

Ist der Schilfsandstein des Mittleren Keupers eine Flußablagerung?

Mit 4 Abbildungen

Von ULRICH EMMERT¹⁾

Einleitung

Der Schilfsandstein ist in auffallend uniformer Ausbildung im ganzen mitteleuropäischen Keuperbecken verbreitet und wird dadurch zum wichtigsten Leithorizont oder, besser gesagt, zur wichtigsten Leitzone des Mittleren Keupers. Diese sandige, Pflanzenreste führende Schicht hebt sich sowohl von den im Liegenden als auch im Hangenden tonig-mergelig entwickelten Keupersedimenten deutlich ab. In Franken werden die Schichten unmittelbar unter dem Schilfsandstein Estheriensichten und die Tonsteinsfolge darüber Lehrbergschichten (= Rote Wand) genannt. P. WURSTER (1964) hat erst vor kurzer Zeit eine ausführliche Darstellung von der „Geologie des Schilfsandsteins“ gegeben, auf die ich ausdrücklich hinweisen möchte, um überflüssige Wiederholungen möglichst zu vermeiden.

Typisch für den Schilfsandstein ist seine außerordentlich gleichmäßige Feinkörnigkeit (0,06—0,20 mm; vorwiegend bei $0,1 \pm \text{mm}$) im gesamten Ablagerungsraum. Er ist meistens tonig gebunden und führt in der Regel viel Glimmer. M. SALGER gibt anschließend auf S. 169 eine detaillierte Gesteinsbeschreibung eines Schilfsandsteinprofils aus dem Steigerwald. Mächtigkeiten von 50 m und darüber sind zwar von einzelnen Orten nachgewiesen (vgl. Abb. 1), im allgemeinen ist die Schilfsandsteinstufe jedoch zwischen 10 m und 40 m mächtig. Irgendeine Abhängigkeit der Schilfsandsteinmächtigkeit von der Lage im Keuperbecken läßt sich bis jetzt nicht erkennen. Die Sandsteine dieser Stufe sind in einem fließenden Wasser abgelagert worden, das bezeugen die vielen Kreuz- und Schrägschichten, Strömungsrippel, die P. WURSTER (1964, S. 24) eingehend untersucht hat, Erosionsrinnen und breschige Aufarbeitungslagen.

Die Schilfsandsteinstufe

Mit wohlbegründeter Absicht spricht H. THÜRACH (1888, S. 132) von der „Stufe des Schilfsandsteins“ und nicht einfach vom „Schilfsandstein“, wie es sich später eingebürgert hat. Das Wort „Schilfsandstein“ wird heute in doppeltem Sinne gebraucht: einmal als Bezeichnung für den namengebenden Sandstein, also in rein petrographischem Sinne, und zum anderen als stratigraphische Bezeichnung für einen Schichtverband bzw. für eine ganze Schichtstufe, wobei das Wort „Stufe“ hier keine biostratigraphische Bewertung besitzt. Die Schilfsandsteinstufe setzt sich in den meisten Fällen aus einer Wechselfolge von Sandstein- und

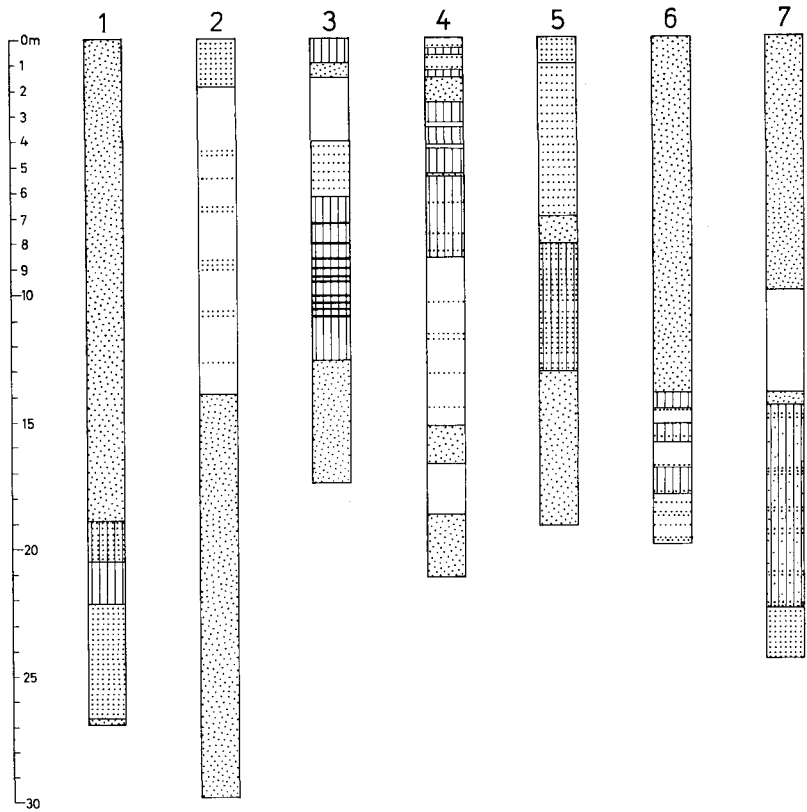
¹⁾ Anschrift des Verfassers: Regierungsrat Dr. ULRICH EMMERT, Bayerisches Geologisches Landesamt, 8 München 22, Prinzregentenstraße 28.

Tonsteinlagen zusammen (Abb. 1). Weil das der Normalfall ist, nannte THÜRACH (1888, S. 133) diese Art der Ausbildung „normal gelagerten Schilfsandstein“. Das Verhältnis von Sandstein- zu Tonsteinlagen wechselt in der Schilfsandsteinstufe von Profil zu Profil. Es gibt Profile, in denen der Tonanteil bei weitem die sandigen Schichten überwiegt (vgl. S. 155), ja es soll sogar Lokalisationen geben, wo im Bereich der Schilfsandsteinstufe überhaupt keine sandigen Partien mehr feststellbar sind. Sehr viel bekannter ist das andere Extrem seiner Ausbildung, in dem die Sandsteine überwiegen und tonige Zwischenlagen unter Umständen ganz fehlen können. Diese Entwicklung ist unter der Bezeichnung „Flutbildung“ bekannt (vgl. S. 150). Die Flutbildung ist jedoch eine Ausnahme von der Regel, das darf man nicht vergessen.

Normalausbildung

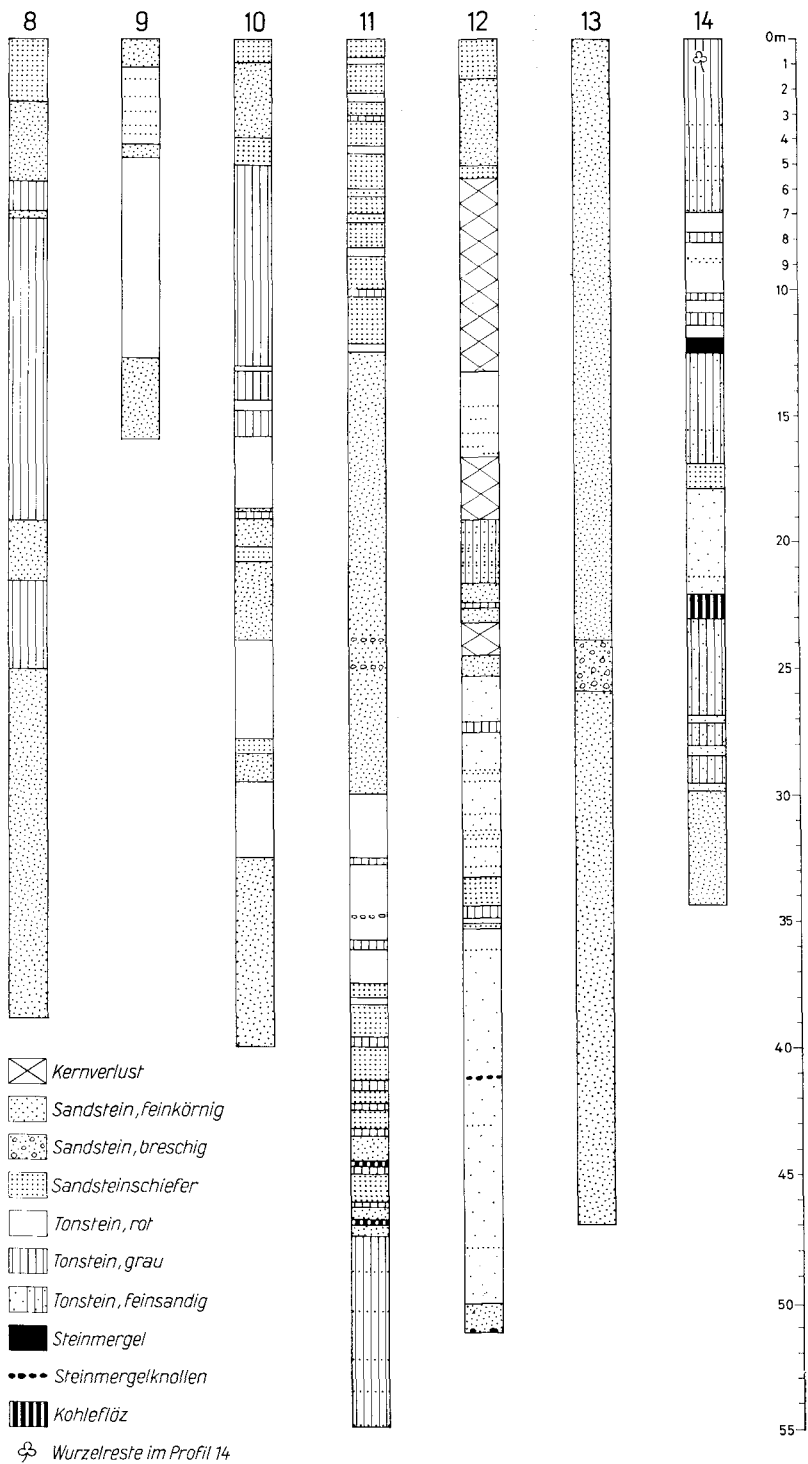
Die Schilfsandsteinstufe kann über den liegenden Estherienschiefern auf dreierlei Art einsetzen:

1. Sie kann sich durch eine allmähliche Zunahme des Feinsandgehaltes in einem gleitenden Faziesübergang („Übergangsschichten“ THÜRACHS) aus den Estherienschiefern entwickeln. In diesem Falle läßt der kartierende Geologe die Schilfsandsteinstufe gewöhnlich mit der ersten festen Sandsteinbank beginnen.
2. Der Schilfsandstein kann aber auch ohne erkennbaren Übergang unmittelbar auf den schluffigen Estherienschiefern liegen.
3. Zwischen den liegenden Estherienschiefern und dem hangenden Schilfsandstein ist manchmal eine Aufarbeitungslage von unterschiedlicher Mächtigkeit eingeschaltet. — Mehrere Meter mächtige, massive Bausandsteinlagen liegen häufig, aber durchaus nicht immer, an der Basis der Stufe; auch im höheren Teil des Profiles (vgl. Abb. 1) können solche auftreten. Zwischen den Sandstein- und Tonsteinlagen der Schilfsandsteinstufe kann man innerhalb der Wechselfolge alle nur denkbaren Übergänge beobachten. Die sandigen Schichten können massiv, dünnbankig oder schiefrig gelagert sein oder auch nur als vereinzelte Mürbsandschmitzen im Tonstein vorkommen. Andererseits weisen die tonigen Partien häufig einen spürbaren Feinsandgehalt (Tonsandschichten) auf und enthalten dann oft auch kohligen Pflanzendetritus. Darüber hinaus können in der Schilfsandsteinstufe jedoch auch schluffige Tonsteinfolgen auftreten, die weder einen spürbaren Feinsandgehalt noch Pflanzenreste aufweisen und die sich deshalb meiner Ansicht nach (vgl. WURSTER 1964, S. 36, 43, 118), wenn sie grau gefärbt sind, weder von den liegenden Estherienschiefern, noch, wenn sie rot gefärbt sind, von den hangenden Lehrbergschichten unterscheiden lassen. Die Rotfärbung setzt bereits in den oberen Estherienschiefern (vgl. THÜRACH 1888, S. 130) ein, pendelt innerhalb der Schilfsandsteinstufe hin und her (vgl. Abb. 1) und setzt sich erst in den hangenden Lehrbergschichten (= Rote Wand) vollkommen durch. Bemerkenswert ist, daß innerhalb der tonigen Schichtenfolgen auch dolomitische Mergelagen mit Estherien und kleinen Muscheln vorkommen können (vgl. Abb. 1, Profil 3 und EMMERT 1965), wie in den tieferen Estherienschiefern. Die Obergrenze der Schilfsandsteinstufe ist meines Erachtens ebenfalls eine Faziesgrenze, wenn sie auch nicht so starken Schwankungen unterliegt wie die Untergrenze (vgl. S. 165). Die Sandführung im Sediment hört allmählich auf. Selbst in Bohrkernen läßt sich oft keine scharfe Grenze zwischen dem Schilfsandstein und den



- Profil 1: Stickelsberg, Unterfranken, Bl. 6228, EMMERT 1965, Abb. 14
 Profil 2: Füttersee, Mittelfranken, Bl. 6228, EMMERT 1965, Abb. 14
 Profil 3: Erlabronn, Mittelfranken, Bl. 6228, EMMERT 1965, Abb. 14
 Profil 4: Hohnsberg, Mittelfranken, Bl. 6229, EMMERT 1965, Abb. 14
 Profil 5: Zeil am Main, Unterfranken, Bl. 5929, v. GÜMBEL 1894, S. 49
 Profil 6: Unfinden, Unterfranken, Bl. 5929, THÜRACH 1888, S. 144
 Profil 7: Brennhausen, Unterfranken, Bl. 5729, THÜRACH 1888, S. 134
 Profil 8: Raindorf, Mittelfranken, Bl. 6431, BIRZER 1940, S. 3
 Profil 9: Neuenheerse, Teutoburger Wald, STILLE 1901, S. 60
 Profil 10: Quedlinburg, SCHROEDER, H. 1927, S. 44—45
 Profil 11: Marnitz, Mecklenburg, WIENHOLZ 1960, S. 435
 Profil 12: Tempelburg, östlich Berlin, SEITZ 1949, S. 471—473
 Profil 13: Leschna bei Oppeln, ASSMANN 1929, S. 159
 Profil 14: Oppeln, Oberschlesien, ASSMANN 1926, S. 374.

Abb. 1. Verschiedene Schilfsandsteinprofile.



hangenden Lehrbergschichten ziehen (vgl. E. WIRTH 1951, S. 675 und SEITZ 1951, S. 471). Zu den Besonderheiten der Schilfsandsteinstufe des mitteleuropäischen Keuperbeckens zählen neben Pflanzen- und Tierfunden geringmächtige Einlagerungen von Roteisenknollen oder Limonitkrusten sowie Pyritknollen, Kohle, Anhydrit bzw. Gips und sogar von Steinsalz (vgl. S. 158).

Gliederungsversuche

Die Wechselfolge von Sandstein- und Tonsteinlagen in der Schilfsandsteinstufe hat immer wieder zu Gliederungsversuchen gereizt. Schon THÜRACH (1888, S. 133) versuchte diese Schichtenfolge in ein grobes Schema zu zwingen (Abb. 2, I) und nach ihm wieder W. REIFF (1938, S. 117). Aber es hat sich gezeigt, daß sich diese Stufe keiner stratigraphischen Ordnung beugt. Typisch für diese Stufe ist einzig und allein die Regellosigkeit der Schichtenfolge (Abb. 1). Wohl am eindrucksvollsten wird dieses Verhalten durch die Profilzusammenstellung von E. WIRTH (1951, S. 677) demonstriert: In dem Ölfeld von Weiher bei Bruchsal ist die 16—33 m mächtige Schilfsandsteinstufe durch zahlreiche (über 50) Bohrungen, die einen durchschnittlichen Abstand von etwa 100 m besitzen, aufgeschlossen worden mit dem Ergebnis, daß jede Bohrung praktisch ein anderes Profil zeigt. Ähnlich verhält es sich auch mit den Bohrungen von Neustadt a. d. Aisch, die W. HAARLÄNDER (1963) zusammengestellt hat.

Wann liegt eine Normalausbildung vor und wann Flutbildung?

Die Vorstellung THÜRACHS (1888, S. 103 und 140), der ja zum ersten Mal diese beiden Faziestypen einander gegenübergestellt hat, gibt die Abbildung 2, I wieder. Seiner Ansicht nach nimmt die Schilfsandsteinsedimentation von einzelnen, in die Estherienschichten hinabreichenden Flutrinnen aus ihren Anfang. Nachdem diese Erosionsrinnen mit Sand aufgefüllt waren (mit „Flutbildung“ im eigentlichen Sinne), breitete sich im inneren Keuperbecken normal gelagerter Schilfsandstein darüber aus. Flutbildung würde also dort vorliegen, wo die Schilfsandsteinstufe mit massiven Sandsteinlagen einsetzt und ihre Mächtigkeit beträchtlich höher ist als die der Normalausbildung. Obwohl sich diese Definition recht klar und eindeutig anhört, ist sie doch äußerst schwierig anzuwenden, denn sie setzt voraus, daß die Mächtigkeit der Normalausbildung in dem jeweiligen Gebiet bekannt ist (THÜRACH 1888, S. 136). Diese Voraussetzung ist aber, wenn überhaupt, dann nur in den allerseltensten Fällen gegeben. Die Schilfsandsteinstufe müßte in ihrer gesamten Abfolge und in möglichst vielen guten Profilen aufgeschlossen sein, um über die Mächtigkeit der Normalausbildung eine einigermaßen zuverlässige Aussage machen zu können. Dieser Idealfall ist aber im Gelände kaum gegeben. Selbst in der einzigartigen Profilzusammenstellung von Schilfsandsteinbohrungen aus dem Ölfeld Weiher (WIRTH 1951, S. 677) läßt sich beim besten Willen keine „Normalmächtigkeit“ der Schilfsandsteinstufe (16—33 m) herauslesen, sondern höchstens eine „durchschnittliche“ Mächtigkeit. Ganz abgesehen davon gibt es auch im Ölfeld Weiher durchgehend sandig entwickelte Profile, die entgegen der THÜRACHschen Regel weniger mächtig sind als Sandstein/Tonstein-Wechselfolgen der Normalausbildung in ihrer Nach-

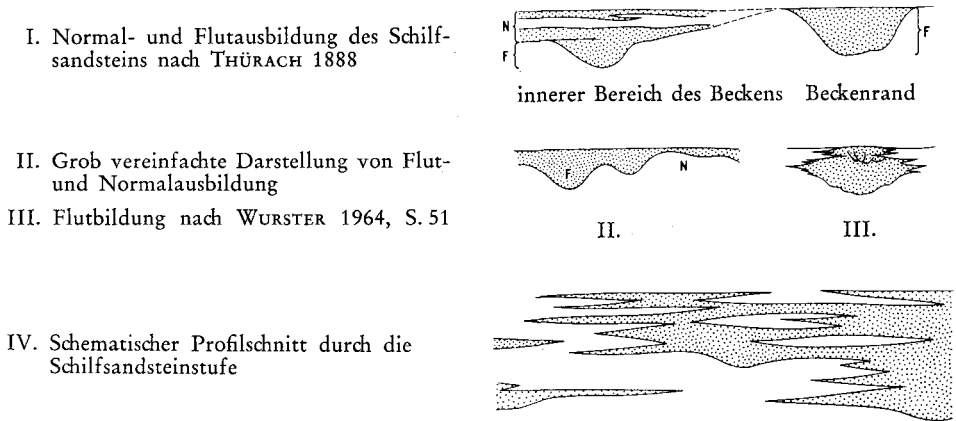


Abb. 2. Verschiedene Darstellungsarten der Normalausbildung und der Flutbildung der Schilfsandsteinstufe. N = Normalausbildung, F = Flutausbildung.

barschaft. Damit entfällt das wichtigste Unterscheidungsmerkmal zwischen den beiden Faziestypen THÜRACHS, nämlich ein sicher feststellbarer Mächtigkeitsunterschied.

Während THÜRACH (1888, S. 103) zwischen Flutbildung am Beckenrand und im Beckeninneren einen feinen Unterschied macht (vgl. Abb. 2, I), nimmt P. WURSTER (1964) an, daß die Flutfazies im ganzen Sedimentationsraum ziemlich gleichartig entwickelt ist. Sie besteht nach seiner Meinung (S. 41) „aus 30—40 m dicken, 1—2 km breiten, langgestreckten Sandstein-Körpern“. Abb. 2, III zeigt einen Querschnitt durch einen solchen „Sandstein-Strang“. Flutbildung liegt nach seiner Vorstellung also überall dort vor, wo praktisch die ganze Schilfsandsteinstufe aus Sandsteinlagen aufgebaut wird. Die Normalausbildung nennt WURSTER (1964, S. 36) „Stillwasser-Fazies“.

Würde man nun die Bedingung, daß nur solche Profile der Schilfsandsteinstufe für die Flutbildung repräsentativ sind, die so gut wie keine tonigen Zwischenlagen enthalten, streng beachten, dann bliebe nur eine verhältnismäßig kleine Zahl von Aufschlüssen übrig, die dieser Forderung genügen würde. Im allgemeinen werden jedoch auch Profile zur Flutfazies gezählt, die noch einen gewissen Anteil an tonigen Zwischenlagen enthalten und da wird die Entscheidung für den Geologen wieder problematisch. Wo ist hier die Grenze zwischen Normalfazies und Flutfazies zu ziehen? Man könnte zum Beispiel versuchen, Gebiete mit vorwiegend (über 50%) sandig entwickelter Schilfsandsteinstufe von Gebieten mit vorherrschend toniger Ausbildung abzugrenzen. Das läßt sich freilich auch nur dort sinnvoll durchführen, wo diese Stufe in ihrer ganzen Mächtigkeit ausstreicht und entsprechend gut aufgeschlossen ist. Wo die Schilfsandsteinstufe nur zum Teil freiliegt, wird eine solche Fazieseinteilung zwangsläufig unsicher und fragwürdig, wenn nicht sogar ganz unmöglich, weil sich der nicht erschlossene Teil der Schichtstufe der Beurteilung des Geologen entzieht. Manchmal werden derartige Überlegungen aber gar nicht erst angestellt und es wird einfach nach der Faustregel verfahren: Wo im Bereich der Schilfsandsteinstufe mehrere Meter mächtige Bausandsteinbänke auftreten, in denen meistens

ein größerer Steinbruch angelegt worden ist, da liegt Flutbildung vor. Man läßt sich durch so einen großen Aufschluß leicht täuschen. Selbst wenn darin eine 5 m oder gar 10 m mächtige geschlossene Sandsteinfohle zu sehen ist, so zeigt die Aufschlußfläche doch in der Regel nur einen kleinen Bruchteil ($\frac{1}{6}$ bis $\frac{1}{2}$) der möglichen Stufenmächtigkeit. Der größere Profilanteil liegt oft unter Wald verborgen. Hält man sich diese Mächtigkeitsverhältnisse vor Augen, dann wird ein so pauschales Vorgehen bei der Fazieszuordnung doch sehr fragwürdig.

Die Entscheidung, ob Normalausbildung oder Flutbildung vorliegt, fällt selbst unter guten Aufschlußverhältnissen nicht leicht. Unter schlechten Aufschlußverhältnissen ist die Entscheidung meines Erachtens immer zweifelhaft und in jedem Falle weitgehend eine Ermessenssache des geologischen Bearbeiters.

Das Verhältnis zwischen Flutbildung und Estherienschiechten

Der Übergang von den Estherienschiechten zur Schilfsandsteinstufe ist bereits auf S. 147 beschrieben worden. Es ist eine schon lange bekannte Tatsache, daß der Schilfsandstein — wenn man benachbarte Profile miteinander vergleicht — mit sehr unterschiedlichem Tiefgang in die liegenden Estherienschiechten hinabreicht. Daher rühren die starken Mächtigkeitsdifferenzen in der Schilfsandsteinstufe einerseits und in den Estherienschiechten andererseits. Sie lassen sich besonders dort gut feststellen, wo ein markanter Bezugshorizont wie die Anatina-bank oder die Acrodusbank darunter durchzieht. Es gibt verschiedene Erklärungen (vgl. Abb. 2) für dieses Phänomen. THÜRACH (1888, S. 137) glaubt, daß die Flutbildung nichts anderes sei als ein mit Sand aufgefülltes Flußbett. WURSTER (1964) nimmt dagegen an, daß die Eintiefung weniger auf eine vorausgegangene Erosion (S. 43) als auf eine nachträgliche Einsenkung (S. 50) zurückzuführen sei: „Durch ihre Auflast sanken die 20—40 m dicken Sand-Stränge um 10—20 m tief in die unterlagernden und offenkundig noch weichen²⁾ Tone des höheren Gipskeupers ein“. REIFF (1938) vertritt die Ansicht, daß der Schilfsandstein stellenweise Geländemulden der Estherienschiechten-Landschaft zudeckte. Ich selbst kam während meiner Kartierungstätigkeit zur gleichen Vorstellung wie FRANK (1929, S. 14) und vertrete die Meinung, daß sich die Estherienschiechten mit der Schilfsandsteinstufe faziell verzahnen, ebenso wie sich die Normalfazies und die Flutfazies des Schilfsandsteins miteinander verzahnt (WURSTER 1964, S. 36). Die unterschiedlichen Profilmächtigkeiten dieser Stufe erkläre ich damit, daß die Sandschüttungen zur Zeit der Estherienschiechten an der einen Stelle früher und an der anderen Stelle erst später im Sedimentationsprozeß einsetzte (vgl. S. 165). Es wird der Einwand gemacht (THÜRACH 1901, S. 38 und WURSTER 1964, S. 43), daß eine derartige Faziesverzahnung im Gelände noch nirgends beobachtet worden sei. Das ist richtig. Leider sind die Geländeaufschlüsse immer viel zu eng begrenzt, um einen derartigen Faziesübergang zwischen Estherienschiechten und Flutbildung auf größere Entfernung verfolgen zu können. (Dieser Einwand gilt übrigens in gleicher Weise auch für

²⁾ Gegen diese Theorie spricht, daß an der Basis des Schilfsandsteins zuweilen Aufarbeitungs-zonen liegen mit rundlichen, flachen oder eckigen Tonsteinbrocken, mit Feinsandsteinfragmenten und gelegentlich auch Steinmergelgeröllen, die doch darauf schließen lassen, daß die Unterlage des Schilfsandsteins schon ziemlich verfestigt war (u. a. THÜRACH 1888, S. 137; ARNDT 1933 S. 21; WIRTH 1951, S. 676; WURSTER 1964, S. 42).

die Beziehung zwischen Normalfazies und Flutfazies). Andererseits aber möchte ich den Gegeneinwand machen, daß meines Wissens auch noch niemals der volle Querschnitt (Abb. 2, I/III) einer sandigen Flußbettfüllung (= Flutbildung im Sinne von THÜRACH) bzw. eines Sandstein-Stranges (im Sinne von WURSTER) im Gelände beobachtet worden ist und das ist, meiner Meinung nach, sehr viel merkwürdiger. Ein solcher relativ scharf begrenzter, langgestreckter Sandsteinkörper müßte doch dort, wo er z. B. von einem Tal quergeschnitten wird, aus den weichen, tonigen Estheriensichten von Natur aus vortrefflich herauspräpariert sein. Die Grenze Sandstein/Tonstein, dem Rinnenrand bzw. dem Einmuldungsrand entsprechend, müßte sich doch morphologisch gut abzeichnen. Gelegenheit für derartige Anschnitte (vgl. die Blockbilder von WURSTER 1964, S. 55 und 121) ist doch an der Keuperlandstufe, in Taleinschnitten und an Zeugenbergen in reicher Auswahl gegeben.

Daß sowohl an der Basis als auch innerhalb der Schilfsandsteinstufe Erosionserscheinungen vorkommen, ist bekannt. Die relativ geringe Zahl von bekannt gewordenen Aufschlüssen mit Erosionsdiskordanzen zwischen Schilfsandstein und Estheriensichten und das verhältnismäßig geringe Ausmaß ihrer Aufschlußflächen ist m. E. noch kein Beweis dafür, daß es Flutrinnen in dem von THÜRACH angenommenen Maß und Umfang gibt. Beispiele von derartigen Erosionserscheinungen führen an: THÜRACH 1888, S. 137 und 1901, S. 39; WURSTER 1964, S. 41; HAUNSCHILD 1963, S. 15 und einen weiteren Aufschluß wird HAUNSCHILD in der Erläuterung zum Blatt Nr. 6727 Schillingsfürst beschreiben.

Erwähnenswert erscheint mir in diesem Zusammenhang der Hinweis, daß auch noch an anderen Keupersandsteinen ein ähnliches Verhalten beobachtet worden ist. M. SCHUSTER schrieb in einer Geländenotiz über den Coburger Sandstein („Semionoten“-Sandstein) der Haßberge, daß er ähnlich wie der Schilfsandstein eine Normal- und eine Flutfazies besitze, und hat diese Ansicht auch in einer Abbildung dargestellt (BAYER. OBERBERGAMT 1936, S. 194, Abb. 38, Schicht 5). Joos (1936) stellte ein rinnenförmiges Tiefergreifen des Rätsandsteins in die liegenden Feuerletten fest und vergleicht diese Erscheinung ebenfalls mit der Flutbildung des Schilfsandsteins.

Zur Problematik von Schilfsandstein-Strömungskarten

Die räumliche Verteilung von Flutbildung und Normalausbildung hat schon THÜRACH (1888, S. 139) dazu inspiriert, eine Flutbildungskarte zu entwerfen, um daraus Schlüsse auf den Verlauf der Schilfsandstein-„Flüsse“ zu ziehen. Während THÜRACH von der Voraussetzung ausgeht, daß die „Flüsse“ vom Vindelizischen Land herunterkommen, nimmt WURSTER (1964, S. 106), der ebenfalls auf diese Weise die alten Flußarme zu rekonstruieren sucht, einen großen Strom an, der von weither aus dem Nordosten kommt. — Die Konstruktion solcher Strömungskarten (vgl. auch HAUNSCHILD in der Erläuterung zu Blatt Nr. 6727 Schillingsfürst) läßt sich naturgemäß nur da durchführen, wo der Schilfsandstein im Gelände austreicht, und orientiert sich damit zwangsläufig nach der Erstreckung des Verbreitungsgebietes. Aber auch dieses steht, streng genommen, nicht in seiner vollen Ausdehnung zur Verfügung, denn es müssen jene Gebiete noch abgezogen werden, in denen die Schilfsandsteinstufe

nicht in ihrer vollen Mächtigkeit austreicht, also nur im oberen Teil erschlossen ist. Selbst dann, wenn die Ausgangsbasis so weit eingengt ist, bestehen häufig noch geländebedingte Schwierigkeiten, die Flutbildung von der Normalausbildung zu unterscheiden (vgl. S. 151). Mit anderen Worten heißt das, schon die Voraussetzungen für die Konstruktion einer Strömungskarte sind ziemlich unsicher. In der Praxis geht man so vor, daß man sich von einem größeren Aufschluß zum nächsten größeren Aufschluß — und diese sind in der Regel durch große Steinbrüche gegeben — weitertastet. Diese Steinbrüche liegen jedoch selbst innerhalb der Flutfazies meistens mehrere 100 m, oft sogar mehrere Kilometer auseinander. Es wird nun stillschweigend angenommen, daß auch in den Zwischenräumen die gleiche Flutfazies vorliegt. Das bezweifle ich aber ebenso wie REIFF (1938, S. 88) sehr. Ich möchte das nur an einem Beispiel aus dem Kartenblatt Nr. 6228 Wiesentheid (EMMERT 1965) erläutern: Am Friedrichsberg, südöstlich von Abtswind, befindet sich ein alter, 8—10 m hoher Schilfsandsteinbruch, knapp 250 m südwestlich davon liegt über dem Altenberg ein weiterer 8 m hoher Bruch. Ungefähr in der Mitte zwischen diesen Brüchen ragt die Schilfsandsteinterrasse über dem Schildsberg vor, ohne Steinbrüche. Ausgerechnet hier, wo sowohl THÜRACH als auch WURSTER eine kontinuierliche NO—SW gerichtete Flutbildung annehmen, habe ich in dem frisch angelegten Weinberg die größte Mächtigkeit der Estheriensichten mit 43 m gemessen, die z. B. nördlich des Friedrichsberges, am gleichen Stufenrand 24 m und 28 m beträgt. Da die Mächtigkeit der Estheriensichten im umgekehrten Verhältnis zur Mächtigkeit des Schilfsandsteins steht, heißt das, daß die Schilfsandsteinstufe zwischen den beiden benachbarten Steinbrüchen etwa 15 m geringere Mächtigkeit aufweist und nach der THÜRACHschen Regel also in Normalentwicklung vorliegen würde. THÜRACH (1888, S. 140) selbst schreibt: „Zuweilen herrschen auch in der Flutbildung des Schilfsandsteins sandige Lettenschiefer bedeutend vor und finden sich brauchbare Steine nur untergeordnet oder gar nicht.“ Offen gesagt, es fällt mir äußerst schwer, an die Existenz von 30—40 m dicken und 1—2 km (!) breiten, kompakten, langgestreckten Sandsteinkörpern (WURSTER 1964, S. 41) zu glauben. In kleinerem Ausmaß mag so etwas stellenweise vorkommen, aber viele Kilometer lange Sandsteinstränge dieses Ausmaßes sind noch nicht nachgewiesen worden, denn die mehr oder weniger großen Zwischenräume zwischen den Steinbrüchen sind ja normalerweise nicht aufgeschlossen. Obwohl ich in einem Gebiet mit angeblicher Flutfazies kartiert habe (EMMERT 1965), mußte ich feststellen, daß auch hier die Schilfsandsteinprofile, auf kürzeste Entfernung, von Aufschluß zu Aufschluß wechseln, wie das auch WIRTH (1951, S. 677) im Ölfeld Weiher beschreibt. Eine einigermaßen exakte Strömungskarte ließe sich nur dann konstruieren, wenn dazu nur vollkommen sandige Profile mit maximaler Stufenmächtigkeit verwendet würden. Andernfalls läßt sich die Möglichkeit nicht ausschließen, daß verschieden alte Bausandsteinzonen, die ja in recht unterschiedlichen stratigraphischen Horizonten innerhalb der Schilfsandsteinstufe auftreten können (vgl. Abb. 1), miteinander zu einem nur scheinbar einheitlichen Schilfsandstein-Strang verflochten werden.

Abgrenzung und Mächtigkeit der Schilfsandsteinstufe

Wie schwierig es ist, die Schilfsandsteinstufe richtig abzugrenzen und damit ihre Mächtigkeit festzulegen, soll noch an ein paar Beispielen gezeigt werden. THÜRACH (1888, S. 135) schreibt: „Südöstlich von Ansbach, bei Steinbach, fehlt stellenweise sogar jede Spur von Schilfsandstein“, und HAUNSCHILD (1961, S. 11), der das Blatt 6729 Ansbach Süd aufgenommen hat, schließt sich dieser Ansicht mit gewissen Vorbehalten ebenfalls an. Durch Zufall entdeckte ich in einer Straßenböschung am westlichen Ortsausgang von Steinbach (Straße nach Wallersdorf bzw. R 44.00,83 / H 54.61,29) eine anstehende, ca. 6 cm dicke, gelblich-grüne, feinkörnige, typische Schilfsandsteinbank, die auch 150 m weiter westlich davon im frischen Aushub eines Leitungsgrabens noch einmal zum Vorschein kam. Ferner fand ich südlich von Steinbach, an der östlichen Böschung der neuen Straße nach Ratzenwinden, eine ca. 1 m mächtige, schräggeschichtete Schilfsandsteinbank. Sie liegt etwas (2–3 m) unterhalb des vermutet eingetragenen Schilfsandsteinhorizontes auf der geologischen Karte. Der vertikale Abstand zwischen den beiden kleinen Schilfsandsteinausbissen beträgt — an den Höhenlinien der Karte gemessen — etwa 15 m. Zwischen den beiden Schilfsandsteinbänken liegen überwiegend graue, bröckelige Schiefertone mit gelblich verwitternden, dünnen, dolomitischen Mergellagen, die sich rein äußerlich nicht von der Ausbildung der Estheriensichten unterscheiden. Die Schilfsandsteinstufe ist also bei Steinbach vorhanden; sie ist ca. 15 m mächtig und fast vollständig in der Fazies der Estheriensichten entwickelt.

Ein ähnliches Profil (Abb. 1, Profil 4) mit 12 m Tonschichten zwischen der oberen und unteren Schilfsandsteinlage habe ich in der Erläuterung zum Blatt Wiesentheid (EMMERT 1965) beschrieben. Auf dem Blatt Nr. 6229 Schlüsselfeld beobachtete ich beim Bau der Autobahn folgende Schichtenfolge: Am Autobahn-Rastplatz südwestlich von Wasserberndorf ist an der Hangschulter eine ca. 1 m mächtige, typische Schilfsandsteinbank angeschnitten worden, die etwa in Höhe der 345 m-Linie verläuft. In dem frischen Autobahneinschnitt (200 m nördlich P. 360,1) waren unter diesem Sandstein ca. 6,5 m grüngrauer, feinsandstreifiger, bröckeliger Schiefertone mit einzelnen kohligen Pflanzenresten erschlossen. Dann kam in den grauen Schichten eine ca. 2 m mächtige Zone mit großen, harten Steinmergelgeoden, die in der Autobahntrasse flächenhaft abgetragen worden sind. Die Geoden waren kugel-, hantel- oder eiförmig und erreichten einen Durchmesser von 80 cm. Auch unter dieser Geodenlage folgten noch graue Schiefertone; Schilfsandsteinbänke kamen an dieser Stelle nicht mehr zum Vorschein. Ich verfolgte nun die hangende Schilfsandsteinbank an der Hangkante (345 m-Linie) entlang gut 300 m nach Osten und fand sie wieder in einem Feldweg aufgeschlossen, der von Punkt 360,1 nach Wasserberndorf hinabführt. In dem Wegeinschnitt waren keine weiteren Sandsteinbänke zu erkennen. Aber fast 20 m tiefer (knapp über der 325 m-Linie) ist westlich des gleichen Feldweges ein neuer Bauernhof errichtet worden, in dessen Baugruben wieder typischer, dünnbankiger Schilfsandstein herauskam. Also auch hier treten ganz unerwartet in scheinbarer Estheriensichten-Fazies noch einmal typische Schilfsandsteinlagen auf. Schließlich möchte ich in diesem Zusammenhang noch einmal auf die Profilszusammenstellung von HAARLÄNDER (1963, S. 29, 31) verweisen. In dem Bohrprofil 7 von Neustadt a. d. Aisch werden von ihm die Schichten von 25–29 m

zum Schilfsandstein gerechnet; darunter kommen graugrüne Estherienschichten, denen zwischen 60,5 und 63,7 m eine Sandsteinbank eingelagert ist. Ich halte es für wahrscheinlicher, daß es sich auch in diesem Falle um eine Schilfsandsteinbank handelt, wie in den vorausgegangenen Beispielen, denn eine so mächtige (3 m) kompakte Sandsteinbank ist in den Estherienschichten des Steigerwaldes bis jetzt noch nirgends beobachtet worden.

Das einzige sichere Erkennungszeichen der Schilfsandsteinstufe sind die charakteristischen Schilfsandsteinbänke, denn feinsandige, manchmal kohlige Pflanzenreste führende Schiefertone werden sowohl bei der Kartierung im Gelände als auch in Meißelbohrungen leicht übersehen. Hält man sich die Variationsmöglichkeiten der Schilfsandsteinstufe (Abb. 1) und die oben angeführten Beispiele vor Augen, dann wird es verständlich, warum der kartierende Geologe, der nur nach Sandsteinlagen Ausschau hält, den Eindruck gewinnt, daß der Schilfsandstein auf kurze Entfernung extremen Mächtigkeitsschwankungen unterliegt. Diesem Trugschluß verfällt man besonders leicht dort, wo die Schilfsandsteinstufe nicht in ihrer ganzen Mächtigkeit zutage austreicht. Läßt man die Tatsache, daß erhebliche Profilanteile der Schilfsandsteinstufe auch tonig und mergelig entwickelt sein können, außer acht, dann kommt man zu der grob vereinfachten, der Wirklichkeit aber nicht gerecht werdenden Darstellungsweise der Abb. 2, II. Ich pflichte der Erkenntnis WURSTERS (1964, S. 36) vollauf bei, daß die Mächtigkeit der Normalfazies in der Regel unterschätzt wird.

Für die Bestimmung der Keupermächtigkeit (EMMERT 1964 a, S. 92) sind die schwankenden Werte der Estherienschichten, der Schilfsandsteinstufe und der Lehrbergsschichten ungünstig. Diesem Übel kann man dadurch abhelfen, daß man einfach den Abstand zwischen dem gut faßbaren *Acrodus*-*Corbula*-Horizont und der oberen Lehrbergbank bestimmt. Es hat sich gezeigt, daß der Abstand zwischen diesen beiden Leithorizonten in Franken über weite Strecken ziemlich konstant bleibt.

Unter welchen Bedingungen ist der Schilfsandstein sedimentiert worden?

L a n d s c h a f t

Nach den Vorstellungen THÜRACHS (1888, S. 133 und 1901, S. 40) erfüllte zur Zeit des Schilfsandsteins ein seichtes Binnenmeer das mitteleuropäische Keuperbecken. Versumpfte Küstenstreifen, durch die sich zahlreiche Flußläufe schlängelten, leiteten zu den umgebenden Festländern über. In den versumpften Uferzonen wuchsen feuchtigkeitsliebende Pflanzen, in deren Dickicht u. a. amphibische Saurier lebten (LINCK 1949). Dieses Landschaftsbild wird den Verhältnissen aber nicht ganz gerecht, denn es gibt Anzeichen dafür, daß auch im Beckeninneren noch flache Inseln und Untiefen mit Pflanzenwuchs existierten, daß sich also auch dort keine vollkommen geschlossene Wasseroberfläche ausbreitete. Wurzelböden und gar nicht so seltene Wurzelreste aus dem inneren Teil des Keuperbeckens werden z. B. von FRENTZEN (1933, S. 31) aus der Gegend von Stuttgart, von LINCK (1943) ebenfalls aus Württemberg und von THÜRACH (1888, S. 119) aus einem Profil von Ipsheim³⁾ bei Bad Windsheim angeführt

³⁾ In diesem Wurzelhorizont von Ipsheim fand ich übrigens einen schönen Equiseten-Sporenstand, wie ihn M. SCHMIDT 1938, S. 9, Fig. 93 a, abbildet. Der Fund wurde im Geolog. Institut der Universität Würzburg hinterlegt.

(vgl. auch Abb. 1, Profil 14). Auch dünne Kohlelager, die im Schilfsandstein an verschiedenen Orten und durchaus nicht nur am Beckenrand festgestellt worden sind, sprechen für ein sumpfiges Flachwassergebiet, ganz gleichgültig, ob die Kohleflöze nun autochthon oder allochthon entstanden sind. Neben den Literaturzitaten, die WURSTER (1964, S. 13) diesbezüglich bringt, möchte ich nur noch auf die Kohlevorkommen bei Oberlauringen in den Haßbergen (BAYER. OBERBERGAMT 1936, S. 167), bei Neuenheerse im Teutoburger Wald (STILLE 1901, unmittelbar neben dem Profil 9 der Abb. 1) sowie in den Bohrungen Marnitz (Mecklenburg) und Oppeln in Oberschlesien (Abb. 1, Profile 11 u. 14) hinweisen, weil sie besonders weit im Inneren des Keuperbeckens liegen.

Völlig im Einklang damit stehen die weniger bekannten Funde von Kieselhölzern im Schilfsandstein. THÜRACH (1888, S. 139) erwähnt u. a. die Fundpunkte Rüdilsbrunn (Blatt Nr. 6428 Bad Windsheim) und Seenheim (Blatt Nr. 6427 Uffenheim). Nach den Angaben von ARNDT (1933, S. 18) ist aus einem Steinbruch bei Humprechtsau (Blatt Nr. 6428 Bad Windsheim) ein 7 m langes und ca. 0,5 m dickes Stammstück herausgeholt worden. PRÖSCHOLDT (1895, S. 35) hat auf dem Blatt Nr. 5629 Römhild, also an der bayerisch-thüringischen Grenze, ebenfalls „Kieselstämme“ entdeckt und REICHARDT (1926, S. 6) erwähnt welche aus der Gegend von Erfurt. Ich selbst fand je ein Kieselholz in dem Schilfsandsteinvorkommen südöstlich von Stadtsteinach (Blatt Nr. 5835) und in dem Steinbruch von Milmersdorf (Blatt Nr. 6730 Windsbach). Es ist wohl kaum anzunehmen, daß diese schweren Kieselhölzer von der relativ trägen Strömung der „Schilfsandsteingewässer“ weit verfrachtet worden sind. Die Kieselhölzer sind also so gut wie ortsecht.

Zweifelloos hatte die Schilfsandsteinlandschaft mit ihren weiten Flachseen und Tümpeln sowie den vielen pflanzenüberwucherten (WURSTER 1964, S. 13) Untiefen und Inseln große Ähnlichkeit mit einem ausgedehnten Deltagebiet (LANG 1909, S. 35; LINCK 1949, S. 4); es fragt sich nur, ob man daraus auch auf eine echte Deltabildung schließen kann.

Hinweise auf lagunäre Fazies

Die lange Zeit vorherrschende Ansicht THÜRACHS (1888, S. 133), daß das Keupermeer zur Schilfsandsteinzeit „völlig ausgesüßt“ war, darf heute wohl als überholt gelten. Funde von Haifischresten nötigten bereits THÜRACH (1888, S. 140) das Zugeständnis ab, „daß das Wasser auch während der Bildung des Schilfsandsteins zeitweise salzig war“. O. LINCK (1949) kam auf Grund seiner sorgfältigen Sichtung der Schilfsandstein-Tierwelt zu dem Schluß, daß es sich wahrscheinlich um einen „brackischen Lebensraum“ (S. 79) gehandelt haben muß, mit einer „mehr oder weniger marin beeinflussten Fauna“ (S. 75). Dafür sprechen auch anorganische Kriterien, die LINCK (1949, S. 6) noch nicht kannte. Hierzu schreibt WURSTER (1964, S. 19): „Die Glaukonite ... sowie Anhydrit und Steinsalz als Porenzement könnten dann als Hinweise auf ein salinares, vielleicht sogar auf marines Ablagerungsmilieu dienen.“

Die Erkenntnis, daß auch der Schilfsandstein eine lagunäre Ablagerung (RUCHIN 1958, S. 714) ist, möchte ich an dieser Stelle durch die Aufzählung konkreter Beispiele nachdrücklich unterstützen. Glaukonit, als Indiz für marine Fazies, wurde z. B. an folgenden Stellen im Schilfsandstein beobachtet:

1. im Steinbruch von Zeil a. Main (SANDBERGER 1892, S. 21), 2. bei Aarau in der Schweiz (LANG 1910, S. 26), 3. nach freundl. Mitteilung von P. WURSTER auch in Württemberg, 4. nach freundl. Mitteilung von M. SALGER in Schilfsandsteinproben von dem Kartenblatt Nr. 6228 Wiesentheid (EMMERT 1965) und dem Kartenblatt Nr. 6530 Langenzenn (Erläuterung von K. BERGER in Vorbereitung), 5. im Ölfeld Thören⁴⁾, nördlich von Hannover, und 6. im Ölfeld Suderbruch⁵⁾, nördlich von Hannover. — *Anhydrit* bzw. Gips ist u. a. an folgenden Stellen im Schilfsandstein gefunden worden: 1. in der Bohrung Adorf 2 (Emsland, BOIGK 1960, S. 47), 2. im Raum von Gifhorn⁴⁾, nordöstlich von Hannover, 3. in Spülproben aus dem Ölfeld Suderbruch⁵⁾, nördlich von Hannover, 4. im Ölfeld Weiher bei Bruchsal (WIRTH 1951, S. 676), 5. als linsenförmige Gipseinlagerungen bei Bad Windsheim (ARNDT 1933, S. 21), 6. als Pseudomorphosen von Gips nach Pyrit auf Blatt Nr. 6227 Iphofen (CHRISTA 1925, S. 30) und 7. in der Bohrung Laineck III bei Bayreuth, Teufe 195—198,7 m (WEISS 1954, S. 16). — *Steinsalz* in Form von Einlagerungen oder als Bindemittel im Schilfsandstein ist von folgenden Stellen bekannt geworden: 1. im Ölfeld Wietze (?) und bei Gifhorn⁴⁾, 2. im Ölfeld Suderbruch⁵⁾. Pseudomorphosen nach Steinsalz sind von E. SILBER bei Gaildorf in Württemberg beobachtet worden (zit. bei LINCK 1949, S. 13, Fußnote). Ich selbst fand solche in sehr schöner Erhaltung auf einer gut handtellergroßen, dünnen Sandsteinschicht, die auf der Sohle des Steinbruches von Zeil a. Main lag, und offensichtlich aus der Wechselfolge über dem basalen Bausandstein (vgl. Abb. 1, Profil 5) stammt.

In die Lagunenlandschaft der Schilfsandsteinzeit, die mit dem Meer in Verbindung stand, fügen sich die zahlreichen Lebensspuren (M. SCHMIDT 1928 und 1938) einer recht verschiedenartigen Brackwasserfauna (LINCK 1949, WURSTER 1964, S. 14—17) ohne jeden Zwang ein, amphibische Saurier ebenso wie Haifische und Muscheln mariner Herkunft (WIRTH 1951, S. 676).

Wie lassen sich die Strömungserscheinungen erklären?

Zahlreiche Anzeichen (vgl. S. 146) weisen darauf hin, daß der Schilfsandstein vorwiegend in einem bewegten, strömenden Wasser sedimentiert worden ist. Am weitesten verbreitet ist die Vorstellung THÜRACHS (1888, S. 133), daß die Strömungserscheinungen durch Flüsse verursacht worden sind, die von den umgebenden Festländern in das flache Keupermeer mündeten. REIFF (1938, S. 135) denkt dagegen mehr an Schichtfluten. Eine geringfügige Hebung des gesamten Keuperbeckens kann zu einem Abfluß des Wassers zur Burgundischen und Oberschlesischen Pforte hin geführt und ebenfalls eine Strömung erzeugt haben, wie das THÜRACH (1888, S. 132) an der Wende von den Estherienschiefern zur Schilfsandsteinstufe annimmt. In ähnlicher Weise versucht auch DEECKE (1916, S. 327) mit unterschiedlichen Hebungen und Senkungen im Keuperbecken solche Strömungserscheinungen zu erklären.

⁴⁾ Diese freundliche Mitteilung verdanke ich dem Kollegen K. KUBELLA von der Deutschen Erdöl-Aktiengesellschaft, Hamburg.

⁵⁾ Diese freundliche Mitteilung verdanke ich den Kollegen BETZ und BRADEL von der Gewerkschaft Brigitta, Hannover.

Es ist das Verdienst von P. WURSTER (1964), daß er zum ersten Mal das Schichtgefüge des Schilfsandsteins eingehend untersucht hat, um daraus die Strömungsrichtung des Wassers zu erforschen. Er kam zu dem überraschenden Ergebnis (S. 32), daß während der ganzen Schilfsandsteinzeit im Keuperbecken eine generelle Fließrichtung von Nordosten nach Südwesten bestand. Seiner Meinung nach mündete weit im Nordosten ein großer Strom in das Keuperbecken, dessen Wasser durch die Burgundische Pforte (WURSTER 1964, S. 119) in das Meer floß.

Wäre es aber nicht auch denkbar, daß das Keuperbecken im Norden ebenfalls eine Verbindung mit dem Weltmeer hatte (WURSTER 1964, S. 122), sei es auf dem Weg über die Nordsee oder über die Schlesische Pforte? — Die erstgenannte Möglichkeit ist noch unbekannt, die letztere läßt sich weder beweisen noch widerlegen, weil die Keuperschichten in dem entscheidenden Gebiet, d. h. am Oberlauf von Oder und Weichsel, abgetragen sind. Wenn nun eine solche Verbindung im Norden bestand, was ich annehmen möchte, dann ließe sich die von WURSTER erkannte nord-südliche Strömungsrichtung auch so erklären, daß im Norden Meerwasser in das Keuperbecken hereinfließ und durch die Burgundische Pforte wieder abfloß.

Auf welche Weise gelangte der Sand in das Keuperbecken?

Die umstrittene Frage: „Ist der Schilfsandstein aus Flußsand oder aus Flug-sand hervorgegangen“ — beschäftigte schon THÜRACH (1888, S. 140, 141 und 1901, S. 39, 45, ebenso M. SCHUSTER 1926, S. 63). Er neigte zu der Ansicht, daß es sich um fluviatilen Sand handelt, der von den umgebenden Festländern (THÜRACH 1888, S. 81, 133) durch zahlreiche Flüsse in das Keuperbecken geschwemmt worden ist. Die gleiche Ansicht vertreten u. a. auch LANG (1909) und LINCK (1949), welche den Schilfsandstein als eine gemeinsame Deltabildung dieser Flüsse ansehen. Für eine Deltabildung hält ihn zwar auch WURSTER (1964, S. 50), aber seiner Ansicht nach ist sie im wesentlichen nicht das Erzeugnis verschiedener Flüsse, sondern eines einzigen großen Stromes, der aus Nordosten kam. Demgegenüber vertraten schon v. QUENSTEDT (1880, S. 25) und später auch DEECKE (1916, S. 310, 327) die Theorie, daß der Schilfsandstein aus Dünen-sand entstanden sei: „zusammengeschwemmt und -geblasen aus dem Zerfall kristalliner Gesteine“.

Zu der Einsicht, daß die Sandmassen des Schilfsandsteins in Franken nicht vom Vindelizischen Festlandsrücken stammen — wie u. a. THÜRACH annahm —, kam ich auf Grund folgender Überlegung: Alle Schichtglieder des Keupers gehen in Annäherung an den südöstlichen Beckenrand (Vindelizisches Land) früher oder später von der tonig-mergeligen Ausbildung in eine sandige bis grobklastische Randfazies über (vgl. EMMERT 1964 a, S. 93). Diese allmähliche Kornvergrößerung von Nordwesten nach Südosten läßt sich in manchen Schichtstufen, wie z. B. im Blasensandstein, über eine Erstreckung von mehr als 100 km schrittweise verfolgen. Eine Ausnahme davon machen allein der Schilfsandstein und der Letten-kohlensandstein. Wenn die Vorstellung THÜRACHS zutreffen würde, daß der Abtragungsschutt des Vindelizischen Landes durch einzelne tiefe „Flutrinnen“ ins Becken hinein transportiert worden ist, dann müßte man doch gerade in der

Schilfsandsteinstufe einen solchen gleitenden Übergang von der grobklastischen Ausbildung des Beckenrandes bis zur feinkörnigen Entwicklung des inneren Keuperbeckens verfolgen können. Bohrungen und Aufschlüsse am äußersten südöstlichen Beckenrand (EMMERT 1964 a, S. 120) lassen erkennen, daß der Verwitterungsschutt des Vindelizischen Landes in der ganzen Keuperzeit, also auch zur Zeit des Schilfsandsteins, prinzipiell in gleicher Ausbildung vorlag. Deshalb lassen sich diese Profile der „kontinentalen Trias“ ja so schwer gliedern. — Als Beispiel für eine randnahe Flutrinnenfüllung führt THÜRACH (1888, S. 138) das bis zu 30 m Mächtigkeit aufgeschlossene Schilfsandsteinvorkommen von Lichtenau (7 km östlich von Ansbach) an. Der massive Sandstein ist hier im mittleren Teil grobkörnig entwickelt und führt bis zu 2 cm große Quarzgerölle. Bereits 1,5 km westlich von diesen Steinbrüchen treten in der überwiegend tonig entwickelten Schilfsandsteinstufe nur noch vereinzelte geringmächtige, feinkörnige Sandsteinlagen auf (HAUNSCHILD 1961), ähnlich wie in dem Profil von Steinbach (3 km westlich von Lichtenau), das schon auf S. 155 beschrieben worden ist. 5 km östlich von Lichtenau sind im Tal der Rezat, bei Schlauersbach (Blatt 6730 Windsbach) mehrere Wasserbohrungen in der Schilfsandsteinstufe abgeteuft worden, die ich nach der Beschreibung von HAUNSCHILD 1956 und FUCHS 1961 in der Abbildung 3 wiedergebe. Eine weitere „extrem starke Rinnenbildung“ in der Nähe des Beckenrandes führt B. SCHRÖDER (1958, S. 17) an. Bei Dobertshof, an der Grenze zwischen den Blättern 6136 Kirchenlaibach und 6137 Kemnath in der Oberpfalz, kommt eine bis zu 60 m mächtige, gleichmäßig fein- bis mittelkörnige Sandsteinfolge heraus, die nach Ansicht von NEUPERT und SCHRÖDER aus Schilfsandstein besteht. Die Erosionsränder dieser übermächtigen „Rinnenfüllung“ zeichnen sich auch hier merkwürdigerweise nirgends im Gelände ab. Es ist mir unerklärlich, wieso ein Wasserstrom, der die Kraft besessen haben soll, sich 60 m (!) tief in seinen Untergrund einzufressen, nicht auch grobklastischen Schutt von dem verhältnismäßig nahen Festland einschwemmte. Das Ausmaß der Erosion dieser angeblichen Rinne steht in keinem Verhältnis zu der Feinkörnigkeit ihrer Sedimentfüllung. — Womöglich geht hier bei Dobertshof und ebenso bei Schlauersbach (Abb. 3) der Schilfsandstein nach unten ohne erkennbare Grenze in die sandige Randfazies der Estherienschichten (= „Estheriensandstein“ nach v. FREYBERG 1954, S. 16) über und der eigentliche Schilfsandstein ist in Wirklichkeit gar nicht so außergewöhnlich mächtig (WEBER 1957, S. 9 und EMMERT 1964 b). Gegen eine solche Möglichkeit spricht auch nicht der Schwermineralgehalt, weil „die Sandsteine der Estherienstufe ein sehr ähnliches Spektrum wie der Schilfsandstein“ aufweisen (SCHRÖDER 1964, S. 89). In keiner der zahlreichen Tiefbohrungen des Nürnberger Raumes (v. FREYBERG 1954) ist eine Flutbildung des Schilfsandsteins angetroffen worden (Abb. 4). Meines Erachtens ist es bis jetzt nicht gelungen, am südöstlichen Rand des Keuperbeckens auch nur einen einzigen Zufuhrkanal bzw. eine Flutrinnenfüllung im Sinne THÜRACHS über eine nennenswerte Erstreckung hinweg nachzuweisen.

Ich sehe den Schilfsandstein vornehmlich als ein Beckensediment (vgl. S. 164) an, das sich zweifellos am „Strand“ des Keuperbeckens mit dem wesentlich gröber-klastischen Verwitterungsschutt der Festlandsränder verzahnte und vermischte. Das scheint sich auch in der Verteilung der Schwermineralien abzuzeichnen (WURSTER 1964, S. 24; SCHNITZER 1960, S. 49). Auffallend ist nur, daß diese Übergangs- oder Vermischungszone am Rande des Schilfsandstein-

beckens im Vergleich zu anderen Sandschüttungen, die zur Keuperzeit vom Vindelizischen Land (WURSTER 1964 S. 118 und 120) eingeschwemmt worden sind, so schmal ist.

Wie schon gesagt, glaubt WURSTER (1964, S. 107, 108), daß der Schilfsandstein die Deltaschüttung eines großen Stromes ist, dessen Einzugsgebiet auf dem russisch-skandinavischen Nordkontinent lag. Die Wasserführung dieses Stromes setzt in seinem Einzugsgebiet ein niederschlagsreiches, also humides Klima voraus. — Es erscheint mir doch als ein recht merkwürdiger Zufall, daß ohne jede Vorzeichen am Ende der Estheriensichten (bzw. Gipskeupers) plötzlich eine so große Deltabildung am nördlichen Rand des Keuperbeckens auftaucht und „auf einer 400 km breiten Front von Norden gegen Süden“ (WURSTER 1964, S. 107) in das Keuperbecken hinein vorrückt. Eine Vergröberung der Sandkörnung in Richtung auf die vermutete Strommündung läßt sich nicht feststellen. Ist es denkbar, daß sich unter dieser Voraussetzung ein Deltasediment derart gleichmäßig und nahezu lückenlos über das gesamte Becken ausbreitet? „Wenn Flüsse nur von einer Seite her in“ schwach salzige Wasserbecken „einströmen, wurde die Verteilung der verschiedenen Sedimentarten unsymmetrisch“ schreibt RUCHIN (1958, S. 349) unter Hinweis auf das Kaspische Meer. Müßte man nicht annehmen, daß ein so gewaltiger Wasserstrom das seichte, „kaum 30 m tiefe“ (WURSTER 1964, S. 109) Flachwasserbecken der Schilfsandsteinzeit vollkommen ausgesüßt hätte? Bleibt unter diesen Voraussetzungen überhaupt noch Spielraum für salinare Ausfällungen (vgl. S. 157/158), wenn es sich um einen ununterbrochenen Aufschüttungsprozeß gehandelt hat? Wenn im mitteleuropäischen Raum ein semiarides Klima herrschte und der Strom aus einem humiden Klimabereich kommt, wie WURSTER (1964, S. 124) annimmt, dann muß dessen Einzugsbereich doch zu einem beträchtlichen Teil auch warm-humide Klimazonen mit entsprechend intensiver Verwitterung umfassen. Woher stammen dann die verhältnismäßig verwitterungsempfindlichen Mineralien wie Apatit, Biotit, Chlorit und Granat im Schilfsandsteinsediment? WURSTER (1964, S. 18) schreibt: „Die Korngemeinschaft spricht für unzersetztes Ausgangsmaterial, das ohne Umwege oder Aufarbeitung in das Keuperbecken gelangt sein muß.“ Wie läßt sich diese Feststellung mit der anzunehmenden Länge des Transportweges jenes Stromes in Einklang bringen, dessen Deltaschüttung sich allein schon über 1000 km erstreckte? —

Gewiß, diese skeptischen Einwendungen gegen WURSTERS Fluß-Theorie sind noch keine handfesten Gegenbeweise, aber vielleicht läßt sich die Herkunft des Sandes doch auch noch anders erklären. Mir erscheint es wahrscheinlicher, daß es sich um Flugsand handelt (DEECKE 1916, S. 327), der von den wüstenhaften Festländern in das seichte Keuperbecken hineingeweht und dort von einer vorherrschend nord-süd-gerichteten Meeresströmung erfaßt und allseits verschwemmt worden ist. Gegen diese Vorstellung würden weder die Korngröße, noch die Mineralführung, noch die salinaren Zwischenlagen, noch die marin-brackische Tierwelt sprechen.

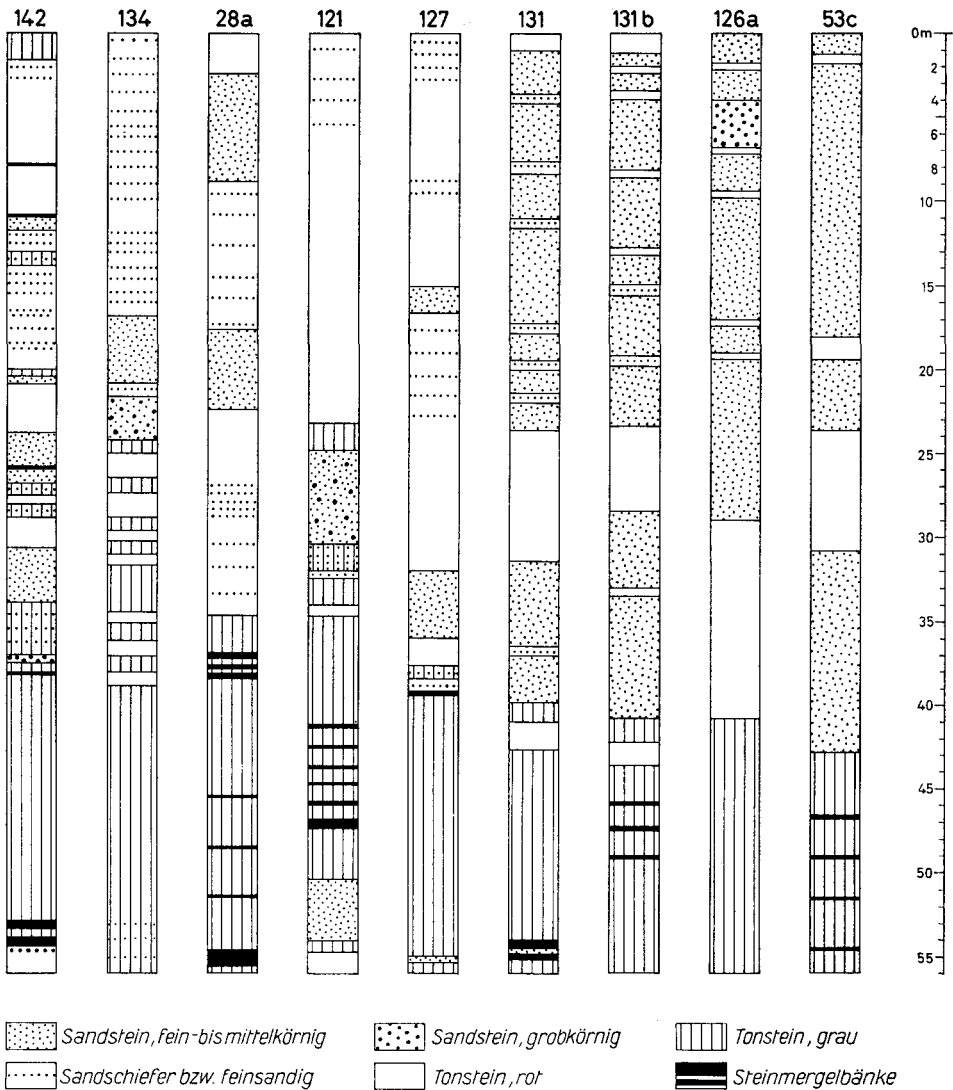


Abb. 4. Verschiedene Bohrprofile aus dem Nürnberger Gebiet, nach den Angaben von v. FREYBERG 1954, S. 26—43. Die Profilausschnitte zeigen die Schichtenfolge: Estherienschichten—Schilfsandstein—Lehrbergschichten. Die Schilfsandsteinstufe läßt sich schwer abgrenzen.

Klima

Nur wenn man an die Existenz permanenter Flüsse in der Schilfsandsteinzeit glaubt, kommt man nicht ohne entsprechend hohe Niederschläge auf dem Festland aus. Üppiger Pflanzenwuchs kann sich jedoch auch in einem Flachwassergebiet entfalten und erfordert keine humiden Bedingungen. Ich schließe mich vollkommen der Meinung WURSTERS (1964, S. 124) an, daß auch während der Schilfsandsteinstufe in Mitteleuropa das gleiche semiaride Klima herrschte, wie in der übrigen Keuperzeit. Dafür sprechen Eindampfungssedimente wie Steinsalz und Anhydrit, Kieselhölzer (vgl. S. 157), wie sie auch im Burgsandstein bzw. Stubensandstein auftreten, sowie die Mineralkomponenten des Schilfsandsteins. Auch die Tierwelt unterscheidet sich nicht von der des darunterliegenden Gipskeupers. Außerdem zeigen die Bohrungen in der sandigen Randfazies keinerlei Anzeichen, die auf eine einschneidende Klimaänderung zur Zeit des Schilfsandsteins hinweisen würden.

Zur Genese des Schilfsandsteins

Eingeleitet wurde die Schilfsandsteinzeit durch eine zunehmende Verflachung des an sich schon wenig tiefen Gipskeuper-Meeres⁶⁾. Ob die Senkung des Meeresspiegels nun primär durch eine allgemeine Hebung der Erdkruste hervorgerufen wurde (vgl. S. 158) oder durch einfaches Auslaufen des Meeresbeckens, ist schwer zu sagen. Jedenfalls fanden die Pflanzen, besonders die Schachtelhalmgewächse, welche zur Zeit des Gipskeupers⁶⁾ nur am sumpfigen Rand des Keupermeeres gedeihen konnten (vgl. EMMERT 1964 a, S. 98 und 100), infolge des niedrigen Wasserstandes nun auch Möglichkeiten, sich auf flachen Inseln und Untiefen im inneren Keuperbecken anzusiedeln (vgl. S. 156). Je seichter die Wasserbedeckung wurde, desto mehr kamen die Unebenheiten des Beckenbodenreliefs zur Geltung und es entstand eine weite Lagunenlandschaft. Möglicherweise war schon zur Zeit der Estheriensichten eine nord-süd-gerichtete Meeresströmung vorhanden, die aber wegen der größeren Wassertiefe die Sedimentation nicht sichtbar beeinflusste. Im flacheren Schilfsandsteinbecken machte sich diese Meeresströmung (vgl. S. 159) jedoch deutlich bemerkbar. Durch die Unebenheiten des Beckenbodens wurde das Gleichmaß des Wasserflusses gestört. Es bildeten sich bevorzugte Strömungskanäle heraus, die mit Bereichen geringerer Strömung, z. T. wohl auch mit Stillwasserbecken abwechselten, ähnlich wie in einem großen Deltagebiet. Im Bereich von „Stromschnellen“ ist der Beckengrund stellenweise mehrere Meter tief erodiert worden. Durch die Senkung des Meeresspiegels müssen viele Kilometer breite Küstensäume mit sandigen Sedimenten des randlichen Gipskeupers⁶⁾ (in Franken mit Estheriensandstein und vielleicht auch Benker Sandstein) trocken gefallen sein. Diese sandigen Küstenstreifen boten ebenso wie die anschließenden wüstenhaften Festländer dem Wind genügend Möglichkeiten, den Feinsand auszuwehen und zu Dünen anzuhäufen. Wie nun der Flugsand in das Lagunenbecken der Schilfsandsteinzeit gelangt ist, ob er mehr oder weniger von allen Seiten eingeweht worden ist oder ob ein Dünenfeld in der Nähe des vermuteten nördlichen Meereszulaufes (vgl. S. 159) in das Becken hineingewandert ist, bleibt

⁶⁾ Hier Gipskeuper = Schichtenfolge zwischen Unterem Keuper und Schilfsandstein.

noch zu klären. Jedenfalls ist der Dünensand von der Strömung des immer flacher werdenden Gipskeuper-Meeres⁶⁾ erfaßt und nach und nach im ganzen Becken verbreitet worden. Die Sandeinschwemmung erfolgte also nicht überall im Becken zur gleichen Zeit. Die Sedimentation grauer und roter Gipsmergel, in ähnlicher Fazies wie die Estheriensichten, hielt auch während der Schilfsandsteinzeit noch weiter an. Aber gleichzeitig hat sich auch eingeschwemmter Flugsand dazwischengelagert. Zuerst war die Verteilung des Feinsandes im Becken noch recht lückenhaft, entsprechend der unterschiedlichen Strömung an bestimmte Beckenzonen gebunden. Da sich die Strömungsverhältnisse während des jahrtausendelangen Sedimentationsprozesses wohl unablässig änderten, wurde auch der feine Sand im Becken einmal hierhin und einmal dorthin verschwemmt. Der Sandschleier innerhalb der Schilfsandsteinstufe wurde mit der Zeit — flächenhaft gesehen — immer dichter, nicht zuletzt wohl auch deswegen, weil zusätzlich zu dem neu zugeführten Flugsand auch bereits abgelagerte Sandschichten von den Strömungen erneut aufgearbeitet und wieder abgesetzt worden sind. Manche Stellen des Keuperbeckens erreichte die Sandschüttung schon verhältnismäßig früh, andere Stellen erst später; manche Bereiche wurden nur einmal im Laufe der Schilfsandsteinzeit mit Feinsand überschwemmt, andere Bereiche mehrmals, z. T. mit zeitlichen Unterbrechungen, und andere Bereiche wieder bekamen von dem Schwemmsand so gut wie gar nichts ab. Daneben gibt es aber auch Beckenteile, die während der ganzen Schilfsandsteinzeit fortlaufend oder immer wieder in bevorzugten Sedimentationszonen des eingeschwemmten Sandes lagen. Die Sandschüttungen hörten viel gleichmäßiger auf als sie einsetzten. Vielleicht ist durch eine erneute Veränderung des Meeresspiegels die Wasserzirkulation und damit der Sandtransport unterbunden worden. Die „Dunklen Mergel“ Württembergs mit ihren Gipseinlagerungen, die auch im nördlichen Franken unmittelbar über dem Schilfsandstein anzutreffen sind, könnten dafür sprechen.

Denken wir uns die Schilfsandsteinzeit in viele kleine Zeitabschnitte zerlegt, dann treffen wir in jedem dieser kleinen Zeitabschnitte einen anderen Verteilungsplan („Faziesschablone“) zwischen der Ton-Mergel-Sedimentation und der Sand-sedimentation innerhalb des Ablagerungsraumes an. Die Summe aller dieser unterschiedlichen „Faziesschablonen“, in zeitlicher Reihenfolge übereinandergestapelt und addiert, ergibt das „Faziesmuster“ (WURTSE 1964, S. 32) der Schilfsandsteinstufe. Die verwirrende Vielfalt ihrer rasch wechselnden Profile findet auf diese Weise eine plausible Erklärung. In der Abb. 2, IV habe ich versucht, diese Vorstellung in einem schematischen Faziesschnitt durch die Schilfsandsteinstufe wiederzugeben, ebenso wie schon früher in dem Profilschnitt durch den nordostbayerischen Keuper (EMMERT 1964 a, S. 93).

Nachwort

Manche Erscheinung der Schilfsandsteinstufe läßt sich durch den soeben ausgeführten Versuch einer genetischen Deutung zwangloser erklären als durch die „Fluß-Theorie“. Freilich müssen auch in diesem Falle unbewiesene Hypothesen, wie die Existenz einer nord-süd-gerichteten Meeresströmung, zu Hilfe genommen werden und manche Frage bleibt unbefriedigend erklärt oder unbeantwortet, wie z. B.: In welchen Beziehungen standen die Verflachung des Meeresbeckens zur Schilfsandsteinzeit, die feinkörnigen Sandschüttungen und

der auffallende Farbwchsel vom Grau der Estheriensichten zum Rot der Lehrbergsschichten (= Rote Wand), der sich in dem gleichen Zeitabschnitt vollzieht, zueinander? Noch merkwürdiger wird die Sache, wenn man bedenkt, daß sich dieser ganze Vorgang offensichtlich schon früher einmal zur Zeit des Lettenkohlsandsteins (Unterer Keuper) in ähnlicher Weise abgespielt hat. Die Vorstellung WURSTERS (1964, S. 117), daß auch der Lettenkohlsandstein die Deltaschüttung dieses großen unbekannten nordischen Stromes sei, drängt einem die Frage auf, wo dieser gewaltige Strom in der Zeit zwischen dem Lettenkohlsandstein und dem Schilfsandstein geblieben ist.

Es ist zu hoffen, daß weitere Untersuchungen in dieser Richtung uns einer befriedigenderen Antwort auf die hier diskutierten Fragen noch etwas näher bringen.

Zusammenfassung

In diesem Diskussionsbeitrag zum Schilfsandsteinproblem wurde versucht, altes und vor allem neues Beobachtungsmaterial zusammenzutragen und zu sichten, um an Hand dieser Unterlagen die alten und neuen Entstehungstheorien zu überprüfen. — In der Normalausbildung kann der Schilfsandstein weitgehend durch Ton-Mergel-Fazies vertreten werden. Die Flutbildung wird nicht einheitlich definiert. Meistens erlauben die Geländebedingungen nur eine subjektive Unterscheidung zwischen Normalausbildung und Flutbildung. Die Konstruktion von „Flutkarten“ gründet sich also auf sehr unsichere Voraussetzungen und ist entsprechend problematisch. — Der Schilfsandstein ist keine limnische, sondern eine lagunäre Bildung. Das Klima war nicht regenreich, sondern vorherrschend trocken. Nach Ansicht des Verfassers ist vom wüstenhaften Beckenrand her Dünen sand in das seichte Meeresbecken gelangt und von vorwiegend nord-süd-gerichteten Wasserströmungen im Laufe der Schilfsandsteinzeit im ganzen Beckenbereich unterschiedlich verschwemmt und abgelagert worden.

Schrifttum

- ARNDT, H.: Erläuterungen zum Blatt Windsheim (Nr. XXII) der Geognostischen Karte von Bayern 1 : 100 000 Teilblatt Windsheim. München 1933.
- ASSMANN, P.: Die Tiefbohrung „Oppeln“. — Jb. preuß. geol. L.-A., **46**, S. 373—395, Berlin 1926.
- Die Tiefbohrung Leschna und ihre Bedeutung für die Stratigraphie der oberschlesischen Trias. — Jb. preuß. geol. L.-A., **50**, S. 155—185, Berlin 1929.
- BAYER. OBERBERGAMT: Die nutzbaren Mineralien, Gesteine und Erden Bayerns. II. Bd. München 1936.
- BERGER, K.: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1 : 25 000 Blatt Nr. 6530 Langenzenn. — [In Druckvorbereitung].
- BIRZER, F.: Geologische Karte des Deutschen Reiches 1 : 25 000 Blatt Nr. 6431 Herzogenaurach. München 1940.
- BOIGK, H. u. a.: Zur Geologie des Emslandes. — Beih. Geol. Jb., **37**, S. 1—419, Hannover 1960.
- CHRISTA, E.: Der Schwanberg im Steigerwald. München 1925.
- DEECKE, W.: Geologie von Baden. 1. Teil, 406 S., Berlin 1916.

- EMMERT, U.: c. Keuper. In: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1 : 500 000, 2. Aufl., S. 91—120, München 1964. — [1964 a].
- Wasserbohrung Untersteinach b. Stadtsteinach. — Geol. Bl. NO-Bayern, **14**, S. 84—88, Erlangen 1964. — [1964 b].
- Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1 : 25 000 Blatt Nr. 6228 Wiesentheid. München 1965.
- FRANK, M.: Das stratigraphische Verhältnis zwischen Schilfsandstein und Dunklen Mergeln im mittleren Württemberg. — Mitt. Geol. Abt. Württ. Stat. L.-A., **12**, S. 1—30, Stuttgart 1929.
- FRENTZEN, K.: Equisetaceen des germanischen Keupers. — Palaeontol. Z., **15**, S. 30—45, Berlin 1933.
- FREYBERG, B. v.: Die Randfazies des Gipskeupers insbesondere der Benker Sandstein in Franken. — Erlanger geol. Abh., H. 11, S. 3—47, Erlangen 1954.
- FUCHS, B.: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1 : 25 000 Blatt Nr. 6730 Windsbach. München 1961.
- GEYER, O. F. u. GWINNER, M. P.: Einführung in die Geologie von Baden-Württemberg. 224 S., Stuttgart 1964.
- GÜMBEL, C. W. v.: Geologie von Bayern, II., Kassel 1894.
- HAARLÄNDER, W.: Bohrungen in und um Neustadt a. d. Aisch. — Geol. Bl. NO-Bayern, **13**, S. 26—32, Erlangen 1963.
- HAUNSCHILD, H.: Die Wasserversorgung von Ansbach. — Geol. Bl. NO-Bayern, **6**, S. 67—72, Erlangen 1956.
- Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1 : 25 000 Blatt Nr. 6729 Ansbach Süd. München 1961.
- Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1 : 25 000 Blatt Nr. 6628 Leutershausen. München 1963.
- Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1 : 25 000 Blatt Nr. 6127 Schillingsfürst. — [In Druckvorbereitung].
- JOOS, O.: Zur Geologie der Ehrenbürg (Walberla) bei Forchheim. — Abh. Geol. Landesunters. Bayer. Oberbergamt, H. 26, S. 33—46, München 1936.
- LANG, R.: Der mittlere Keuper im südlichen Württemberg. — Jh. Ver. Vaterl. Naturk. Württ., **65**, S. 77—131; **66**, S. 1—54, Stuttgart 1909/1910.
- Beiträge zur Stratigraphie des mittleren Keupers zwischen der Schwäbischen Alb und dem Schweizer Jura. — Geol. Paläontol. Abh., N.F. **9**, S. 235—267, Jena 1910/1911.
- LINCK, O.: Fossile Wurzelböden aus dem Mittleren Keuper. — Natur u. Volk, **73**, S. 226—234, 1943.
- Lebens-Spuren aus dem Schilfsandstein (Mittl. Keuper km 2) NW-Württembergs und ihre Bedeutung für die Bildungsgeschichte der Stufe. — Jh. Ver. Vaterl. Naturk. Württ., **97—101**, S. 1—100, Stuttgart 1949.
- PRÖSCHOLDT, H.: Erläuterungen zur Geologischen Spezialkarte (1 : 25 000) von Preußen Blatt Römheld. Berlin 1895.
- QUENSTEDT, F. A. v.: Erläuterungen zur Geognostischen Karte von Württemberg 1 : 50 000, Blatt Hall, 1879/1880.
- REICHARDT, A.: Der mittlere Keuper in der Umgebung von Erfurt. — Beiträge z. Geol. Thüringen, S. 1—16, Jena 1926.
- REIFF, W.: Obere bunte Estheriensichten, Schilfsandstein und Dunkle Mergel im mittleren Württemberg. — Tübinger Geogr.-Geol. Abh., Reihe I, **26**, S. 1—200, Öhringen 1938.
- RUCHIN, L. B.: Grundzüge der Lithologie. Deutsche Ausgabe von A. SCHÜLLER, 806 S., Berlin 1958.
- SANDBERGER, F.: Übersicht der Mineralien des Regierungsbezirkes Unterfranken und Aschaffenburg. — Geogn. Jh., 1891, S. 1—34, Kassel 1892.

- SCHMIDT, M.: Die Lebewelt unserer Trias. 460 S., Öhringen 1928; Nachtrag 143 S., Öhringen 1938.
- SCHNITZER, W. A.: Sedimentpetrographische Untersuchungen in der ostbayerischen Trias. — Ber. Geol. Ges. DDR, **5**, S. 38—54, Berlin 1960.
- SCHRÖDER, B.: Stratigraphie und Tektonik der Fränkischen Linie bei Kemnath—Pressath/Opf. und die tektonische Lage der Basaltdurchbrüche. — Erlanger geol. Abh., H. 27, Erlangen 1958.
- Schwermineralführung und Gliederung der Bohrung Untersteinach b. Stadtsteinach. — Geol. Bl. NO-Bayern, **14**, S. 88—90, Erlangen 1964.
- SCHRÖDER, H. u. a.: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Preußen (1 : 25 000), Lieferung 240, Blatt Quedlinburg Nr. 2381. Berlin 1927.
- SCHUSTER, M.: Erläuterungen zum Blatt Windsheim (Nr. XXII) der Geognostischen Karte von Bayern 1 : 100 000 Teilblatt Uffenheim. München 1926.
- SEITZ, O. & WICHER, C. A.: Über die im Bereich der Tempelburger Struktur gestoßenen Tiefbohrungen und ihre Bedeutung für die Stratigraphie und Paläogeographie der Trias. — Geol. Jb., **65**, 1949, S. 463—496, Hannover 1951.
- STILLE, H.: Über Steinkohlen im Mittleren Keuper am Teutoburger Walde bei Neuenheerse. — Jb. preuß. geol. L.-A., **21**, S. 58—63, Berlin 1901.
- THÜRACH, H.: Uebersicht über die Gliederung des Keupers im nördlichen Franken im Ver gleiche zu den benachbarten Gegenden. — Geogn. Jh., **1**, 1888, S. 75—162, Kassel 1888.
- Beiträge zur Kenntnis des Keupers in Süddeutschland. — Geogn. Jh., **13**, 1900, München 1901.
- WEBER, H.: Der geologische Bau des Untergrundes von Schleswig-Holstein. — Erl. Geol. Übersichtskarte von Schleswig-Holstein, Kiel 1957.
- WEISS, W.: Zur Frage der Muschelkalk-Obergrenze bei Bayreuth, nebst einigen wichtigen Tiefbohrprofilen. — Erlanger geol. Abh., H. 10, Erlangen 1954.
- WIENHOLZ, R.: Das Keuperprofil an der Struktur Marnitz. — Z. angew. Geol., **6**, S. 434—435, Berlin 1960.
- WIRTH, E.: Die Erdölvorkommen von Bruchsal in Baden. — Geol. Jb., **65**, 1949, S. 657—706, Hannover 1951.
- WURSTER, P.: Geologie des Schilfsandsteins. — Mitt. Geol. Staatsinst. Hamburg, H. 33, Hamburg 1964.