßen auf, während oben die rudern den Beine den Grund eben noch ritzen. Bewegung von links nach rechts. Merkwürdige z. T. gerichtete (?) und geschichtete Batzen. Etwa 1 : 3; Kupferpfennig als Maßstab. (Aufn. Verf. 712.)

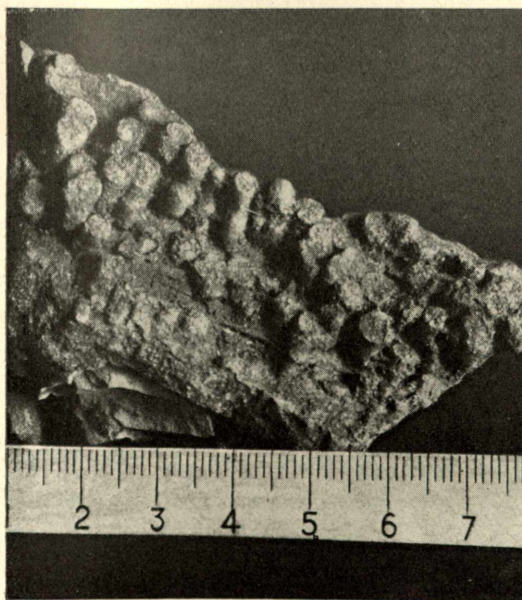
Tafel VIII:

- Fig. 1. „Einzeilige Reihenhöcker-Spur.“ Schwimm-Spur eines unbekannten, größeren Tiers. Schilfsandstein, Sternenfels; Schicht-Unterseite. Etwa 1 : 1,2. (Aufn. Verf. 721.)
- Fig. Wie Fig. 1. Außerdem Anneliden-Kriechspuren. Etwa 1 : 2. (Aufn. Verf. 672.)
- Fig. 3. Wie Fig. 1. Auseinandergerückte, gestreckte Form. Etwa 1 : 3. (Aufn. Verf. 673.)
- Fig. 4. Schwimm-Spur eines größeren Fische. Oberster Schilfsandstein, Sternenfels; Schicht-Unterseite. Etwa 1 : 3. (Aufn. Verf. 717.)

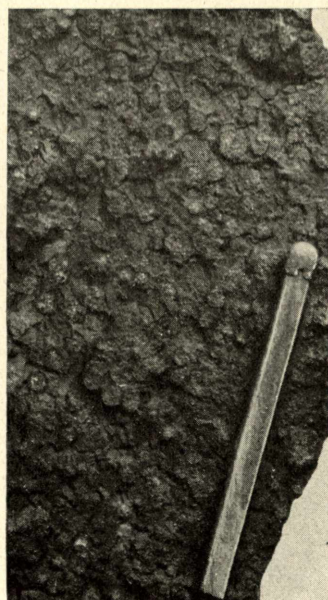
Die Originale befinden sich in der Privatsammlung des Verfassers. Sie werden zu gegebener Zeit der Würtenbergischen Naturaliensammlung in Stuttgart übergeben werden.



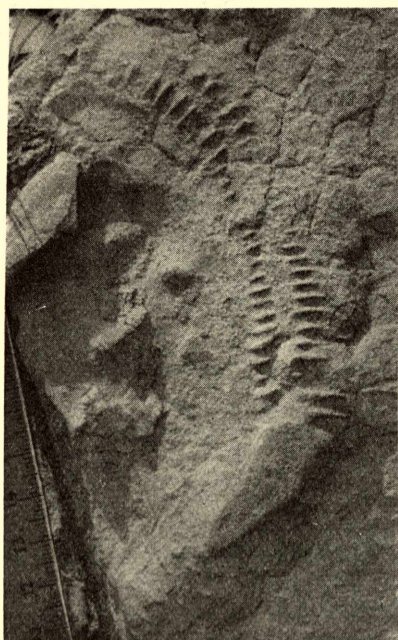
1



2



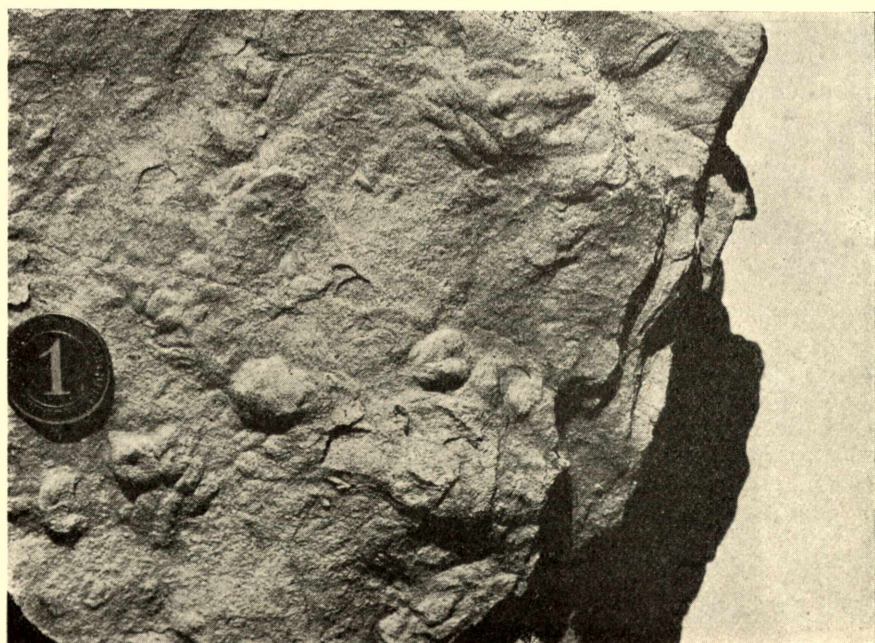
3



1



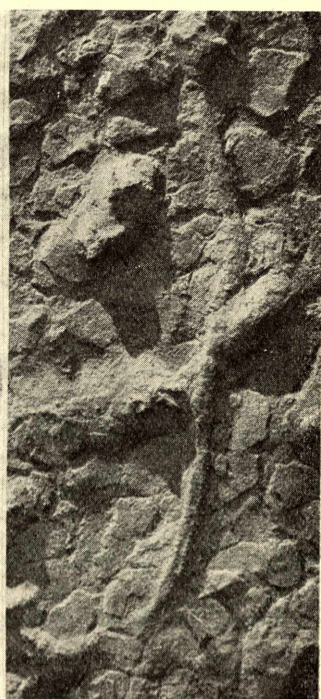
2



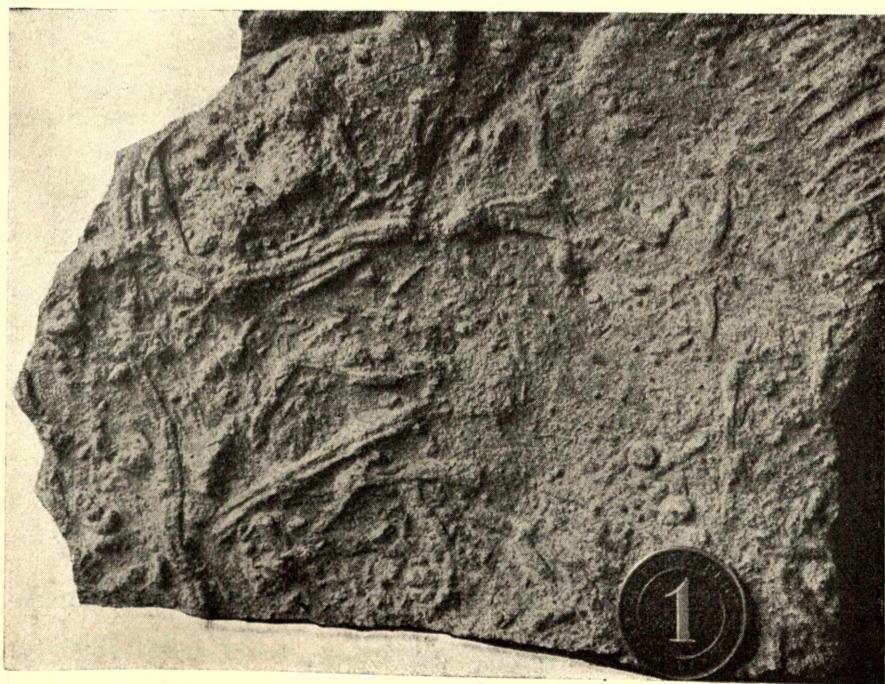
3



1



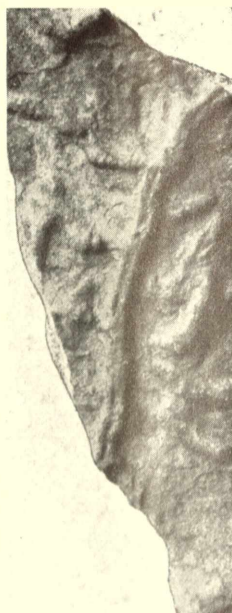
2



3



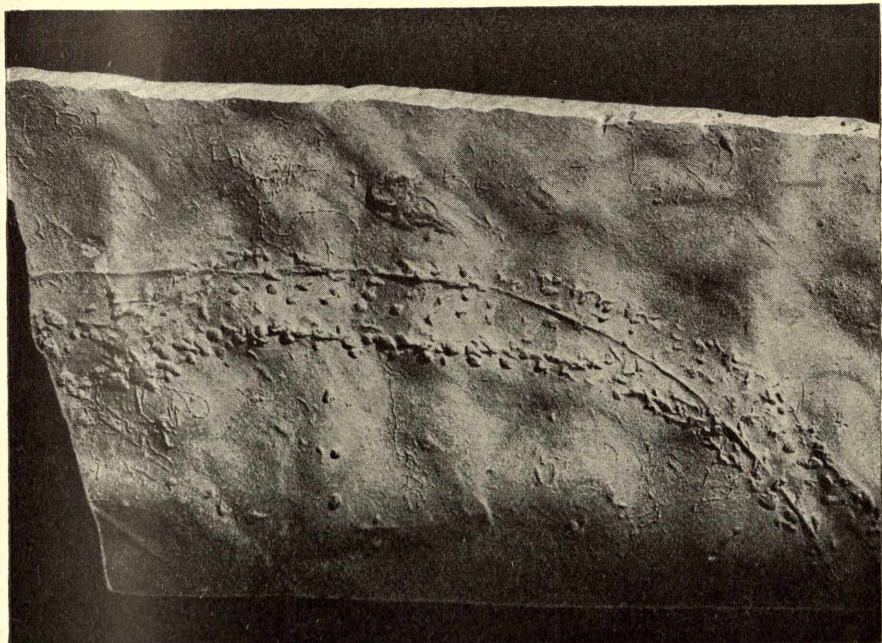
1



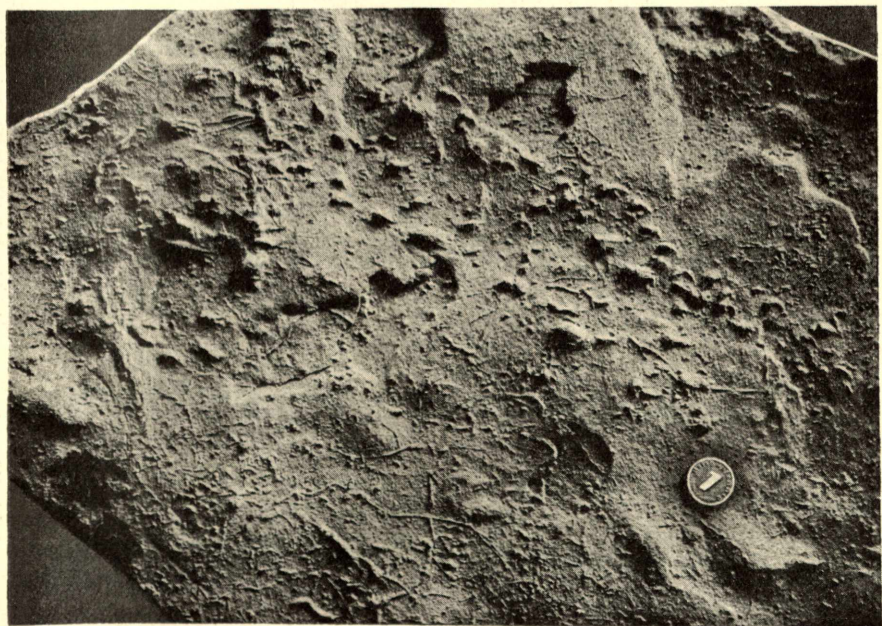
2



3



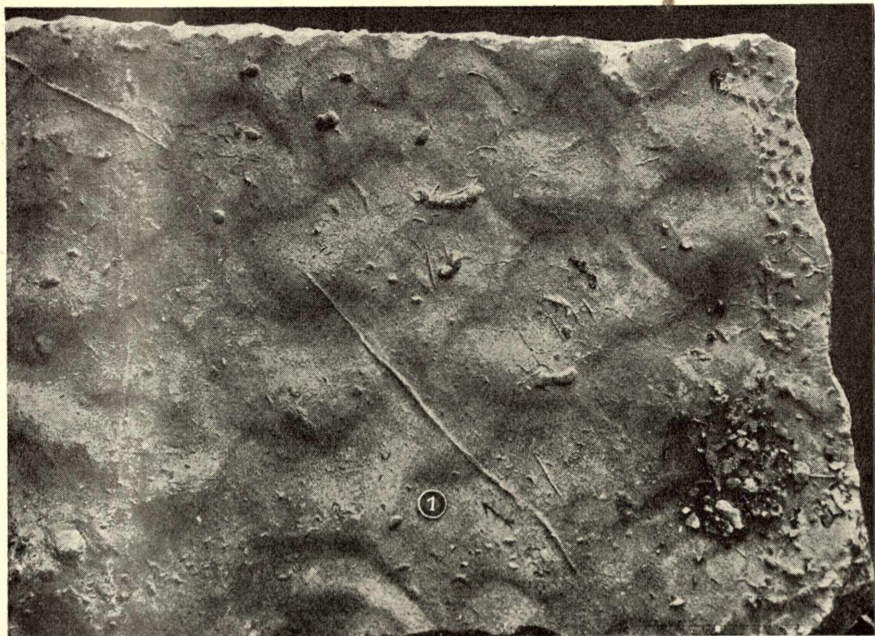
1



2



In der Richtung des Pfeils (Bewegungsrichtung) zu betrachten!



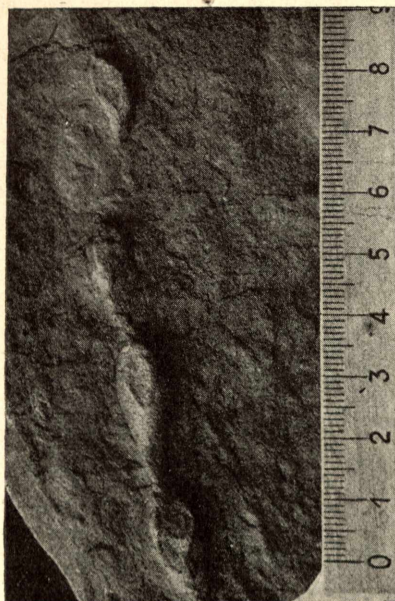
1



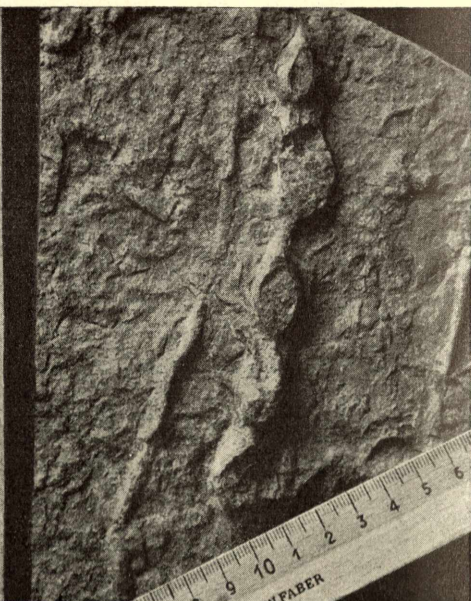
2

Tafel VIII

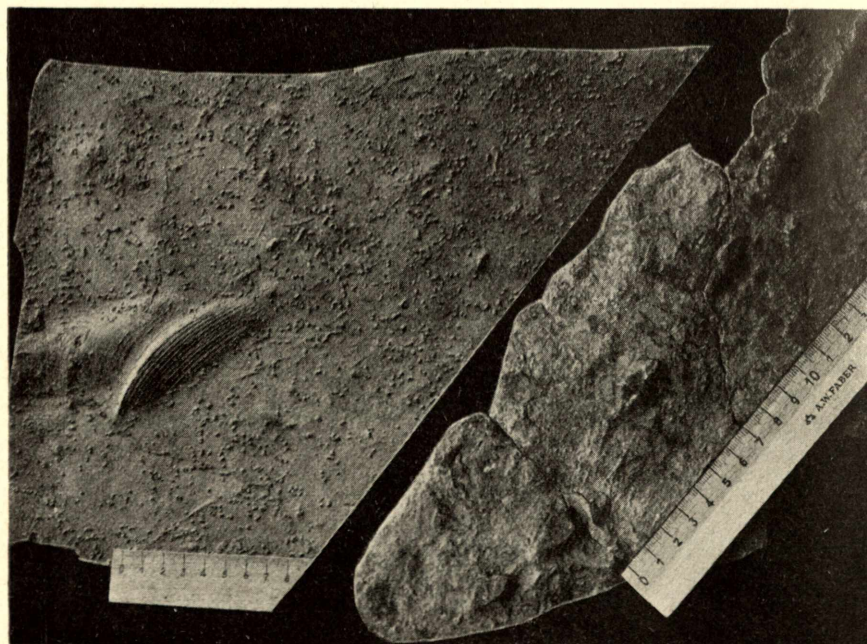
— 100 —



1



2



4

3