

Zur Geologie des Feldes Pfullendorf-Ostrach

Autor(en): **Vollmayr, Theodor**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin der Vereinigung Schweiz. Petroleum-Geologen und -
Ingenieure**

Band (Jahr): **37 (1970-1971)**

Heft 92

PDF erstellt am: **17.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-197284>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Zur Geologie des Feldes Pfullendorf-Ostrach*

VON THEODOR VOLLMAYR¹⁾

mit 16 Figuren

1. Zusammenfassung

Das Feld Pfullendorf-Ostrach entstand an einer posthelvetischen, antithetischen Störung von ca. 80 m Sprungbetrag. Der Stubensandstein ist der Hauptträger; er enthält eine Öllagerstätte mit Gaskappe. Die Sande des Lias alpha und Rhät sind gasgefüllt. Weniger ausgedehnt ist die in den Dogger-beta-Sandsteinen erschlossene Gaslagerstätte. Von den stratigraphischen Ergebnissen sei die Unterscheidungsmöglichkeit zwischen stark verschwammten Gebieten einerseits und geschichteten bzw. nur schwach verschwammten Bereichen andererseits für die Zeit vom höheren Malm alpha bis zum Malm zeta 1 hervorgehoben, wobei die Lage der Schwammstromatolithe für diese Zeit etwa konstant bleibt. Im Verlauf der Ausstrichlinien der verschiedenen Malm zeta 3-Lagen unter der USM zeichnet sich für den prätertiären Untergrund das strukturelle Gefälle vom ostschweizerischen Hochgebiet nach Oberschwaben ab.

Abstract

The oil- and gasfield Pfullendorf-Ostrach, situated in southwestern Germany, has been originated by a post-helvetian antithetic fault, reaching a displacement of about 80 m. The Stubensandstein, a fluviatile Middle Keuper sandstone, represents the main pay. It contains an oil level with a gascap. The sandstones of the Lias alpha and the Rhaethian bear gas. The gasfilling of the Dogger beta sandstones is horizontally less extended than those of the Lias and Rhaethian. During the time from the Upper Malm alpha until the Malm zeta 1 there are localities with rapid sponge growth on the sea bottom and others with less or practically no sponge growth. The localities with accentuated sponge growth remain nearly constant throughout that time. The prae-Chattian outcrops of the Kimmeridgian indicate for the Pfullendorf area a deep prae-Chattian structural position compared with the structurally higher eastern part of the Swiss Midlands.

2. Einleitung

Das Feld Pfullendorf-Ostrach liegt auf zwei Konzessionen. Am Feldesteil Pfullendorf sind die Wintershall AG und die Gew. Elwerath beteiligt, am Feldesteil Ostrach die Deutsche Schachtbau- u. Tiefbohrergesellschaft m. b. H. und Gew. Elwerath. Beide Feldesteile wurden nach gemeinsamen Gesichtspunkten abgebohrt und für eine möglichst günstige Ausbeutung gepoolt. Die Betriebsführung liegt bei Gew. Elwerath. Die Bohrungen im Pfullendorfer Teil wurden überwiegend von Herrn Dr. WECHSLER, z. T. auch von Herrn Dr. ZIMDARS bearbeitet (beide Elwerath), diejenigen im Ostracher Teil grösstenteils von Herrn Dr. WAGNER (Schachtbau). Wenn mir als damals noch Fernstehendem die Gelegenheit gegeben ist, jetzt zusammenfassend über das Feld zu berichten, so bin ich in erster Linie diesen Bearbeitern, die die Grundlagen dazu geschaffen haben,

*) Nach einem Vortrag, gehalten auf der Jahrestagung der Vereinigung Schweiz. Petroleum-Geologen und -Ingenieure in Lindau (Bodensee) am 20. Juni 1970.

¹⁾ Gewerkschaften Brigitta und Elwerath Betriebsführungsgesellschaft m. b. H., D-3000 Hannover, Hindenburgstr. 28.

zu wärmsten Dank verpflichtet. Ausserdem danke ich besonders Herrn Dr. LEMCKE, von dem viele interne Ausarbeitungen über das Feld stammen und mit dem mich während der Abfassung dieses Berichtes ein reger Gedankenaustausch verband. Es ist mir schliesslich eine angenehme Pflicht, den beteiligten Gesellschaften meinen verbindlichsten Dank für die Genehmigung zu dieser Veröffentlichung auszusprechen.

3. Lage, tektonischer Überblick und Entdeckung des Feldes

Pfullendorf-Ostrach liegt ca. 25 km nördlich des Bodensees und etwa 12 km südöstlich des Südrandes der Schwäbischen Alb (Fig. 5, Übersichtskarte). Das Feld entstand als Hochlage südlich einer der antithetischen Störungen, welche das Molassebecken in etwa alpenrandparalleler Richtung durchziehen und durch Zerrung bei der allmählichen Einsenkung des Molassetroges entstanden sind.

Herr Dr. HAUS (Wintershall AG) hatte bereits frühzeitig durch Oberflächenkartierung im Bereich des heutigen Feldes eine Hochlage nachgewiesen, die wie ein Gewölbe aussah. Im Herbst 1950 wurde auf ihr die Bohrung Pfullendorf 1 bis zum Malm abgeteuft. Sie traf in der tiefen USM und am Kopf des Malm Schwerölimprägnierungen an; bei Schöpfversuchen floss jedoch nur Süswasser zu. Obwohl die Bohrung mitten im heutigen Felde stand, musste sie deshalb als nicht fündig verfüllt werden. Nach längerer Pause wurde 1961 auf Grund von Reflexionsseismik die Aufschlussbohrung Pfullendorf 2 zur Untersuchung des Mesozoikums angesetzt. Der ihr zu Grunde liegende seismische Plan zeigt schon einen Strukturlinienverlauf, der dem heute angenommenen weitgehend ähnelt. Die Bohrung wies für Lias und Rhät Gasführung, für den Stubensandstein Ölführung nach. Auf diese Horizonte und die in der nächsten Bohrung ebenfalls gasführend angetroffenen Dogger-beta-Sande wurde das Feld bis zum Herbst 1965 entwickelt.

4. Bemerkungen zur Stratigraphie und Paläogeographie des Pfullendorfer Gebietes

An der Basis des Mesozoikums wurden in Pfullendorf 3 und 5 Arkosen und feldspatführende Sandsteine von mindestens 25 m Mächtigkeit erbohrt, die wohl zum Buntsandstein, z. T. vielleicht auch zum Rotliegenden gehören. Ob in der tiefsten Bohrung (Pf. 3) das Kristallin erreicht wurde, ist infolge fehlenden Spülungsumlaufs und Eintretens einer nicht behebbaren Fangarbeit vor dem Schlußkern unsicher. – Pfullendorf 3 und 5 durchteuften auch als einzige Bohrungen des Feldes den gesamten Muschelkalk, der mit ca. 130 m Mächtigkeit angetroffen wurde.

Die Abgrenzung des Muschelkalks (Fig. 1) nach unten kann nach Diagrammvergleich mit Unterschmeien 1 erfolgen, wo Karneolhorizonte am Kopf des Buntsandsteins eine etwas grössere Sicherheit bieten (WIRTH 1968, Abb. 10). Sie wurde da angenommen, wo nach oben die Feldspatführung der Sandsteine aufhört. Im übrigen muss auf den regionalen Diachronismus dieser Grenze hingewiesen werden (GEYER & GWINNER 1964, S. 32–33). Auch die übrigen Grenzen im Muschelkalk wurden nach Diagrammvergleich mit umliegenden Bohrungen, insbesondere wiederum mit Unterschmeien 1, festgelegt.

An der Basis des Lettenkeupers ist noch ca. 1 m Unterer Dolomit vorhanden. Die obere Grenze des Lettenkeupers wurde nach petrographischem Vergleich mit dem Oberflächenprofil von Rottweil (GEYER & GWINNER 1964, S. 46–47, Abb. 15) noch über den ersten Anhydritvorkommen angenommen. Der Lettenkeuper unserer Gliederung schliesst demnach noch den Myoconcha-Dolomit ein, so dass die Grenze zwischen Unterem und Mittlerem Keuper in Pfullendorf 3 (Fig. 1) ca. 3,4 m höher liegt als es der von WIRTH (1968, Abb. 9) gewählten Grenze in Veringenstadt 1 entsprechen würde.

Die Schilfsandsteinregion greift mit klar erkennbarer Erosionsdiskordanz (Fig. 2) über verschiedene Lagen des Gipskeupers hinweg, wobei jeweils die stärkste Ausräumung

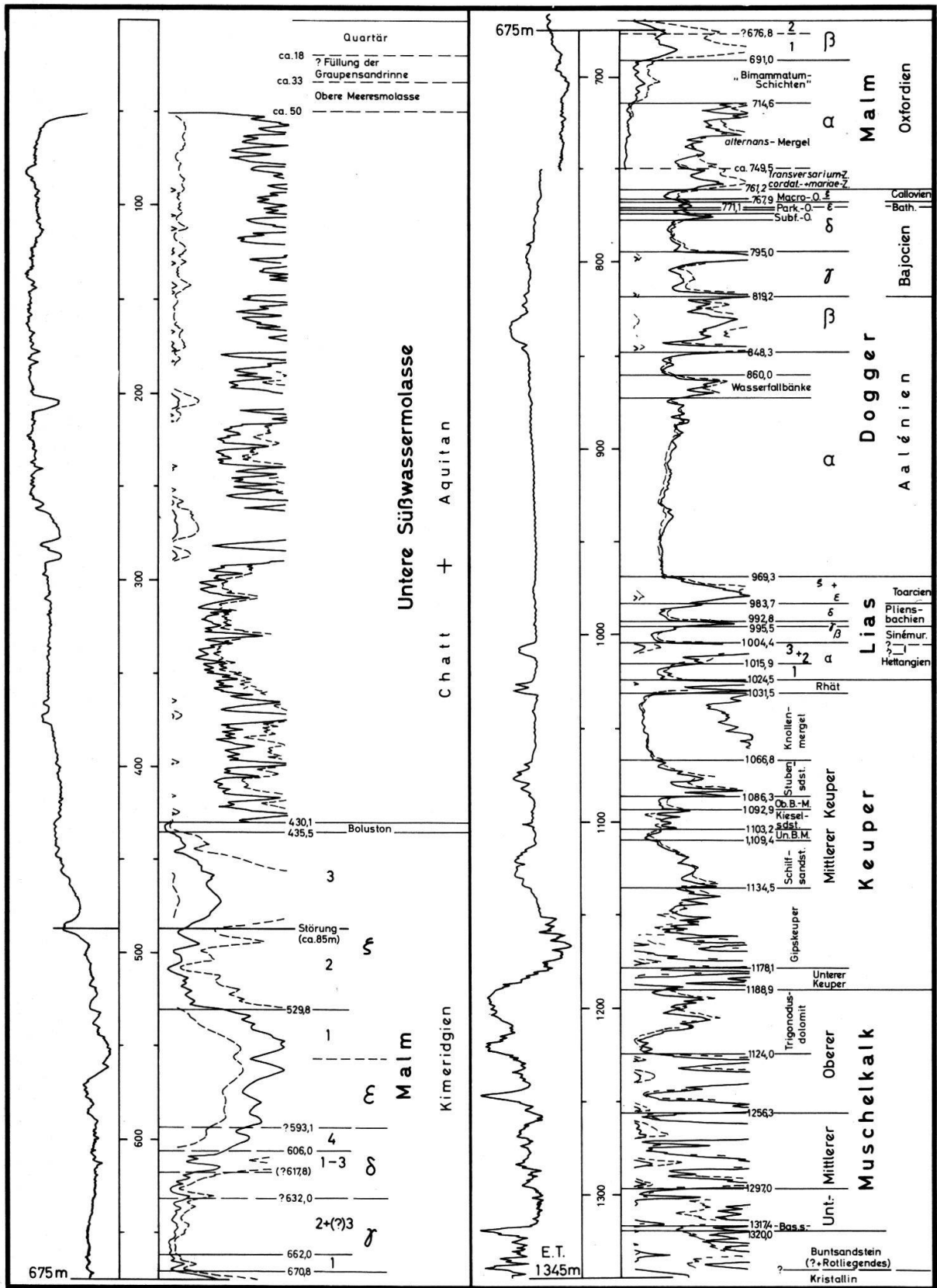


Fig. 1: Das Elektrilog (ES) der Bohrung Pfullendorf 3. – Links SP-Kurve (Spontaneous Potential), rechts elektrischer Widerstand.

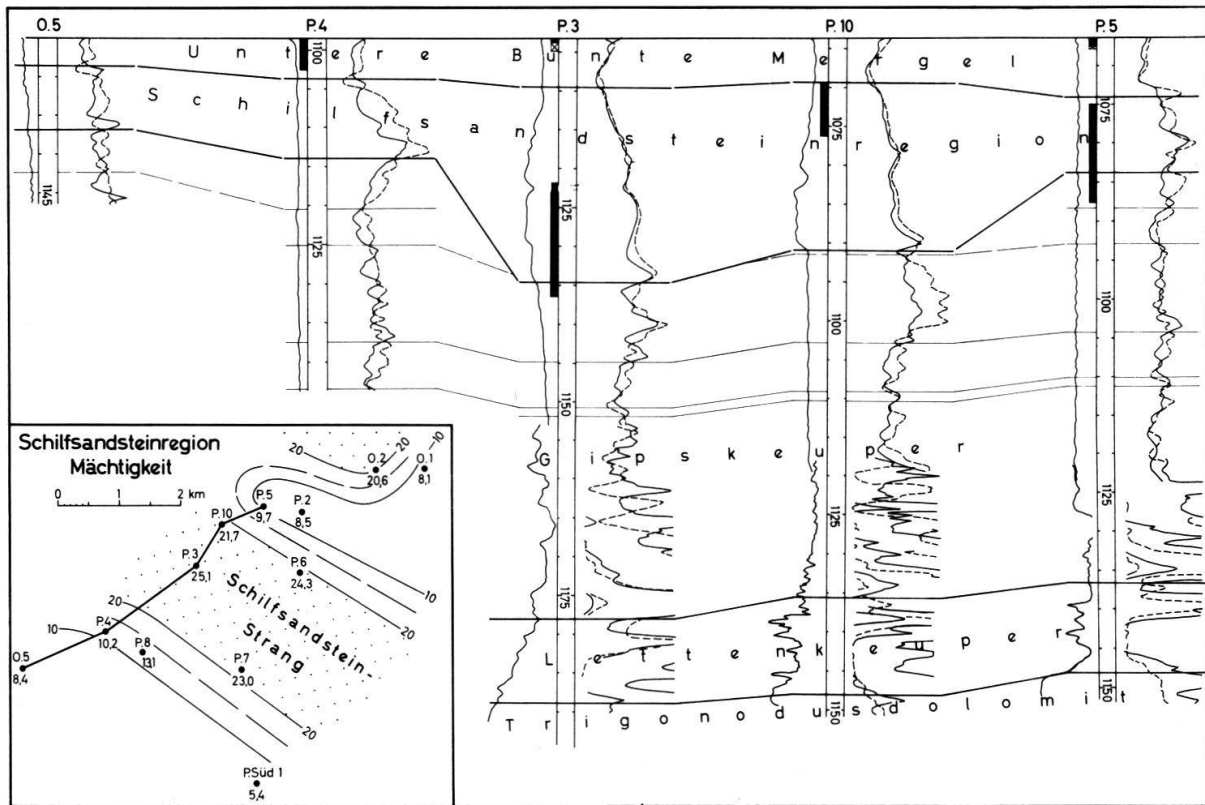


Fig. 2: Die Schilfsandsteinregion. – Verknüpfung der Elektricslogs für einen Schnitt durch die Schilfsandsteinrinne und Mächtigkeitskarte der Schilfsandsteinregion mit Angabe der Bruttomächtigkeiten (m). – Schwarz ausgezogene Säulchen: Kerngewinn-Strecken. – Der Schilfsandstein (i. w. S.) greift im (sandigen) Rinnenbereich auf tiefere Lagen des Gipskeupers über als im Bereich der (tonigen) Stillwasserfazies.

des Gipskeuperuntergrundes an den tiefsten Teil der Sandsteinrinnen gebunden ist. Eine solche Rinne mit entsprechend grosser Schichtmächtigkeit durchschneidet das Feld in SE–NW-Richtung. Ausserdem ist eine grosse Mächtigkeit der Schilfsandsteinregion und Sandführung in Ostrach 2 nachgewiesen. Im übrigen Teil des Feldes wurden bei bedeutend geringeren Mächtigkeiten nur tonige Sedimente und tonflaserige Sandsteine abgelagert. Nach WURSTER (1964, S. 32) weist die Hauptschüttungsrichtung des Schilfsandsteins in Württemberg nach SW. Für die Erklärung der davon abweichenden SE–NW-Richtung im Felde Pfullendorf könnte man daran denken, dass es sich dort vielleicht um das Teilstück einer Flußschlinge handelt, zu der vielleicht auch der Schilfsandstein von Ostrach 2 gehört.

Beim Stubensandstein handelt es sich um eine wohl fluvial entstandene Folge von oft kaolinigen Sandsteinen mit Tonstein-Einlagerungen, welche seitlich ungewöhnlich stark in der Ausbildung wechselt. Die nach einer internen Ausarbeitung von WECHSLER (1964) entworfene, vom Verfasser ergänzte Fig. 3 veranschaulicht den Sedimentationstyp dieser Serie.

Erheblich einfacher ist das Bild der Sandschüttungen im marinen Bereich, wie z. B. im Lias alpha und Rhät (Fig. 4). Für den Rhätsandstein wird ein das Feld von Süden nach Norden querender Zug relativ grosser Mächtigkeit deutlich (Fig. 5). Dieser Rücken dürfte wohl einen Sandstrang abbilden, welcher mehr oder weniger küstenparallel verlief. Der unregelmässige Verlauf der Mächtigkeitslinien im übrigen oberschwäbischen Becken (Fig. 5, Übersichtskärtchen) deutet darauf hin, dass man dort wohl mit dem Vor-

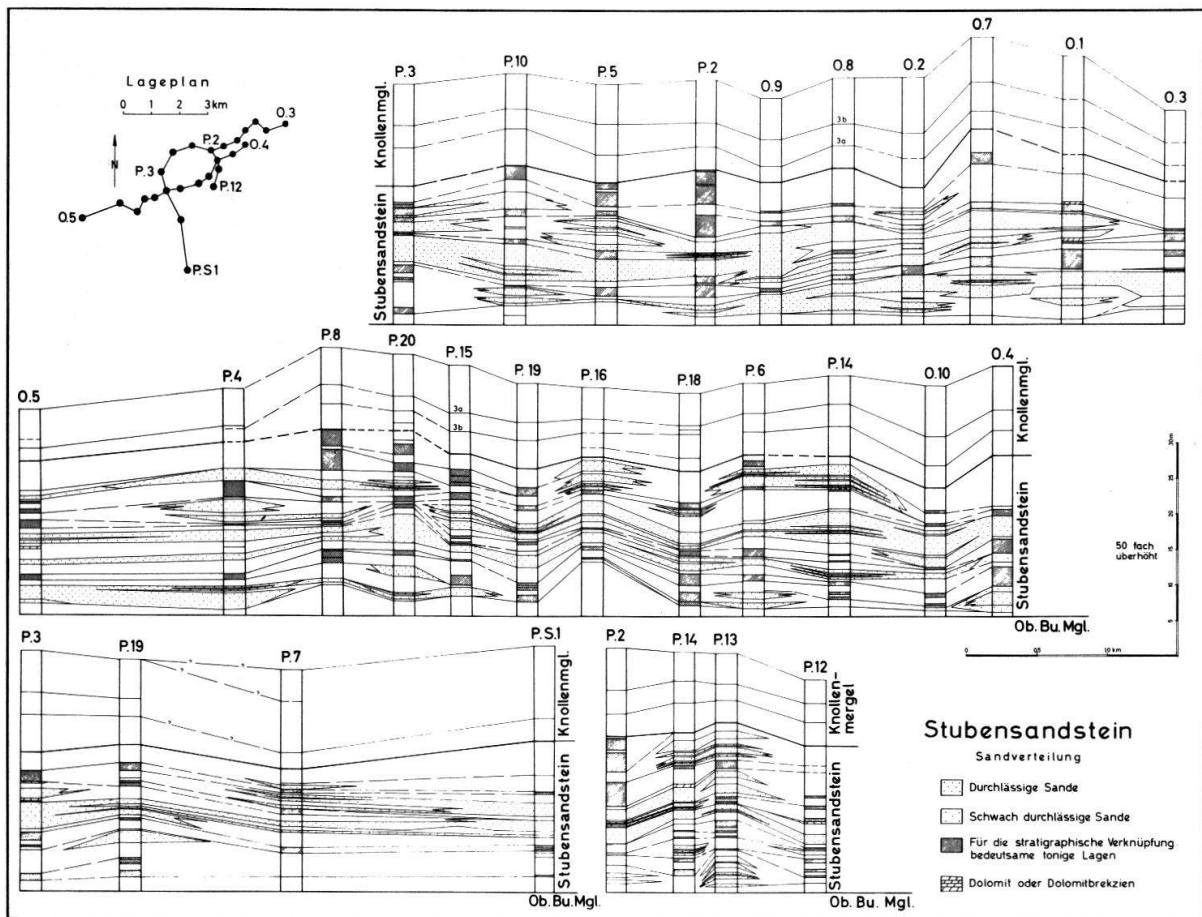


Fig. 3: Sandverteilung im Stubensandstein, nach WECHSLER (1964) vom Verf. ergänzt und z. T. verändert. Die fluviatile Entstehung des Stubensandsteins bedingt einen raschen seitlichen Fazieswechsel.

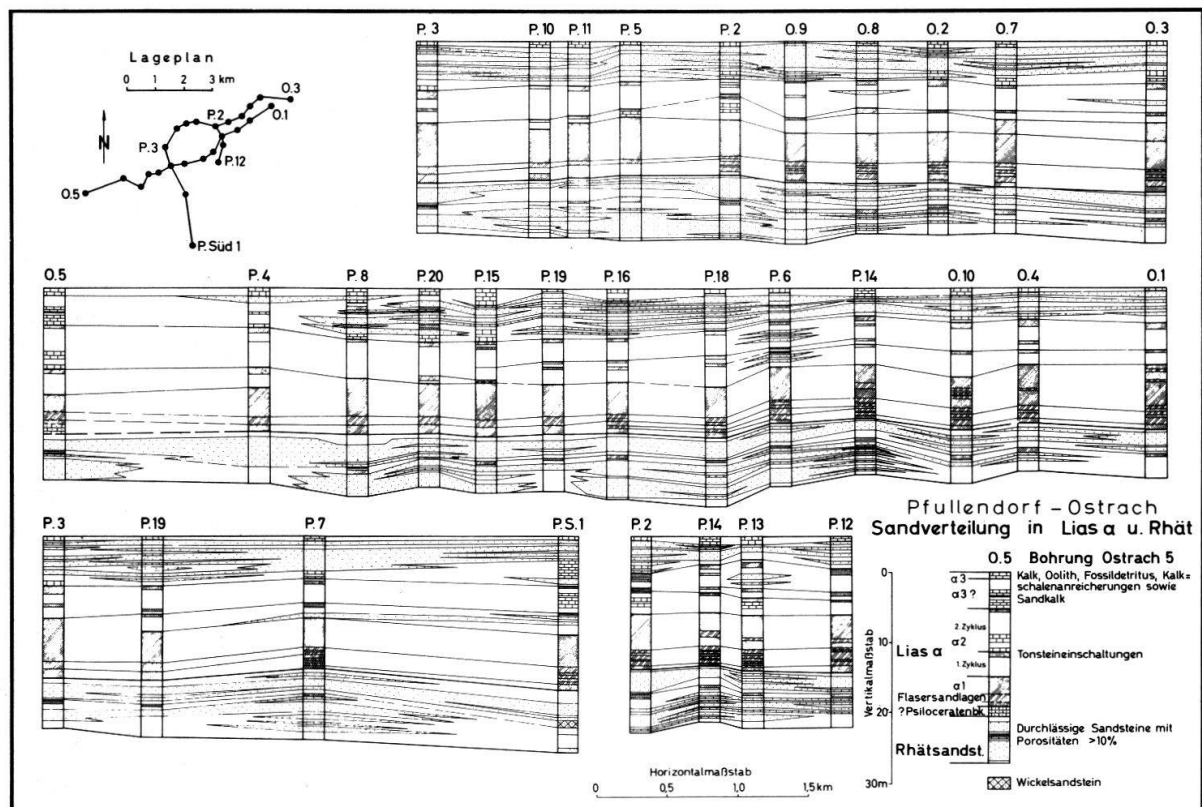


Fig. 4: Sandverteilung im Lias alpha und Rhät nach WECHSLER (1965a) vom Verf. ergänzt und z. T. verändert. – Die Sande dieser Stufen entstanden im Flachwasserbereich. Eine Häufung durchlässiger Sandpartien im mittleren Teil des Feldes ist angedeutet (vgl. Fig. 5 und 6).

handensein ähnlicher Sandkörper rechnen kann. Die Basis des Rhät zeigt nach Kernen die Detailkennzeichen einer Transgressionsfläche.

Unmittelbar über dem Rhätsandstein setzen in Pfullendorf schwarzgraue Tonsteine ein, welche aus ihrem tiefsten Teil keine Mikrofauna lieferten, darüber aber nach der Ostracodenführung dem Lias alpha 1(-2) zugewiesen werden können (Fig. 4 und 6). Südlich des Feldes werden die Lias alpha 1-Tone zunehmend ersetzt durch braun- oder grünstichige, gelegentlich sogar rötlich gefleckte, meist milde Tonsteine ohne marine Mikrofauna. Mit dem Lias alpha 2 setzt Sandführung ein, ausserdem nach SE zunehmend Oolithführung, Schalenanreicherung sowie überhaupt stärkere Beteiligung von Kalk, was man wohl mit geringerer Wassertiefe in Verbindung bringen kann. Ein oberer Zyklus enthält fast ausschliesslich die durchlässigen Sande des Lias alpha. Ob dieser Bereich, wie es hier nach dem petrographischen Vergleich mit den nächsten Tagesaufschlüssen angenommen wird, dem Lias alpha 2 zuzurechnen ist oder etwa dem Lias alpha 3, worauf die Mikrofauna von Pfullendorf 3 hinweist, kann gegenwärtig noch nicht entschieden werden. Abgeschlossen wird der Lias alpha nach oben durch einen kalkigen oder sandkalkigen Horizont, der sicher als Arietenkalk angesehen werden kann.

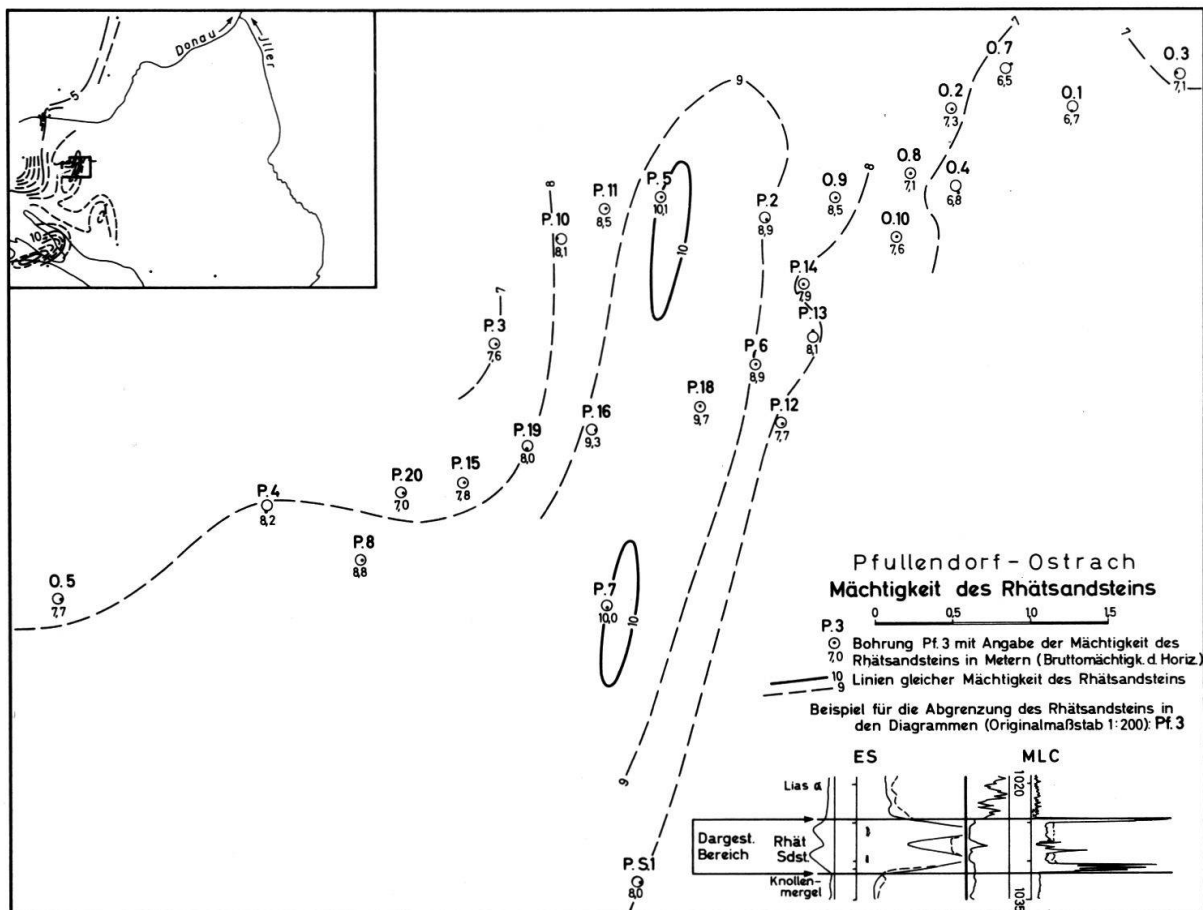


Fig. 5: Mächtigkeiten (m) des Rhätsandsteins. – Durch das Feld verläuft ein Bereich grosser Mächtigkeit, der einen Sandstrang abbildet. Auf der kleinen Übersichtskarte ist hier und in den folgenden Mächtigkeitsdarstellungen das Gebiet des Feldes Pfullendorf stark umrandet.

Lias beta, gamma, delta sowie epsilon und zeta zeigen innerhalb wie ausserhalb des Feldes durchweg eine regionale Mächtigkeitsverringernach Süden bis Südosten, also in Richtung auf den Beckenrand (LEMCKE 1970, Fig. 4). Der hier als Beispiel dafür ge-

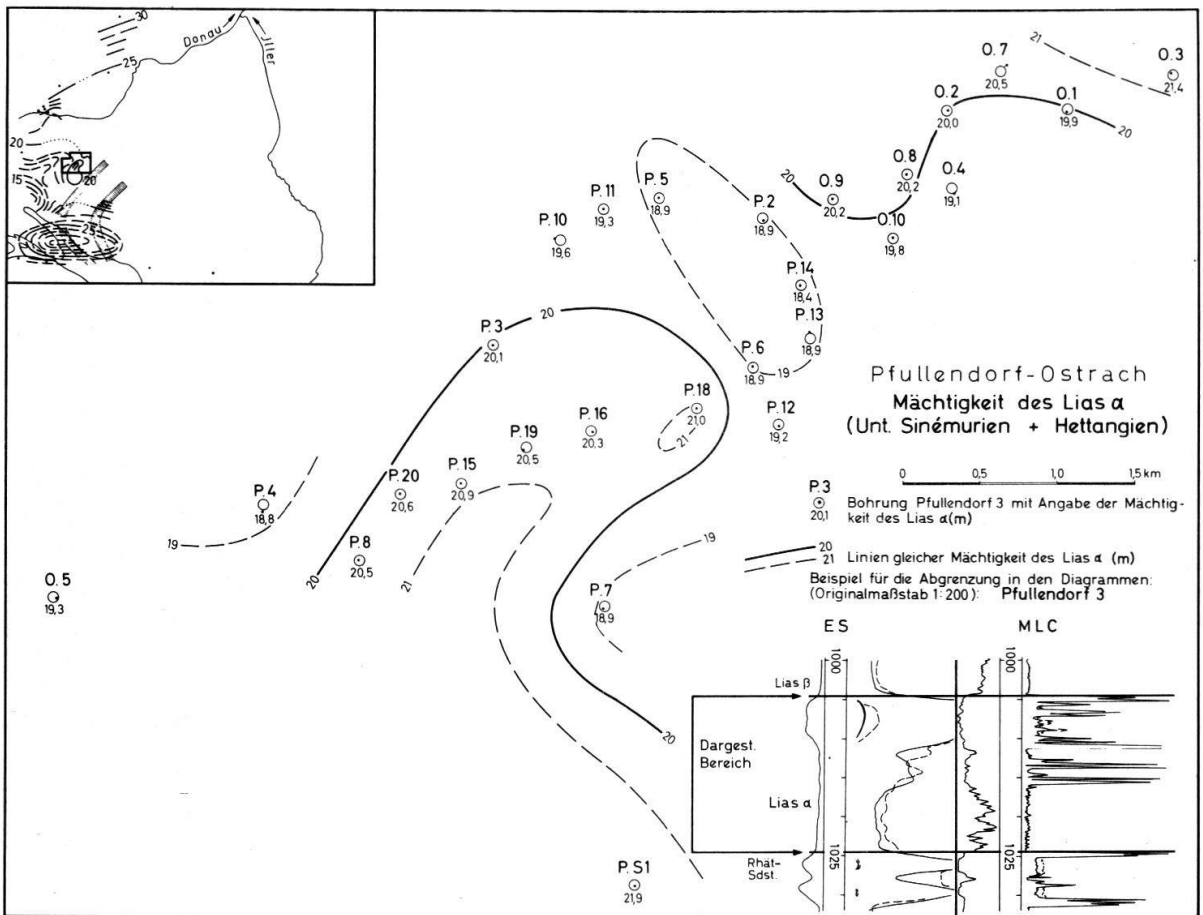


Fig. 6: Mächtigkeiten (m) des Lias alpha. – Auf der Übersichtskarte: SE der unterbrochen schraffierten Linie sind die dunklen Tonsteine des Lias alpha 1 z. T., SE der durchgehend schraffierten Linie ganz durch grünliche oder braunstichige mittelgraue Tonsteine ersetzt.

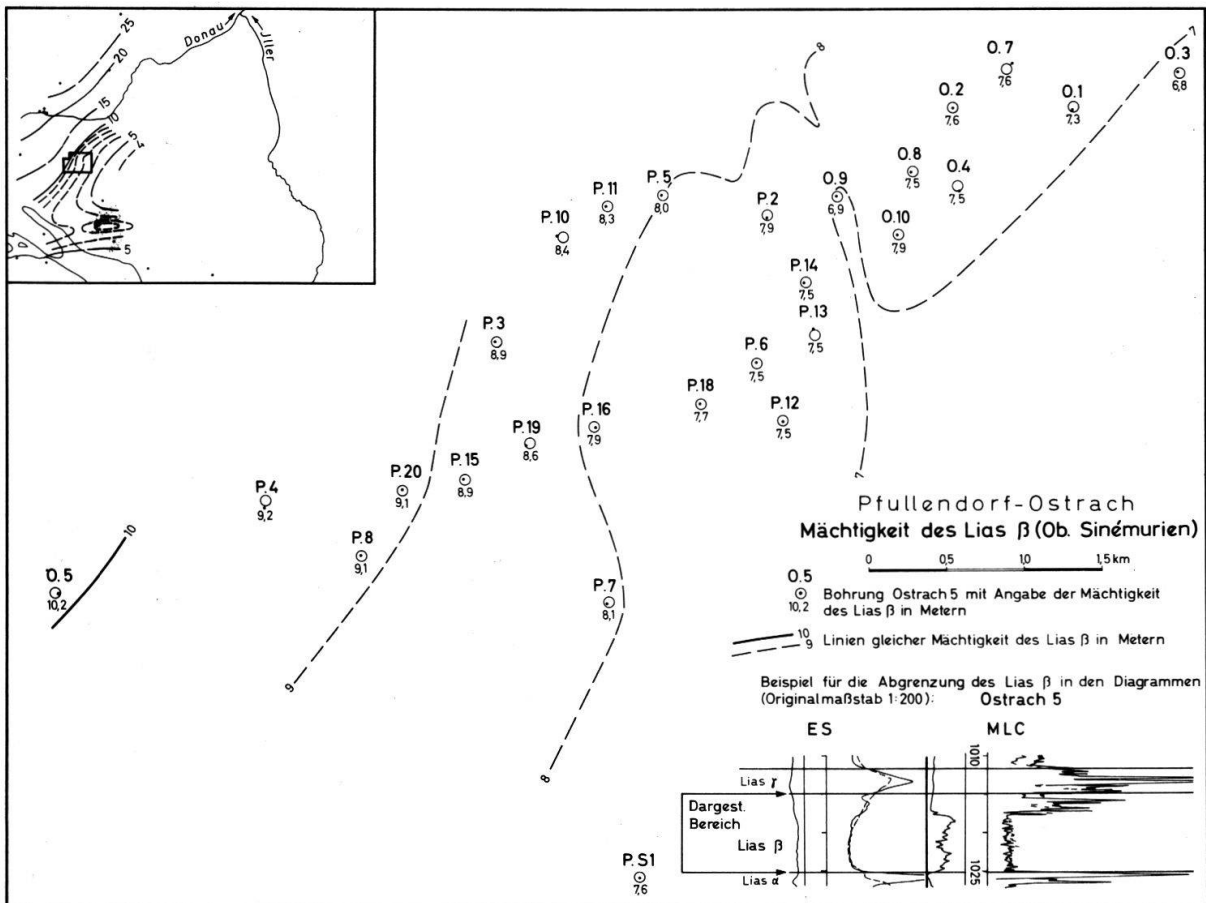


Fig. 7: Mächtigkeiten (m) des Lias beta. – Schummerung auf der Übersichtskarte: stärker feinsandig oder oolithisch ausgebildete Gebiete.

wählte Lias beta (Fig. 7) wird dabei nicht nur in seiner Mächtigkeit nach Südosten hin reduziert, sondern es schalten sich beckenauswärts zunehmend feinsandige und oolithische Partien ein; gleichzeitig werden dabei die dunkelgrauen Tonsteine mehr und mehr durch grüngraue Tonsteine ersetzt.

Auch im tonigen Dogger, besonders gut sichtbar im Opalinuston (Fig. 8), nehmen die Schichtmächtigkeiten nach Südosten und Osten, in Richtung auf die jetzt allerdings weit entfernte Küste (LEMCKE 1970, Fig. 5), ab.

Über dem Opalinuston folgen die sandigen Flachwassersedimente des Dogger beta, die z. T. sehr gut speicherfähige, fein- bis mittelkörnige Sande mit Gasfüllung enthalten. Ausser schlierig geschichteten Flasersandsteinen enthält der Dogger beta, weit mehr als z. B. der Lias alpha, sogenannte Wickelsandsteine, die geradezu für ihn charakteristisch sind. Es handelt sich bei ihnen offenbar ursprünglich um Tonflasersandsteine, die durch bodenbewohnende Tiere aufgearbeitet sind, wie sie ähnlich aus dem Golf von Mexico beschrieben sind (MOORE & SCRUTON 1957, S. 2727f.). Die Grenze Dogger alpha/beta wurde nicht wie von RIEBER (1963, S. 7-9; 1967, S. 632) und WIRTH (1968, Abb. 3) etwa an der Oberkante der Wasserfallbänke, sondern an der Basis der Zopfplatten gezogen, wohin sie schon QUENSTEDT (1864, Taf. 4) gelegt hat und wo sie seit der Bohrung Scherstetten 1 (WEBER 1955, S. 72) in allen Bohrungen des Molassebeckens angenommen wird. Die Mächtigkeitsentwicklung des Doggers beta ist komplizierter (Fig. 9) als diejenige der vorwiegend tonigen Horizonte, da sie von den eingelagerten Sandkörpern beeinflusst wird.

Für die oberen Doggerstufen herrscht wiederum die tonige Sedimentation vor. Wie im Anstehenden am Albtrauf sind auch hier eisenoolithische Horizonte eingelagert. Die

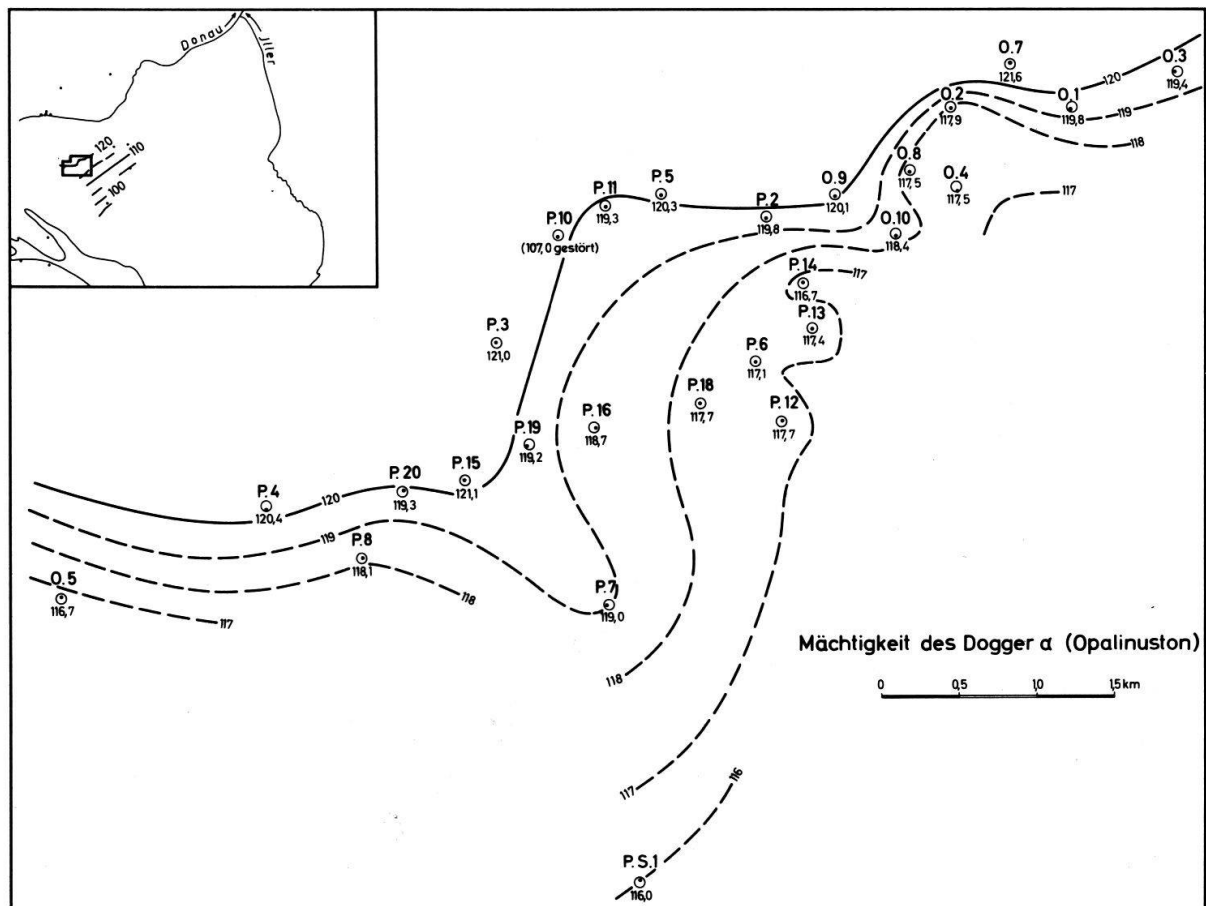


Fig. 8: Mächtigkeiten (m) des Dogger alpha. – Mächtigkeitsabnahme nach SE wie im Lias.

Gliederung der Schlumberger-Diagramme dieses Bereichs nach den Tagesaufschlüssen wurde von WIRTH (1968, Abb. 3) für die Bohrungen auf der Schwäbischen Alb überzeugend durchgeführt und wird hier übernommen.

Die Dogger/Malm-Grenze liegt in Übereinstimmung mit den Verhältnissen übertage (GEYER & GWINNER 1962, S. 98) im tieferen Teil einer glaukonitführenden, meist etwas sandigen, kalkmergeligen Bank, die im allgemeinen in den Spülproben gut zu erkennen ist. Der tiefere Teil des Malm alpha kann nach Vergleich mit Fossilbestimmungen aus den Bohrungen Scherstetten 1 (LEMCKE 1955, Beil.; WEBER 1955, S. 68 u. 80) und in Gaisbeuren 1 (J.SCHNEIDER 1962) als *cordatum* - + *transversarium*-Zone ausgeschieden werden. Dabei wird die Abgrenzung gegen die Zone des *Cardioceras alternans* vorläufig dort vorgenommen, wo nach oben ein stärker toniges Paket einsetzt. Für Pfullendorf ergibt sich dabei ein Mächtigkeitsverhältnis vom tieferen zum höheren Malm alpha von ca. 1:6 gegenüber der von GEYER & GWINNER (1962, S. 96) für die Schwäbische Alb mit ungefähr 1:9 angegebenen Relation.

Der obere Teil des Malm alpha ist deutlich kalkreicher als der untere. Für diese Serie hat sich die Bezeichnung «Bimammatusschichten» eingebürgert. GEYER & GWINNER (1962, S. 98) möchten diesen Namen nicht beibehalten, da das Vorkommen des *Epipeltoceras bimammatum* noch in den unteren Teil des Malm beta hineinreicht. Wenn die Bezeichnung «Bimammatusschichten» hier trotzdem verwendet wird, so versteht sie sich als praktischer Begriff für den oberen, relativ kalkigen Abschnitt des Malm alpha unter Ausschluss des unteren Malm beta.

Nach Vergleich mit der Gliederung auf der Schwäbischen Alb (GOTTLIEB 1955, Profil; KOERNER 1962; SCHMIDT-KALER 1962a, Taf. 1) lässt sich die Obergrenze des Malm alpha gut lokalisieren als Basis der fast tonfreien Wohlgeschichteten Kalke.

Im tiefen Malm alpha (Fig. 10) bleibt die tonige Sedimentation, wie sie im höheren Dogger geherrscht hatte, vorerst noch erhalten, allerdings mit rasch zunehmender Kalkzufuhr. Schon in den «Bimammatusschichten» kommt es zur Bildung zahlreicher geschlossener Kalkbänke und zur Ansiedlung von Schwämmen, die zusammen mit Kalk-

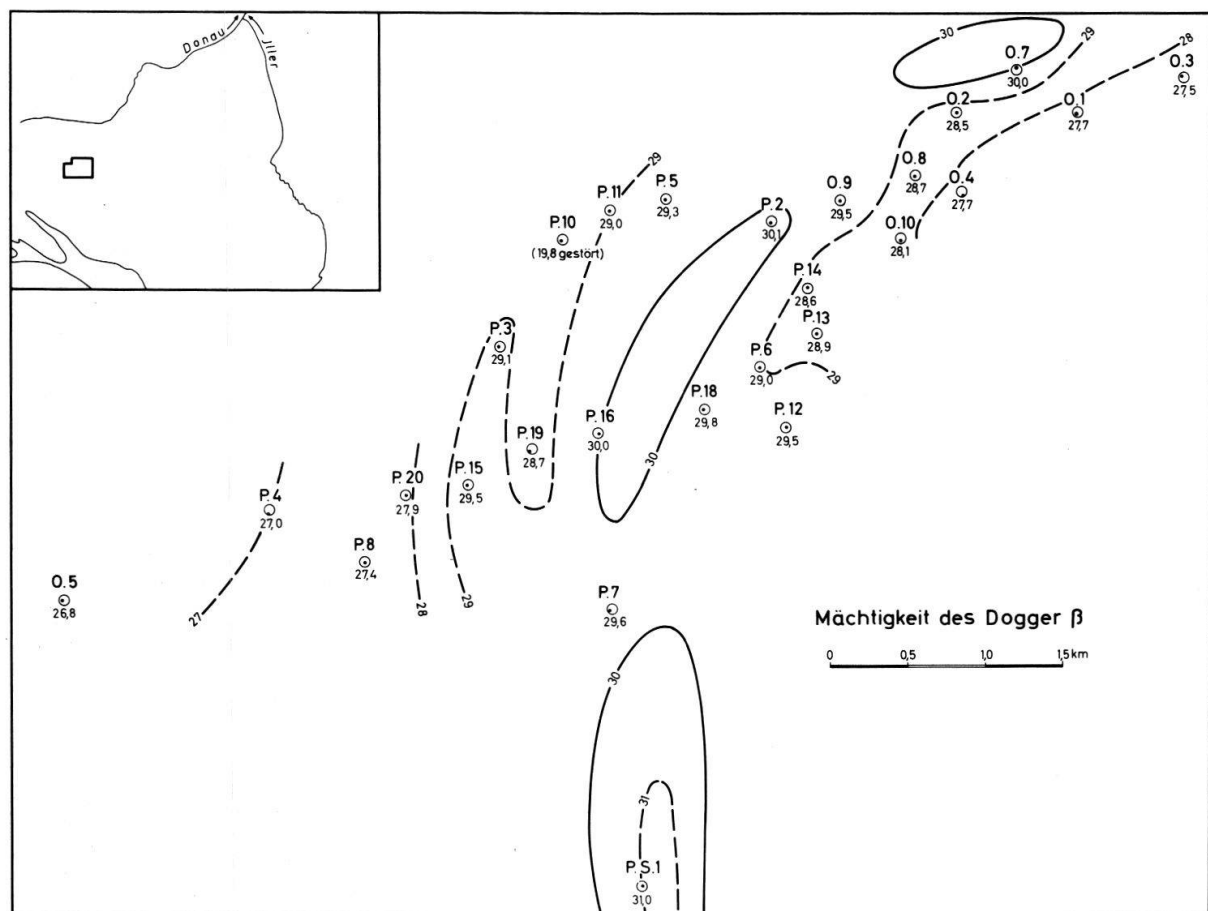


Fig. 9: Mächtigkeiten (m) des Dogger beta.

algen stellenweise mächtige Stromatolithe bilden. Damit bilden sich völlig neue Verhältnisse heraus (Fig. 11). Die Mächtigkeitsverteilung wird vom Grad der Verschwammung geprägt. Ein Bereich starker Verschwammung im höheren Malm alpha («Lochenfazies») liegt im Nordostteil des Feldes Pfullendorf-Ostrach und hängt vermutlich mit dem ebenfalls zu gleicher Zeit stark verschwammten Gebiet von Saulgau, Hosskirch und der mittleren und östlichen Fronhofen-Bohrungen zusammen. Ausserordentlich mächtig sind die «Bimammatusschichten» auch westlich des Feldes Pfullendorf. In den «Bimammatusschichten» zeigt sich also erstmals eine akzentuierte Gliederung des oberschwäbischen Malmschelfs in verschwammte, etwas seichtere Meeresteile und in relativ etwas tiefer gelegene Schüsseln. Die Mächtigkeitskarten der darüber folgenden Malmstufen zeigen durchweg das gleiche Bild, wobei die Lage der im höheren Malm alpha erscheinenden Schwammstromatolithe bis hinauf zum Malm zeta 1 mehr oder weniger konstant bleibt. Dies kann auch deduktiv gefordert werden, da einmal vorhandene verschwammte Bereiche als Hochgebiete bevorzugt zu immer wieder neuem Schwammwachstum Anlass gaben. Interessanterweise ist nun die Verschwammung in den «Bimammatusschichten» gerade an die Stellen gebunden, wo im Dogger beta die Sandmaxima liegen. Man könnte daran denken, dass sich diese infolge geringerer Kompaktion bis in die «Bimammatusschichten» durchgepaust haben und dass sich auf den so durch unterschiedliche Setzung entstandenen positiven Unebenheiten des Meeresbodens die ersten Schwammrasen ansiedelten.

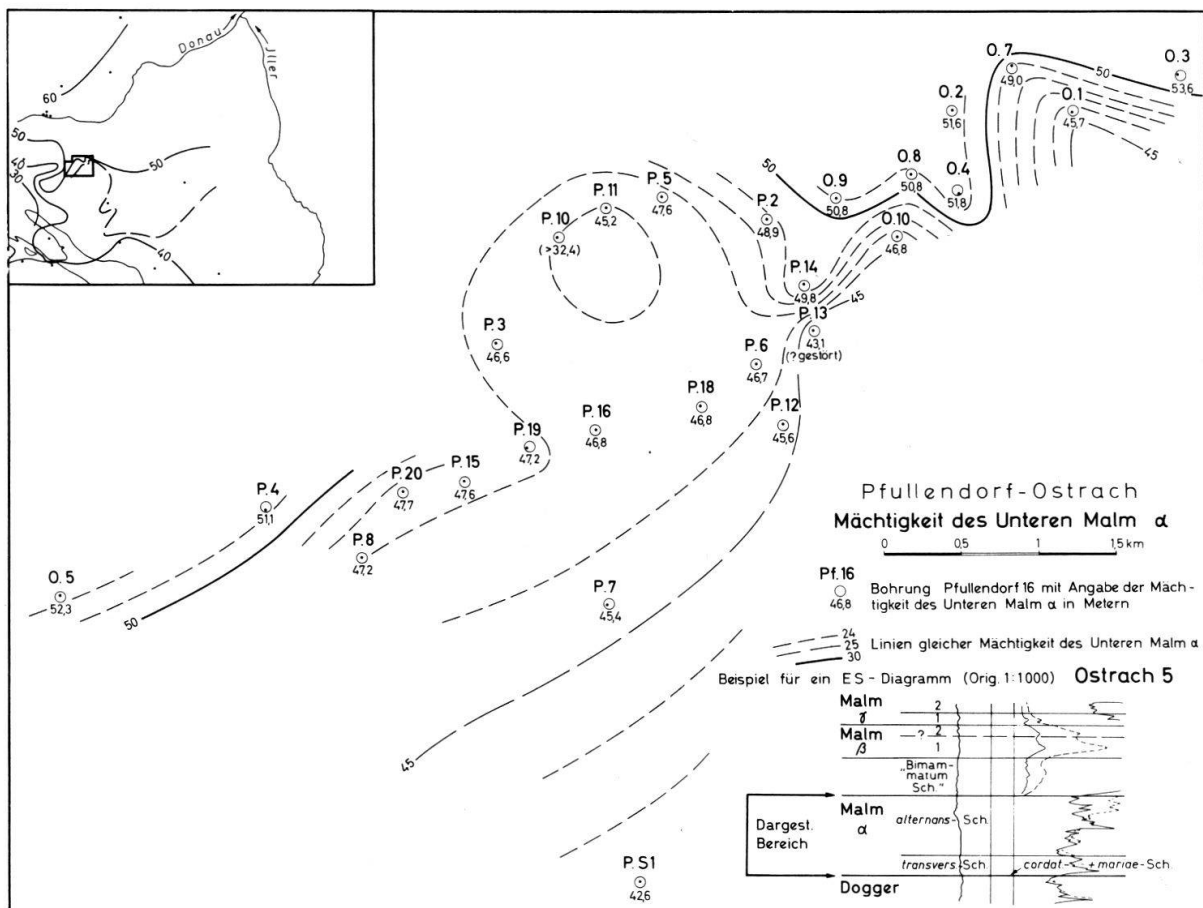


Fig. 10: Mächtigkeiten (m) des tiefen Malm alpha. – Die im Lias und Dogger beobachtete Mächtigkeitsverringernach SE ist, etwas modifiziert, erhalten geblieben.

Es bereitet Schwierigkeiten, den Malm gamma nach oben abzugrenzen (Fig. 1). Vergleicht man die Oberflächenprofile, etwa das von GEYER (1961a, S. 93–95) bei Geislingen aufgenommene Profil des Malm gamma und das von B. ZIEGLER 1955 aufgestellte Standardprofil des Malm delta mit den entsprechenden Partien der Schlumberger-Diagramme von Pfullendorf, so würde man in Pfullendorf 3 (Fig. 1) am ehesten die Grenze zwischen Malm gamma und delta bei 617,8 m ziehen. Es wird hier jedoch, vorbehaltlich einer später eventuell fälligen Revision, eine tiefere Grenze zwischen den beiden Stufen, in Pfullendorf 3 bei 632,0 m, vorgezogen. Denn in Gaisbeuren 1 (J. SCHNEIDER 1962, Beil. 3) wurde einige Meter tiefer im Profil ein Horizont mit *Pseudomonotis similis* gekernt. Ausserdem deuten Spülprobenbefunde in Illmensee 1 darauf hin, dass der Glaukonithorizont des Malm delta 3 zu dieser Deutung passend im Profil liegt. Beide Argumente sind allerdings nicht eindeutig; *similis*-Bänke kommen meist zweimal im Profil vor (VEIT 1936, S. 88, 93) und die Spülproben von Illmensee 1 könnten auch als Nachfall aus höheren Schichten verschleppt sein. Die Grenze Malm delta/epsilon ist noch wesentlich unsicherer, da oft verschwimmt.

Der höhere Malm wird in den Diagrammen unterteilt durch einen Abschnitt geringeren Widerstandes, was auf vermehrte Tonzufuhr deutet. Da im höheren süddeutschen Malm verstärkte Tonzufuhr nur in den Zementmergeln (Malm zeta 2) auftritt, geht man sicher nicht fehl in der Annahme, dass dieser Abschnitt tatsächlich den Zementmergeln entspricht, wie es schon seit langem von den im westlichen Molassebecken tätigen Bohrungsbearbeitern angenommen wird (J. SCHNEIDER 1962, S. 170). Obwohl die Zementmergel nach ROLL (1931, S. 118) schüsselartige Vertiefungen zwischen den Schwammstromatolithen ausfüllen, kann man sie doch über sehr weite Erstreckung in den Diagrammen verfolgen. Dies ist sogar bis in das Gebiet der helvetischen Malmfazies mög-

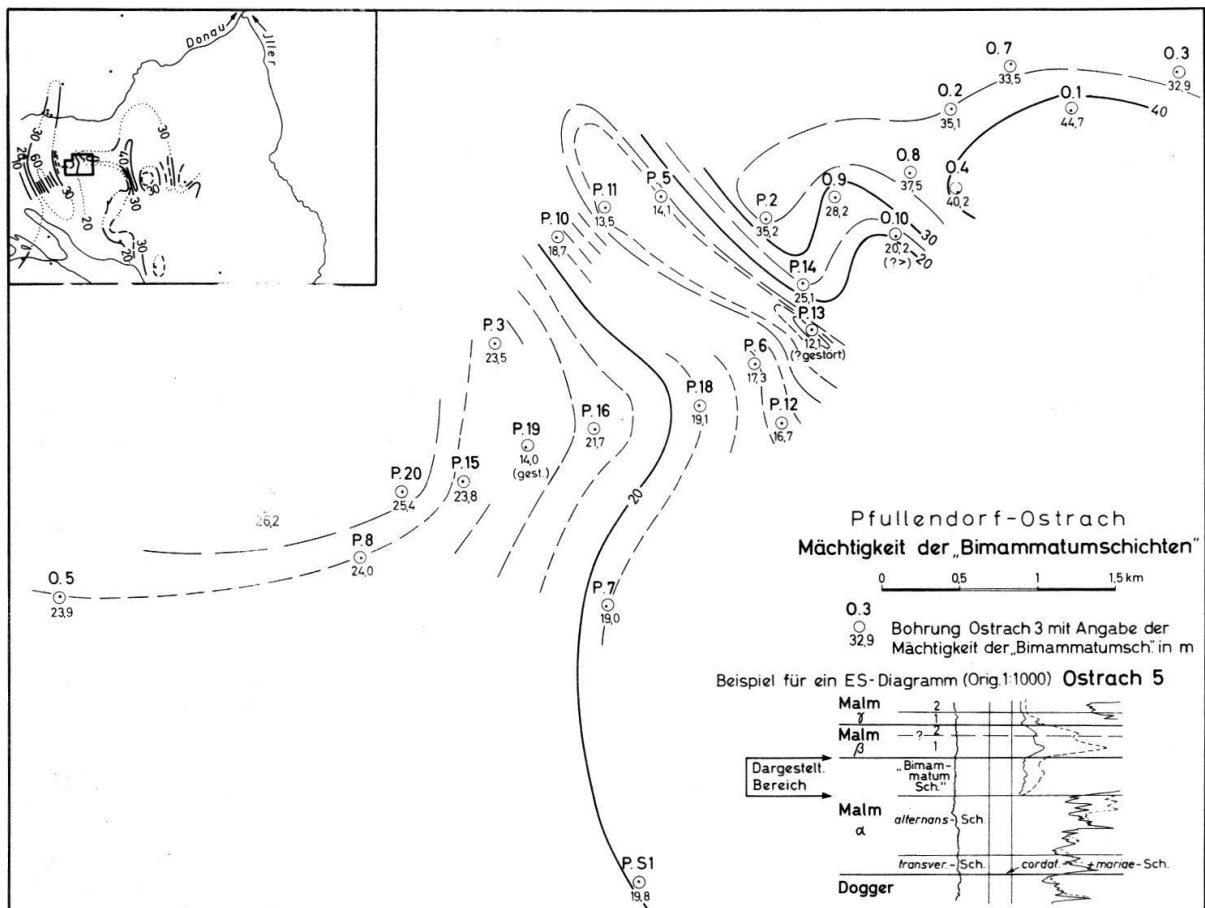


Fig. 11: Mächtigkeiten (m) der «Bimammatusschichten». – Der Meeresboden ist zu dieser Zeit erstmals gegliedert in Gebiete rascher organischer Kalkausfällung infolge kräftigen Schwammwachstums (Stromatolithe) und in Schüsseln mit langsamerer, stärker anorganischer und geschichteter Sedimentation.

lich (LEMCKE & WAGNER 1961, S. 13), wo man wahrscheinlich das sogenannte Mergelband zwischen Oberem und Unterem Quintnerkalk mit den Zementmergeln der germanischen Fazies annähernd gleichsetzen kann (SCHINDLER 1959, Taf. 5 u. 6, Prof. 16 u. 20).

Die Abgrenzung zwischen Malm zeta 2 und 3 erfolgt für Pfullendorf gesichert im Anschluss an die von ROLL 1931 für das Sigmaringer Gebiet gegebene Definition. Auf der Übersichtskarte der Fig. 13 wurde für das östliche Oberschwaben die Grenze zeta 2/3 nach J. SCHNEIDER (1957) an die Oberkante der «Oberen Zementmergel» (GEYER & GWINNER 1962, Abb. 26) gelegt. Nach Diagrammvergleichen könnte man aber auch daran denken, dass diese Oberen Zementmergel nach SW verkalken, so dass sie dort zu den Hangenden Bankkalken (Malm zeta 3) gehören. Man müsste dann natürlich die Diagrammverknüpfungen in dieser Serie anders legen als bisher, was wiederum Konsequenzen hätte für die Ausstrichlinien der gegen die Tertiärbasis abstossenden Malm zeta 3-Horizonte. Diese würden dann von Pfullendorf aus ziemlich geradlinig und ohne nach Süden abzuknicken nach Ostnordosten weiterstreichen.

Der Malm zeta 3 greift, die im Liegenden vorhandenen Unstetigkeiten mehr oder weniger gleichmässig überdeckend, transgressiv über, wie dies ROLL 1931 (S. 138) von der Albhochfläche erstmals darstellte. In Pfullendorf ist vom Malm zeta 3 nur wenig mehr erhalten als auf der benachbarten Albhochfläche von Sigmaringen in den Gebieten maximaler Mächtigkeit des Malm zeta 3 (Fig. 12). Nach Süden und Südosten werden von der Tertiärbasis immer jüngere Malmhorizonte abgeschnitten (Fig. 13), in der unweit nördlich der Faltenmolasse gelegenen Bohrung Opfenbach 1 mit grosser Wahrscheinlichkeit sogar die Zementsteinschichten der helvetischen Fazies (LEMCKE & WAGNER 1961, S. 13).

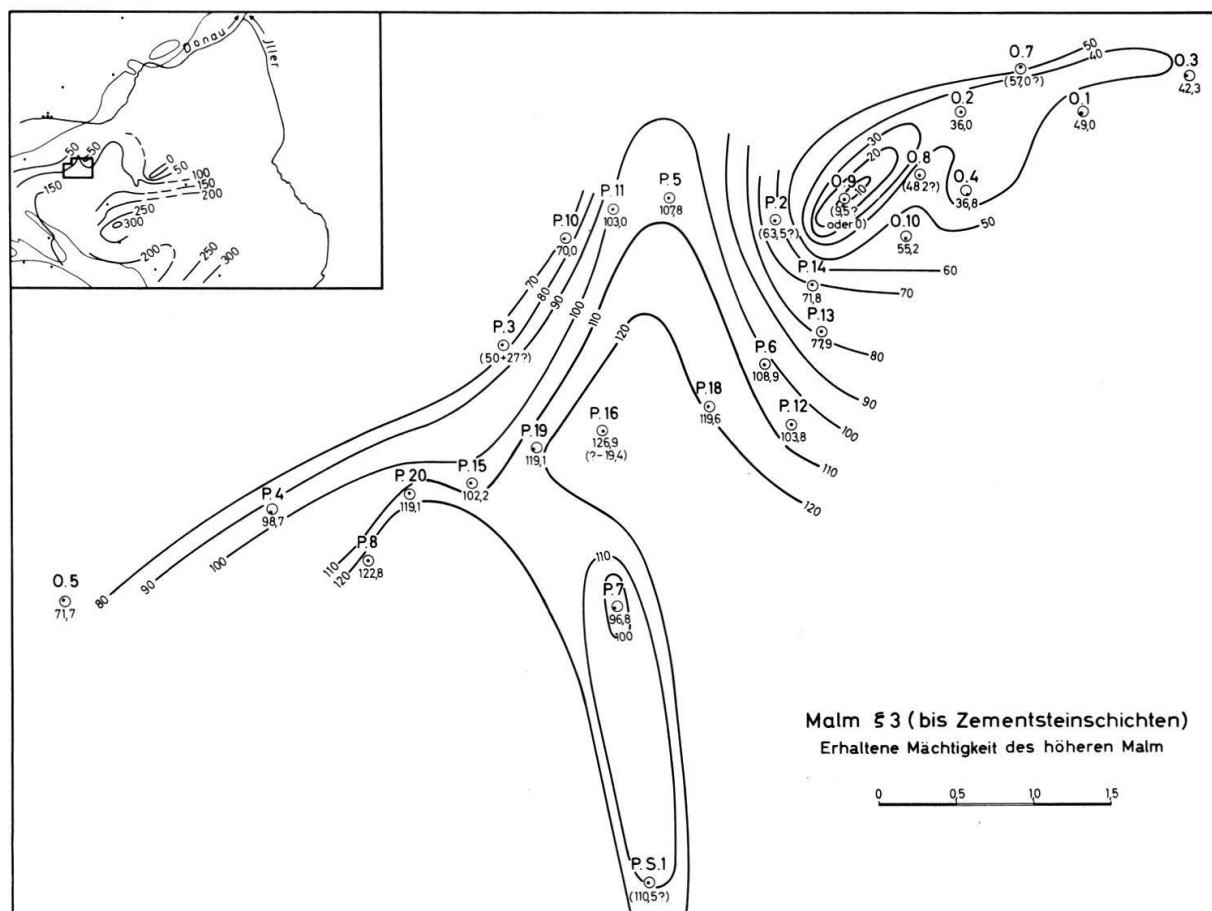


Fig. 12: Erhaltene Mächtigkeiten (m) des höheren Malm. – Die Linien gleicher Abstände zwischen Basis Malm zeta 3 und Malmoberkante schwenken westlich Pfullendorf weit nach Süden zurück (Anstieg zu dem im östlichen Schweizer Mittelland gelegenen Hochgebiet).

Nach Südwesten hin zeichnet sich demgegenüber in dem scharfen Abbiegen der Ausstrichlinien der zeta-3-Horizonte offenbar bereits die Annäherung an das von BÜCHI, LEMCKE, WIENER & ZIMDARS (1968, Fig. 17) dargestellte prätertiäre Hochgebiet der Ostschweiz ab.

Das anscheinend stellenweise ziemlich stark konturierte Malmrelief wird im Felde Pfullendorf-Ostrach von bis zu 30 m mächtigen Bolusbildungen weitgehend plombiert (Fig. 13). Die Untere Süsswassermolasse (USM) (Fig. 14) beginnt mit einer Süsswasserkalk führenden Basisserie. Während ihrer Ablagerung dürfte die aus der Schweiz nach ENE gerichtete Hauptabflussrinne der USM-Schüttung noch südlich des Pfullendorfer Gebietes gelegen haben. Auch in dem darüber folgenden Bereich sind Sandeinschaltungen zunächst noch verhältnismässig selten. Erst im oberen Teil der USM erscheinen dann zahlreiche grob- bis mittelkörnige Sande. An der Basis dieses Abschnitts liegen 3 Sandhorizonte, die sich mit einiger Sicherheit verknüpfen lassen. Entsprechend ihrem An- und Abschwellen sind sie mehr oder weniger weit in den tonmergeligen und siltigen Untergrund eingegraben. Man möchte annehmen, dass erst mit dem Einsetzen dieser gröberen Schüttung unser Gebiet in den Bereich der genannten Hauptabflussrinne gelangt ist. Erheblich schwieriger ist die Verknüpfung der Diagramme für den höchsten Teil der USM, der wohl miteinander verflochteten Wasserläufen, also «braided streams», seine Entstehung verdanken dürfte und dann einen im Verhältnis zu der geringen Reliefenergie des Beckens zu hohen Sedimentanfall aufweist, gewissermassen als Überforderung des Flußsystems (ALLEN 1965, S. 96f.).

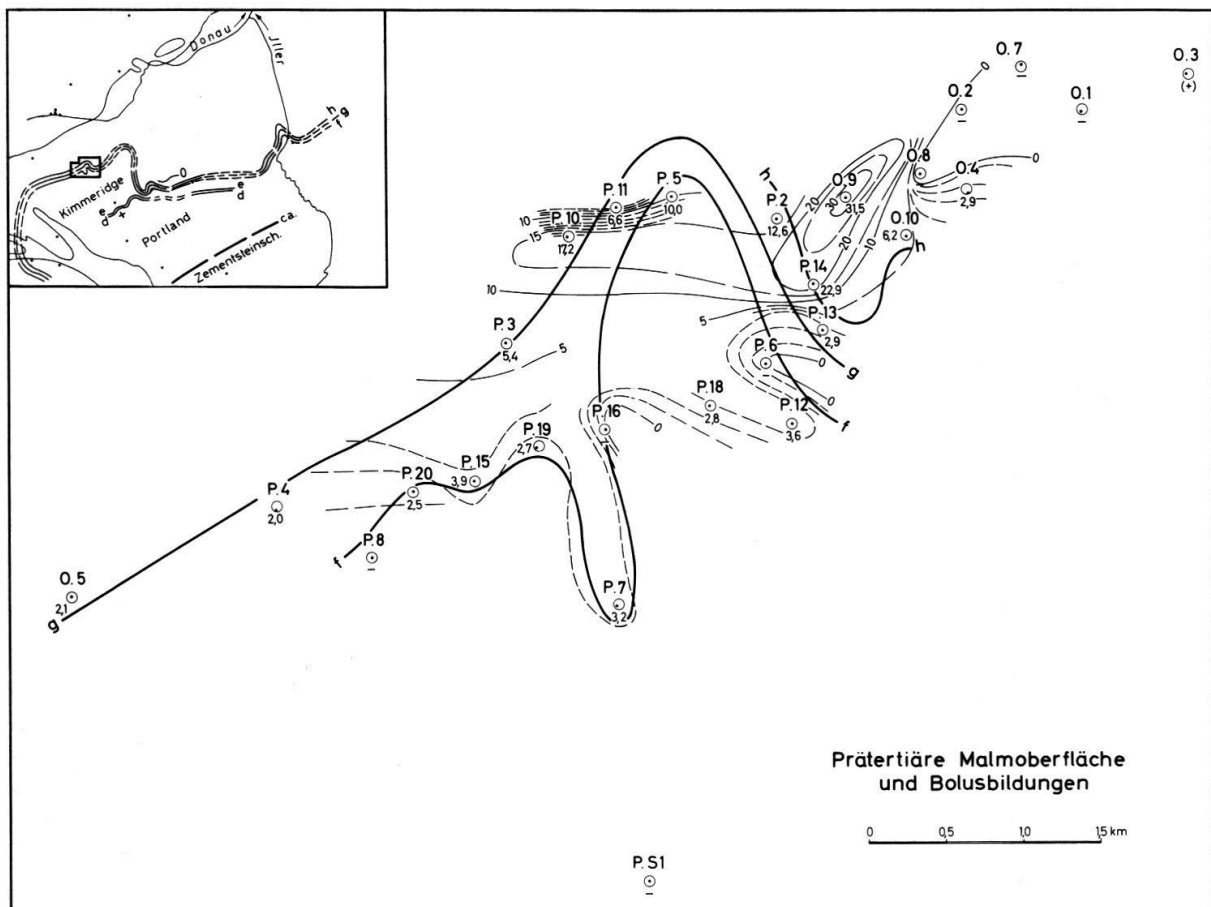


Fig. 13: Die Unterlage der Molasse. – Die Buchstaben «d, e, f, g, h» bezeichnen den Ausstrich von Schlumbergermarken des höheren Malm unter dem Tertiär. Ausserdem (geringere Strichstärke) Mächtigkeitslinien (m) der Bolusbildungen auf der Malmoberfläche.

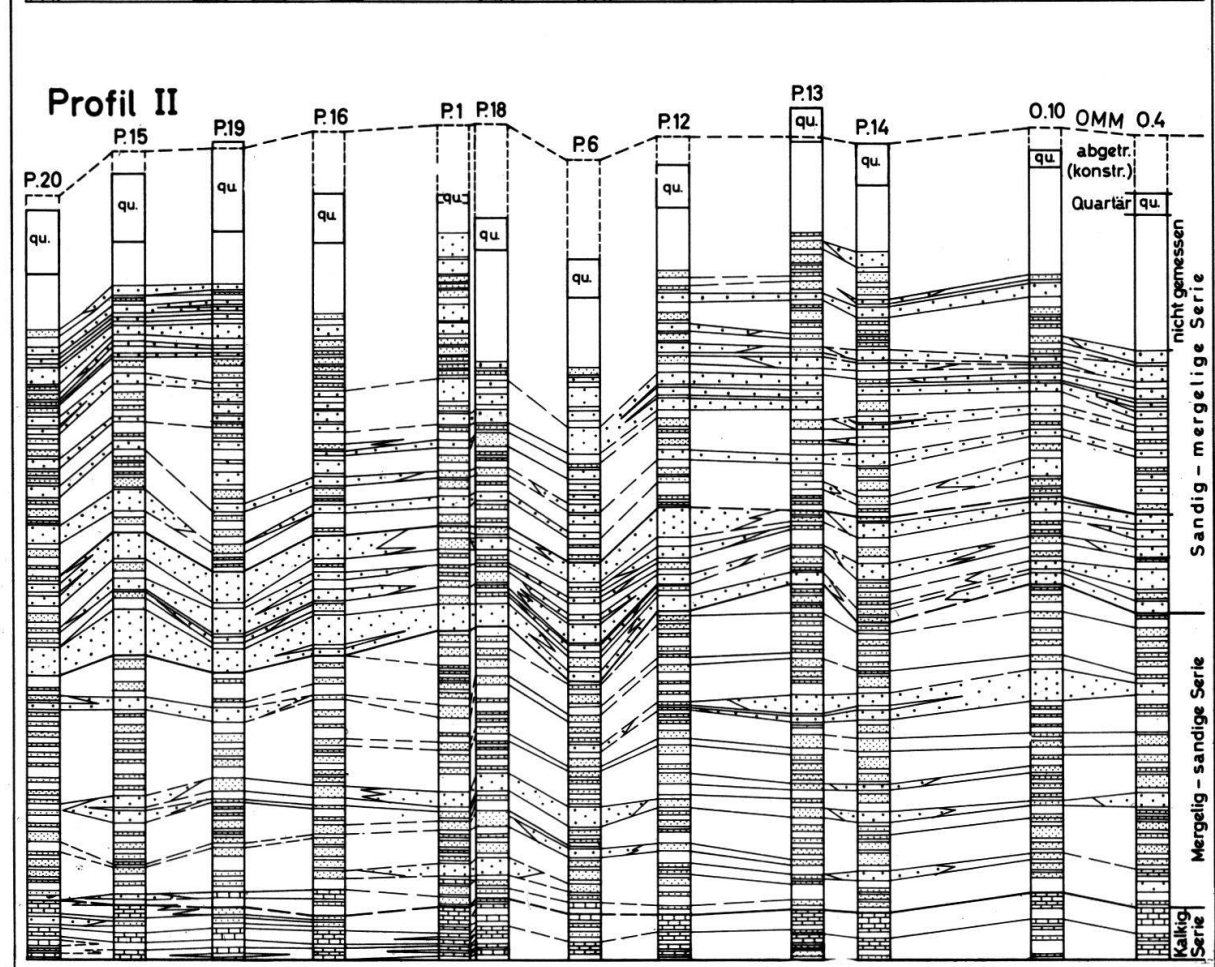
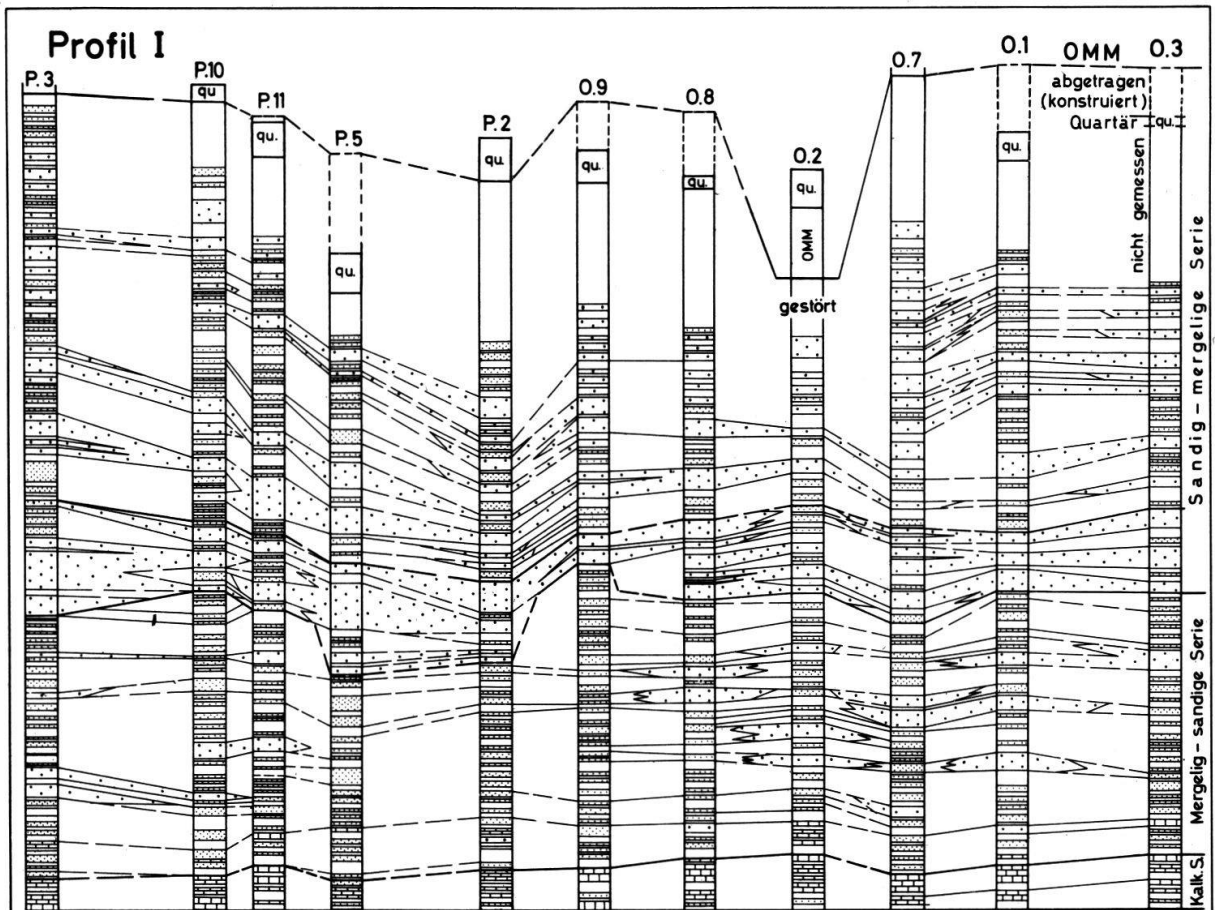


Fig. 14 und 14a: Faziesprofile der Unteren Süßwassermolasse. – Erläuterung und Lageplan s. Fig. 14b.

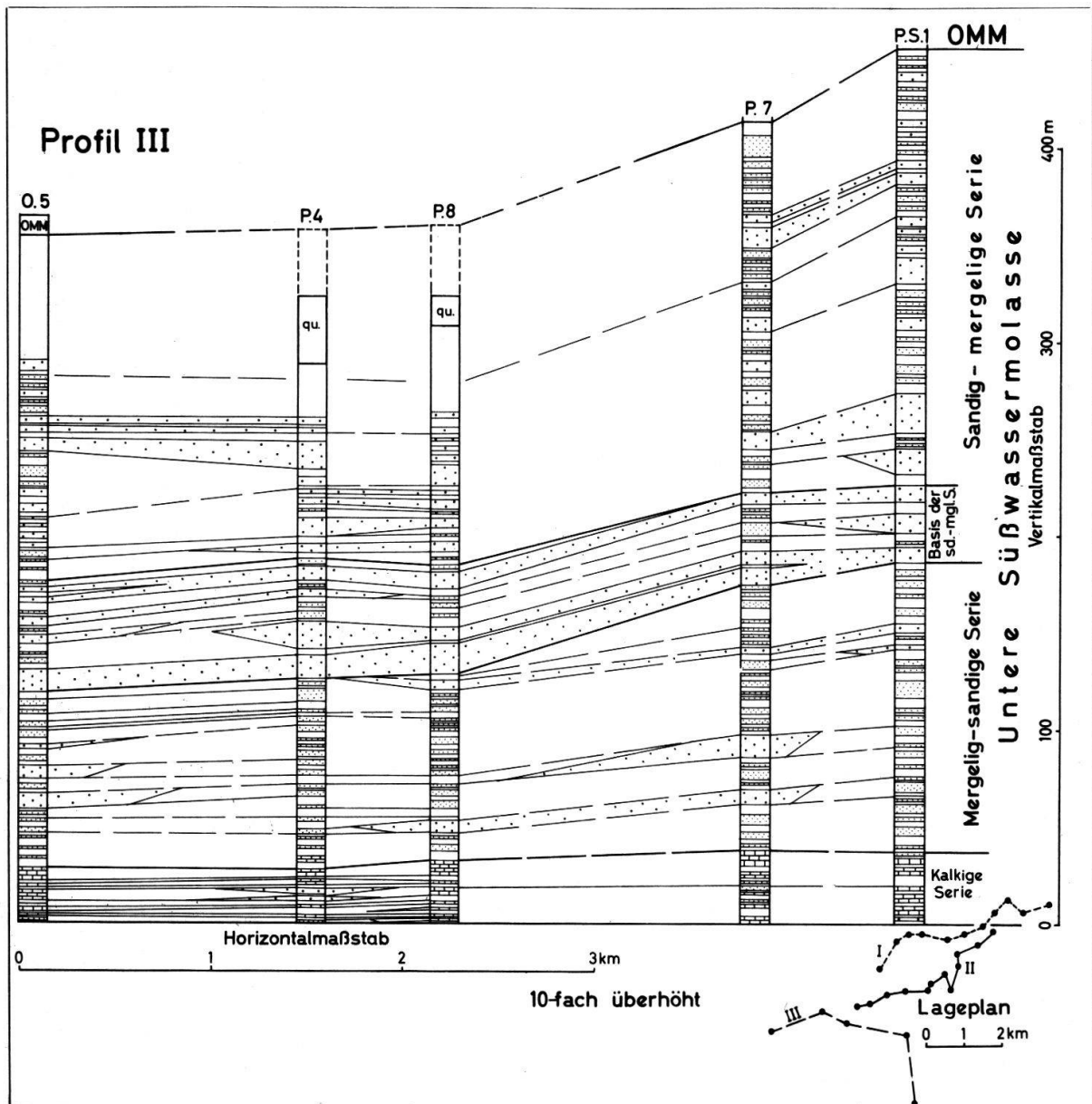


Fig. 14b: Faziesprofile der Unteren Süßwassermolasse. – Profil von Pfullendorf 1 nach HAUS 1952, schematisiert. Die Bezeichnungen «Kalkige Serie», «Mergelig-sandige Serie» und «Sandig-mergelige Serie» sind in Anlehnung an VOLZ (1957, Taf. 2) gewählt. – Mauersignatur: Süßwasserkalke, Sandkalke, Mergelkalke, Kalkmergel; feine Punkte: Staubsand- und Silthorizonte; grobe Punkte: Mittel- und Grobsande. Die weiss gelassenen Säulenteile oberhalb der Signaturen sind nicht elektrisch vermessen. qu = erbohrtes Quartär. Der oberste Teil der USM ist meist abgetragen. Die betr. Profile sind durch gestrichelt eingetragene Säulenteile nach oben bis zur mutmasslichen, aus den vollständigen Profilen extrapolierten, früheren Oberkante der USM ergänzt. Die Oberkanten der USM sind, wo vermutet durch gestrichelte, wo sicher durch ausgezogene Linien verbunden. Der Horizontalabstand P.7–P.S.1 ist verkürzt. – In der «Mergelig-sandigen Serie» zeigt sich gelegentlich, dass die mittel- bis grobsandigen Ablagerungen der Innenseite von Flußschleifen seitlich durch feine Altwasserabsätze ersetzt sein können. An der Basis der «Sandig-mergeligen Serie» wird das erosiv diskordante Übergreifen grober Sedimente über den Untergrund deutlich.

Die Obere Meeresmolasse (OMM) wurde nur in den südlichsten und in den schon jenseits der Hauptstörung auf der Tiefscholle gelegenen nördlichen Bohrungen angetroffen. In Pfullendorf 3 liegen darüber noch ockerfarbene Tone und Mittelsande, die als Füllung der Graupensandrinne angesehen werden.

5. Tektonik und Lagerstätte

Das Feld Pfullendorf-Ostrach bildet – wie es auch für fast alle anderen Lagerstätten des Alpenvorlandes gilt – eine monoklinale Hochlage, die nach Norden durch eine antithetische Abschiebung begrenzt wird. An ihr sind alle Schichten des Mesozoikums wie des Tertiärs beteiligt, so dass die Strukturpläne der Trägerhorizonte (Fig. 15 und 16) sich sehr ähnlich sind. Die Fangstörung des Feldes hat etwa 80 m Sprunghöhe, verwirft auch die Obere Meeresmolasse und ist somit als posthelvetisch anzusehen. Anzeichen einer synsedimentären Anlage dieser Störung konnten weder für die USM noch für die OMM nachgewiesen werden, sind aber auch nicht sicher auszuschliessen. Nach dem Verlauf der Strukturlinien und nach etwas unterschiedlichem Randwasserkontakt wird das Feld durch 2 Querstörungen unterteilt. Die westliche dieser beiden Querstörungen ist in ihrer Richtung nicht genau festzulegen und kann in einem weiten Bereich geschwenkt werden. Der Verlauf der östlichen Querstörung lässt sich demgegenüber gut einengen; da sie in keiner der umliegenden Bohrungen gefasst wurde, kann man auf ein steiles Einfallen, wohl um 80° , schliessen.

Ausser den produktiven Trägerhorizonten ist noch der Trigonodusdolomit des Oberen Muschelkalks erwähnenswert, der in seinem strukturhöchsten Teil nicht brennbares Gas enthält, das im wesentlichen aus Stickstoff und Kohlensäure besteht. Im Randwasserbereich dieses Gases wurden Ölsuren beobachtet.

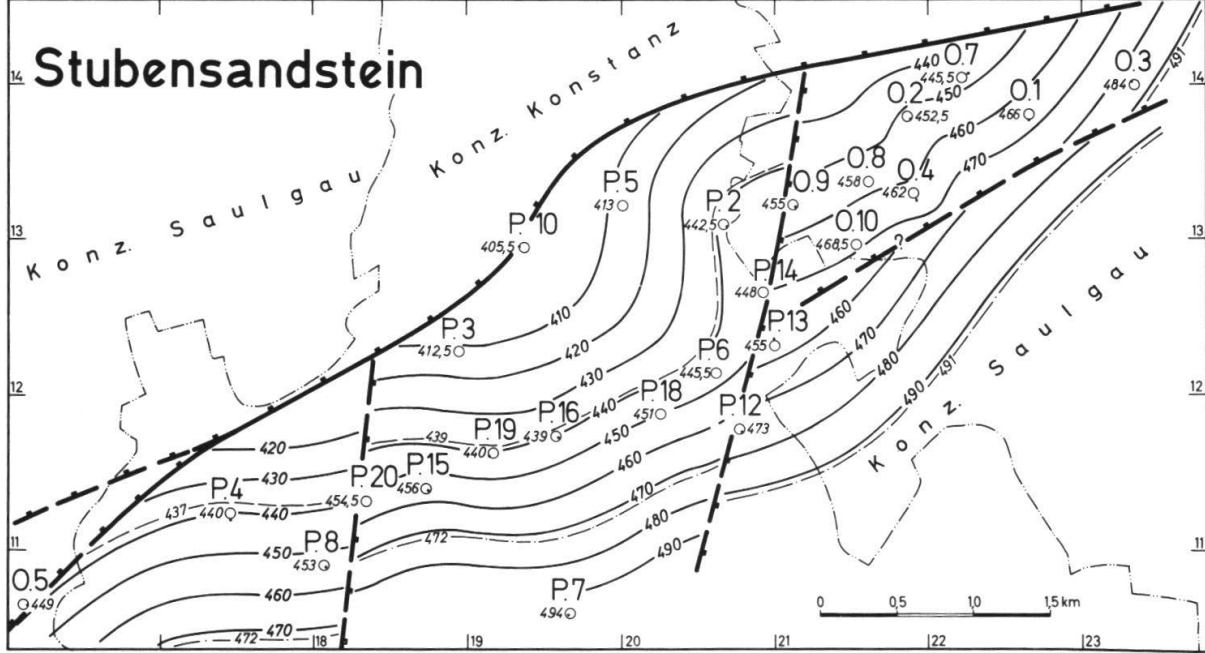
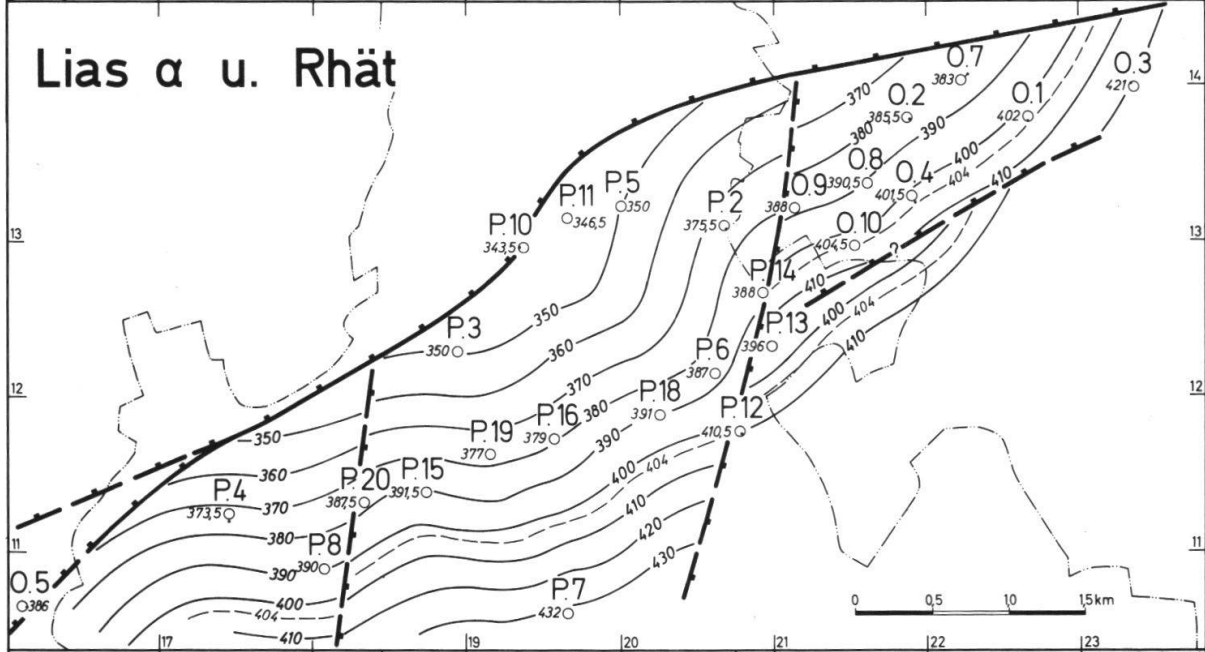
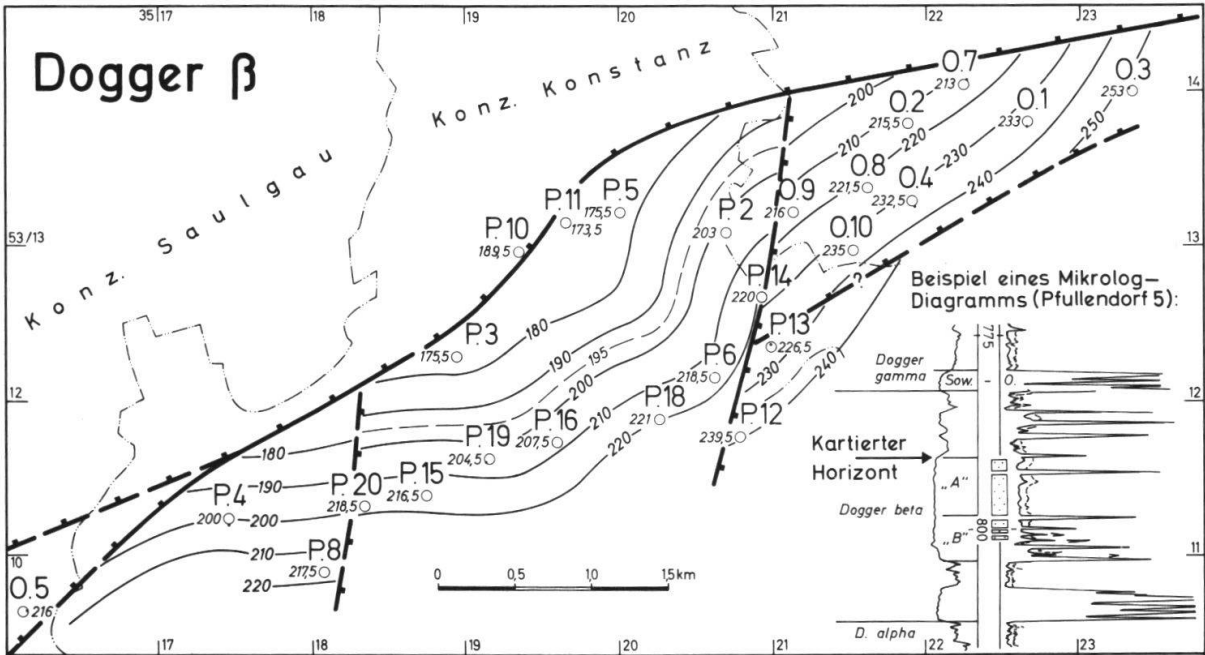
Der wichtigste Träger ist der Stubensandstein (Fig. 3) mit sehr wechselnden Trägereigenschaften. Die Porositäten liegen im allgemeinen bei durchschnittlich 20%, die Durchlässigkeiten generell zwischen 50 und 150 md. Der Stubensandstein enthält eine Öllagerstätte mit Gaskappe. Von 1962 bis 1969 wurden aus ihm 144 795 t Öl gefördert; 1969 betrug die Jahresförderung 18 996 t Öl. Das Rohöl hat ein spez. Gewicht von 0,830–0,835. Das Gas/Öl-Verhältnis lag in den meisten Ölsonden anfänglich bei ca. 45:1.

Fig. 4 zeigt die im Vergleich zum Stubensandstein viel gleichmässige Ausbildung der Sande im Lias alpha und Rhät, die nur Gas führen. Die produktive Fläche erreicht fast die Ausdehnung des Stubensandsteinfeldes. Im Oktober 1968 wurde die regelmässige Förderung von Erdgas aufgenommen. Bis Dezember 1969 wurden aus beiden Horizonten zusammen ca. 13,3 Millionen Ncbm gefördert.

Die Sande des Dogger beta (Fig. 15) sind im mittleren Feldesteil z. T. sehr gut ausgebildet, vertonen aber rasch nach Westen. Sie führen in den strukturhohen Bohrungen ebenfalls Gas, doch ist die produktive Fläche erheblich kleiner als im Lias alpha + Rhät. Bis Dezember 1969 wurden aus dem Dogger beta ca. 4,2 Millionen Ncbm Gas gefördert.

In Pfullendorf 2 wurden ölimprägnierte Sande der tiefen USM getestet. Dabei flossen einige Liter eines zähen Öls mit einem spez. Gewicht von 0,949 zu. Eine wirtschaftliche Nutzung dieses Öls ist nicht möglich.

Fig. 15: Strukturkarten für Dogger beta, Lias alpha + Rhät und Stubensandstein; vereinfacht nach den Feldeskarten (Manusk. LEMCKE 1966). – Unter den Bohrungen ist jeweils die Teufe der Trägeroberkante in m unter NN angegeben. Für den Dogger beta wurde die Oberkante der Sandserie «A» (nach WECHSLER 1965 b) dargestellt, für Lias alpha und Stubensandstein jeweils die Oberkante des betreffenden Horizonts. Gestrichelt = Gas/Wasser- bzw. Gas/Öl-Kontakt, strichpunktirt = Öl/Wasser-Kontakt, beide an Oberkante der Träger.



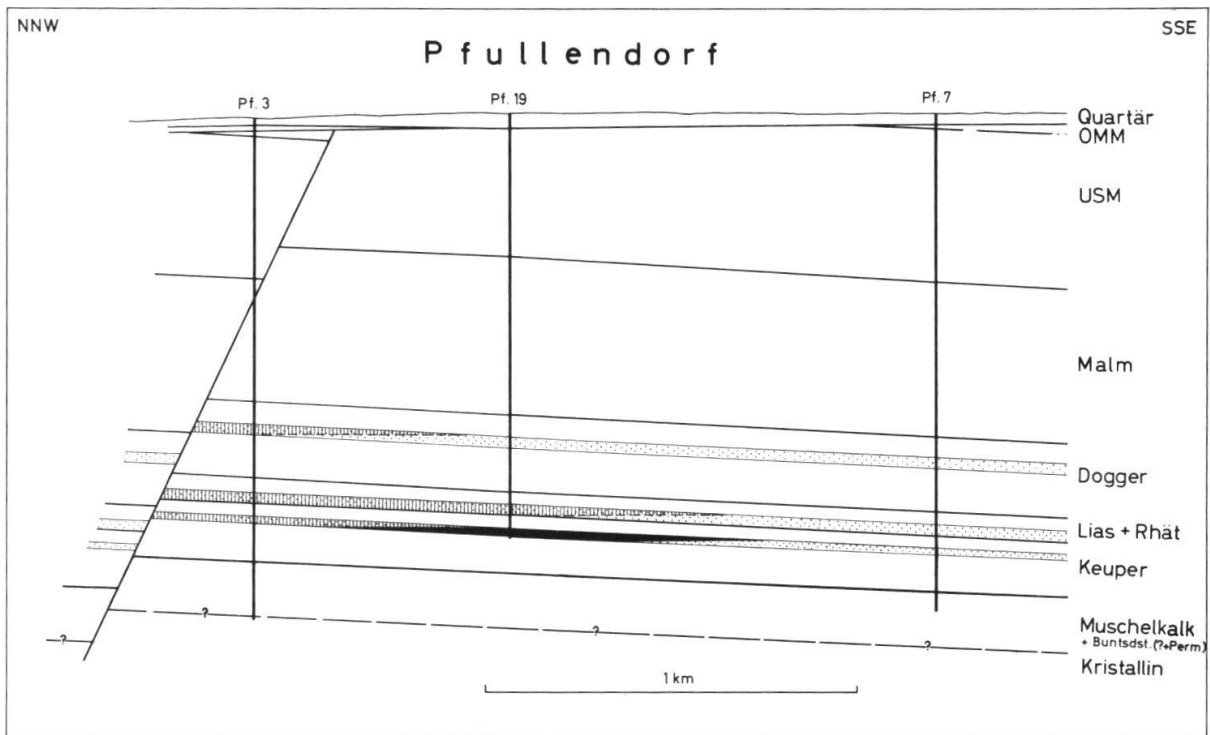


Fig. 16: Schnitt durch den Feldesteil Pfullendorf. – In den produktiven Horizonten: schraffiert = Gas, schwarz = Öl, punktiert = Wasser.

Literatur

- ALLEN, J. R. L. (1965): A review of the origin and characteristics of recent alluvial sediments. – *Sedimentology*, 5, Nr. 2, 91–191, 36 Abb., Amsterdam, London, New York.
- ARKELL, W. J. (1956): *Jurassic geology of the world*, 806 S., 46 Taf., 102 Abb., 28 Tab., Edinburgh, London.
- BARTHEL, K. W. (1969): Die obertithonische, regressive Flachwasser-Phase der Neuburger Folge in Bayern. – *Abh. Bayer. Akad. Wiss. math.-naturwiss. Kl., N. F.* 142, 174 S., 14 Taf., 39 Abb., München.
- BÜCHI, U. P., LEMCKE, K., WIENER, G. & ZIMDARS, J. (1965): Geologische Ergebnisse der Erdölexploration auf das Mesozoikum im Untergrund des schweizerischen Molassebeckens. – *Bull. Ver. Schweiz. Petrol.-Geol. u. -Ing.*, 32, 7–38, 17 Abb.
- DEHM, R. (1935): Über tertiäre Spaltenfüllungen im Fränkischen und Schwäbischen Jura. – *Abh. Bayer. Akad. Wiss. math.-naturw. Abt., N. F. H.* 29, 86 S., 5 Taf., 10 Abb., 1 Kartensk., München.
- ERNST, W. (1968): Verteilung und Herkunft von Bodengasen in einigen süddeutschen Störungszonen. – *Erdöl u. Kohle*, 21, 605–610, 692–697, 6 Abb., Hamburg.
- FAULER, W. (1947): Die diluvialen Ablagerungen und Talbildungen in der Umgebung Pfullendorfs. – *Mitt.-Bl. Bad. geol. Landesanst., Jg. 1947*, 48, Freiburg.
- FRITZ, G. (1958): Schwammstotzen, Tuberolithe und Schuttbreccien im Weissen Jura der Schwäbischen Alb. – *Arb. geol.-paläont. Inst. TH Stuttgart, N. F.* 13, 118 S., 5 Taf., 24 Abb., Stuttgart.
- FÜCHTBAUER, H. (1964): Sedimentpetrographische Untersuchungen in der älteren Molasse nördlich der Alpen. – *Ecl. geol. Helv.*, 57, 257–298, 29 Abb., 12 Tab., Basel.
- GEYER, O. F. (1957): Zur Abgrenzung des Kimeridium im süddeutschen Jura. – *Jber. Mitt. Oberrh. geol. Ver., N. F.* 39, 1–5, 1 Tab., Stuttgart.
- (1961): Beiträge zur Stratigraphie und Ammonitenfauna des Weissen Jura γ (Unteres Unterkimeridium) in Württemberg. – *Jh. Ver. vaterl. Naturk. Württemberg*, 116, 84–113, 3 Abb., 5 Tab., Stuttgart.
- GEYER, O. F. & GWINNER, M. P. (1961): Führer zu den Exkursionen anlässlich der 82. Tagung des Oberrheinischen Geologischen Vereins in Ulm vom 4. bis 8. April 1961. – *Arb. geol.-paläont. Inst. TH. Stuttgart, N. F.* 30, 51 S., 16 Abb., 1 Beil., Stuttgart.
- (1962): *Der Schwäbische Jura*. – *Samml. geol. Führer*, 40, 452 S., 46 Abb., 4 Beil., Berlin-Nikolassee, Verlag Bornträger.
- (1964): *Einführung in die Geologie von Baden-Württemberg*, 1. Aufl., 223 S., 11 Taf., 73 Abb., 7 Tab., Stuttgart.
- GOLWER, A. (1959): Stratigraphie und Tektonik im südlichen Lauchertgebiet (Schwäbische Alb). – *Arb. geol.-paläont. Inst. TH Stuttgart, N. F.* 22, 94 S., 4 Taf., 2 Abb., Stuttgart.
- GOTTLIEB, D. (1955): *Geologie des Blattes Weilheim/Teck (7323) Württemberg*. – *Arb. geol. Inst. TH Stuttgart, N. F.* 5, 80 S., 2 Taf., 7 Abb., Stuttgart.
- GWINNER, M. P. (1962): *Geologie des Weissen Jura der Albhochfläche (Württemberg)*. – *N. Jb. Geol. Paläont., Abh.*, 115, 137–241, Taf. 10–13, 22 Abb., 1 Tab., Stuttgart.
- (1965): Zur Faziesentwicklung im Oberen Jura von Schwaben. – *Ecol. geol. Helvetiae*, 58, 991–994, Basel.
- GWINNER, M., RIEBER, H. & WURSTER, P. (1967): Bericht über die Exkursion der Schweizerischen Geologischen Gesellschaft in die Germanische Trias und den Schwäbischen Jura in Südwürttemberg vom 1. bis 4. Oktober 1967. – *Ecol. geol. Helvetiae*, 60, 621–637, 5 Abb., 1 Tab., Basel.
- HAFNER, G. (1969): *Die Geologie des Blattes Nendingen (Nr. 7919) 1:25000 (Schwäbische Alb)*. – *Arb. geol.-paläont. Inst. Univ. Stuttgart (TH), N. F., Nr.* 58, 246 S., 8 Taf., 20 Abb., Stuttgart.
- HAUS, H. A. (1951): Zur paläogeographischen Entwicklung des Molassetroges im Bodenseegebiet während des Mittleren Miozäns. – *Mitt.-Bl. Bad. geol. L.-Anst., Jg. 1950*, 48–66, Abb. 8–10.
- (1952): s. SCHUPPLI, H. M., 1952 (Fig. 6, S. 36).
- (1960): Mönchsrot als Ölfeld im Westabschnitt der süddeutschen Vorlandmolasse. – *Bull. Ver. Schweiz. Petrol.-Geol. u. -Ing.*, 26, 49–74, 7 Abb.
- HELING, D. (1963): *Zur Petrographie des Stubensandsteins*, Inaug.-Diss., 56 S., 21 Abb., 4 Tab., Tübingen.
- HÖLDER, H. (1962): Bericht über das Internationale Jura-Kolloquium in Luxemburg und Nancy im August 1962. – *Jber. Mitt. Oberrh. geol. Ver., N. F.* 44, Jg. 1962, 165–172, 1 Tab., Stuttgart.
- HUMMEL, P. (1960): Petrographie, Gliederung und Diagenese der Kalke im Oberen Weissen Jura der Schwäbischen Alb. – *Arb. geol.-paläont. Inst. TH Stuttgart, N. F.* 26, 86 S., 7 Taf., 41 Abb., Stuttgart.
- KOERNER, U. (1962): Drei Profile aus dem Grenzbereich Weissjura α/β bei Balingen (Württ.). – *HERMANN-ÄLDINGER-Festschr.*, 99–104, 2 Abb., Stuttgart.
- LEMCKE, K. (1955): Die Fazies des Jura der Bohrung Scherstetten 1. – *Geologica Bavarica*, Nr. 24, 52–64, 1 Taf., 1 Abb., München.

- (1966): Feld Pfullendorf-Ostrach; Feldeskarten 1:10000 für Stubensandstein, Lias alpha + Rhät und Dogger beta. – Gewerkschaft Elwerath Hannover, unveröff. Manuskript.
- (1967): Zwölf Jahre Öl- und Gasförderung im süddeutschen Alpenvorland – ein Überblick. – Bull. Ver. Schweiz. Petrol.-Geol. u. -Ing., 33, 23–31, 6 Abb.
- (1970): Epirogenetische Tendenzen im Untergrund und in der Füllung des Molassebeckens nördlich der Alpen. – Bull. Ver. Schweiz. Petrol.-Geol. u. -Ing., 37, Nr. 91, Riehen/Basel.
- LEMCKE, K., BÜCHI, U. P. & WIENER, G. (1968): Einige Ergebnisse der Erdölexploration auf die mittelländische Molasse der Zentralschweiz. – Bull. Ver. Schweiz. Petrol.-Geol. u. -Ing., 35, 15–34, 8 Abb.
- LEMCKE, K. & WAGNER, R. (1961): Zur Kenntnis des vortertiären Untergrundes im Bodenseegebiet. – Bull. Ver. Schweiz. Petrol.-Geol. u. -Ing., 27, 9–14, 1 Abb.
- MOORE, D. G. & SCRUTON, P. C. (1957): Minor internal structures of some recent unconsolidated sediments. – Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol., 41, Nr. 12, 2723–2751, 16 Abb., Tulsa.
- QUENSTEDT, F. A. (1864): Geologische Ausflüge in Schwaben, 377 S., 5 Taf., Tübingen [H. Laupp], 2. Ausg. [Erscheinungsjahr der 2. Ausg. unbekannt].
- RIEBER, H. (1963): Ammoniten und Stratigraphie des Braunjura β der Schwäbischen Alb. – Paläontogr., 122 Abt. A, 1–89, Taf. 1–8, 25 Abb., Stuttgart.
- (1967): s. GWINNER, M., RIEBER, H. & WÜRSTER, P. (1967).
- ROLL, A. (1931): Die Stratigraphie des Oberen Malm in Lauchergebiet (Schw. Alb) als Unterlage für tektonische Untersuchungen. – Abh. Preuss. geol. Landesanstalt, N. F. 135, 164 S., 7 Taf., 22 Abb., Berlin.
- (1934): Form, Bau und Entstehung der Schwammstotzen im süddeutschen Malm. – Paläont. Z., 16, 197–246, 18 Abb., Stuttgart.
- SCHENKER, M. (1946): Geologische Untersuchung der mesozoischen Sedimentkeile am Südrand des Aarmassivs zwischen Lonza und Baltschiedertal. – Beitr. geol. Karte Schweiz, N. F. 86, 8 + 60 S., 4 Taf., 30 Abb., Bern.
- SCHINDLER, C. M. (1959): Zur Geologie des Glärnisch. – Beitr. geol. Karte Schweiz, N. F. 107, 135 S., 6 + 8 Taf., 9 Abb., Bern.
- SCHMIDT-KALER, H. (1962a): Zur Ammonitenfauna und Stratigraphie des Malm Alpha und Beta in der Südlichen und Mittleren Frankenalb. – Erlanger geol. Abh., H. 43, 12 S., 1 Taf., Erlangen.
- (1962b): Stratigraphische und tektonische Untersuchungen im Malm des nordöstlichen Riesrahmens. – Erlanger geol. Abh., H. 44, 51 S., 4 Taf., 16 Abb., Erlangen.
- SCHNEIDER, J. (1957): Stratigraphie und Entstehung der Zementmergel des Weissen Jura in Schwaben. – Arb. geol.-paläont. Inst. TH Stuttgart, N. F. 11, 95 S., 4 Taf., 10 Abb., Stuttgart.
- (1962): Der Jura in Erdölbohrungen des westlichen Molassetroges. – HERMANN-ÄLDINGER-Festschr., 163–172, 3 Beil., 1 Abb., Stuttgart.
- SCHUPPLI, H. M. (1952): Ölgeologische Probleme des Mittellandes östlich der Linie Solothurn–Thun. – Beitr. Geol. Schweiz. geotechn. Ser., Lief. 26, Teil 4, 32–79, Taf. 1–4, Abb. 5–6, Bern.
- VEIT, E. (1936): Geologische Untersuchungen im Gebiet des oberen Filstales. – Jh. Ver. vaterl. Naturk. Württemberg, 92, 74–138, 2 Taf., 5 Abb.
- VOLZ, E. (1953): Geologische Untersuchungen in der tertiären Molasse des Saulgauer Gebietes. – N. Jb. Geol. Paläont., Abh., 97, 189–219, 9 Abb., Stuttgart.
- (1957): Geologische Ergebnisse neuerer Erdölbohrungen in Oberschwaben. – Arb. geol.-paläont. Inst. TH Stuttgart, N. F. 9, 71 S., 12 Taf., 2 Abb., Stuttgart.
- WEBER, E. (1955): Die Makrofossilien des Jura aus der Bohrung Scherstetten 1. – Geologica Bavarica, Nr. 24, 65–85, München.
- WECHSLER, H. (1964): Stratigraphische Verknüpfung, Ausbildung und Verbreitung des Stubensandsteins im Feld Pfullendorf-Ostrach. – Gewerkschaft Elwerath Hannover, interner Bericht vom 18. 6. 1964.
- (1965a): Feld Pfullendorf-Ostrach, stratigraphische Gliederung von Lias alpha und Rhät. – Gewerkschaft Elwerath Hannover, interner Bericht vom 11. 1. 1965.
- (1965b): Feld Pfullendorf-Ostrach, stratigraphische Gliederung des Dogger beta. – Gewerkschaft Elwerath Hannover, interner Bericht vom 11. 1. 1965.
- WIRTH, E. (1958): Die Schichtenfolge der Erdölaufschlussbohrung Buttenhausen 1, Schwäbische Alb. – Jber. Mitt. Oberrhein. geol. Ver., N. F. 40, 107–128, 3 Abb., Stuttgart.
- (1960): Die Schichtenfolge der Erdölaufschlussbohrung Upflamör 1, Schwäbische Alb. – Jber. Mitt. Oberrhein. geol. Ver., N. F. 42, 129–160, 4 Abb., Stuttgart.
- (1968): Das Mesozoikum im Untergrunde der Schwäbischen Alb zwischen Münsingen und Messkirch. – Z. Deutsch. geol. Ges., 117, Jg. 1965, 855–894, 10 Abb., 8 Tab., Hannover.
- WÜRSTER, P. (1964): Geologie des Schilfsandsteins. – Mitt. geol. Staatsinst. Hamburg, H. 33, 140 S., 57 Abb., 15 Karten 1:50000, Hamburg.
- ZEISS, A. (1955): Zur Stratigraphie des Callovien und Unter-Oxfordien bei Blumberg (Südbaden). – Jh. geol. Landesamt Baden-Württemberg, 1, 239–266, Taf. 9–10, Abb. 29–31, Freiburg i. Br.
- ZIEGLER, B. (1955): Die Sedimentation im Malm Delta der Schwäbischen Alb. – Jber. Mitt. Oberrhein. geol. Ver., N. F. 37, 29–55, 7 Abb., Stuttgart.