

Neuere Kenntnisse über die Kalkalpenzone und die Alpenrandstrukturen in Südbayern

Von **P. Schmidt-Thomé**, München

Mit einer Textabbildung

Inhalt

A. Vorbemerkung		18
B. Im Gange befindliche Arbeiten in der Alpenrandzone		19
C. Querprofil durch die Alpenrandstrukturen vom Flysch bis zur Molasse bei Tölz		19
1. Bohrung Bocksleiten		19
2. Isartalprofil		20
3. Bohrung Tölz I (Kirchbichl)		20
D. Schlußbetrachtung zur Alpenrandtektonik		22
E. Schrifttum		24

A. Vorbemerkung

Die Ansichten über die Struktur der Kalkalpen und des Alpenrandes haben im Verlauf der Alpenforschung einen merklichen Wandel durchgemacht. Noch zu Beginn dieses Jahrhunderts vertrat besonders ROTHPLETZ die Meinung, die mit steilen streichenden Verwerfungen verbundene Ostalpenfaltung sei autochthon gewesen. Sie wurde immer mehr von der entgegengesetzten Vorstellung abgelöst, die Alpengesteine seien, entweder infolge tangential angreifender Kräfte oder durch Freigleitung, gegen ihr nördliches Vorland vorgedrungen und hätten dieses noch ein Stück weit überwältigt. Zu dieser zunächst von französischen und Schweizer Forschern und später im Ostalpenraum insbesondere in Bayern durch M. RICHTER immer mehr ausgebauten Auffassung kam noch eine weitere Ansicht, welche die Alpenstrukturen als Folgen von vorwiegend vertikalen Massenverlagerungen, und zwar Abwärtsbewegungen, unter dem Alpenkörper selbst erklärt. Hiernach haben diese sich nur sekundär in den passiven Ausweichbewegungen der Deckenüberschiebungen auf das Alpenrandgebiet ausgewirkt. Diese von AMPFERER und in erweiterter Form von E. KRAUS ausgebaute Vorstellung rechnet von Anfang an mit steileren Bewegungsstrukturen gegenüber den flachen Deckenbahnen, wie sie bei Überfaltung oder frei gleitender Deckenbewegung anzunehmen wären.

Die Erkenntnisse STILLES über die zeitliche Entwicklung eines Faltengebirges von der Entstehung der Geosynklinale an bis zum fertigen alpinen Deckenfaltengebirge zeigen, daß die Randgebiete alpinotyper Gebirge nicht über längere Zeitspannen stabil geblieben sind, daß vielmehr ein Geosynklinaltrogl während ganzer Formationen, und nach und hinter ihm die Verfaltung der entstandenen Geosynklinalablagerung, gegen das ungefaltete Vorland gewandert sind.

Ich möchte im folgenden auf Arbeiten hinweisen, die während der letzten Jahre im bayerischen Alpenraum ausgeführt wurden oder noch werden. Anschließend will ich an Hand eines Querprofils durch die Alpenrandstrukturen zeigen, daß ihre Deutung auch bei besten künstlichen Aufschlüssen nicht leichter wird. Wenn einmal die Ergebnisse der laufenden Arbeiten vorliegen, wird eine richtige Deutung der Alpenrandstrukturen vielleicht eher gelingen als noch jetzt.

B. Im Gange befindliche Arbeiten in der Alpenrandzone

Im Zuge der Neubearbeitung der geologischen Karte von Bayern 1:100 000 durch das Bayerische Geologische Landesamt München steht die Aufnahme der beiden Kartenblätter Tegernsee und Schliersee vor ihrem Abschluß. Der Alpenrand ist auf Blatt Tegernsee, das von mir bearbeitet wird, gerade noch mit-erfaßt. Soweit keine neuen Unterlagen vorliegen, wird das gesamte Gebiet neu aufgenommen (ebenso auf Blatt Schliersee, dessen Bearbeitung in Händen von O. GANSS, München, liegt). Zum Teil geschieht die Neuaufnahme in Zusammenarbeit mit jüngeren Fachkollegen der Universität München und der Bergakademie Clausthal.

Zur Zeit habe ich die Alpenrandzone bei Tölz von der Molassezone bis zum Zwiesel-Blombergflysch in Bearbeitung, ebenso die komplizierte kalkalpine Randzone des Geigersteins und Fockensteins im Süden von Tölz. — A. LUTYJ, Clausthal, hat soeben die Kartierung des im Süden an die eigentliche Alpenrandzone anschließenden Gebiets der Jachenau abgeschlossen; er wird über die Ergebnisse an eigener Stelle berichten. — F. ALBRECHT, München, führt in der gleichen tektonischen Zone weiter im Osten, in der Roßstein-Buchsteingruppe Neubeghebungen durch. — Das große, südlich anschließende Gebiet bis zur Landesgrenze in der Scharfreiter-Demeljochgruppe wurde von mir im Sommer 1948 aufgenommen. Die Kartierung diente u. a. als Unterlage für die geplanten und z. T. inzwischen ausgeführten Wasserkraft-Bauvorhaben: die Ribbach-Überleitung in den Walchensee und der geplante, mehr als 20 km lange und über 1 Milliarde cbm fassende Hochwasserspeichersee am Sylvenstein im Isartal oberhalb Lenggries. Über die besonders tektonisch interessanten Ergebnisse soll später noch berichtet werden. — Mit der Alpenrandzone von der Murnauer Molassemulde und Flyschzone an bis zum Kalkalpin der Heimgartengruppe ist W. ZEIL, München, beschäftigt. — Im westlichen Allgäu bearbeitet TH. VOLL-MAYR, Clausthal, die Zone der gefalteten Molasse der Rindalphorn-Hochgratgruppe bis zur südlich anschließenden Flyschgrenze.

In den kalkalpinen Gebieten verspricht vor allem die Bearbeitung der Cenomanablagerungen neue Einblicke in die vorcenomane Gebirgsbildung.

C. Querprofil durch die Alpenrandstrukturen vom Flysch bis zur Molasse bei Tölz

Über das dargestellte Profil habe ich bereits auf der Frühjahrstagung der Geologischen Vereinigung 1949 kurz berichtet. Auf ihm liegen die beiden Tiefbohrungen Bocksleiten und Kirchbühl.

1. Bohrung Bocksleiten

Die Bohrung wurde im Dezember 1937 begonnen und infolge der Kriegsschwierigkeiten 1942 in 1045 m Teufe eingestellt. Sie wurde im Helvetikum, der nördlichsten tektonischen Einheit der Kalkalpen, angesetzt. Ursprünglich als Flachbohrung gedacht, sollte sie einen wenig über 100 m südlich zutage ausgehenden Nummulitenkalkzug in geringer Teufe aufschließen, da man in ihm (ähnlich wie bei den andern Jodquellen von Tölz) jodwasserhaltige Kluftwässer anzutreffen hoffte. Stattdessen wurden bis zur Bohrsohle ausschließlich Stockletten des helvetischen Obereozäns (= Stadschiefer) durchteuft. Einer der wenigen noch erreichbaren Bohrkerne aus rund 860 m Tiefe läßt ein Einfallen von 45–50° erkennen. Im Profil der Abbildung ist das überraschende Ausbleiben des Nummulitenkalks durch eine Aufschiebung gedeutet; denn südlich folgen auf die Stockletten über Tage Nummulitenkalk und helvetische Kreidemergel; auch nördlich finden sich Stockletten, die unter die vermutete Störung einfallen. — Jodhaltiges Wasser wurde bei 700 m und auf der Bohrsohle bei 1045 m Teufe, dort ungewöhnlich hochkonzentriert (40 mg J' pro Liter), wenn auch mit schwa-

cher Schüttung, erschlossen. Bei 900 m angetroffene fragliche Erdölspuren erwiesen sich nach Überprüfung noch vorhandener Proben als Maschinenöl.

Die Bohrung Bocksleiten steht nur wenige 100 m südlich der vermuteten Überschiebungsgrenze Helvetikum-Molasse. Sie hat im Profilbereich annähernd saigeres Einfallen (s. Abbildung). Bei der in der Abbildung angenommenen Neigung, die dem mittleren Einfallen der Schichten über Tage entspricht, ist die Grenze des Helvetikums in rund 1400 m Bohrteufe zu erwarten, also etwa 250 m unter der Bohrsohle. Vielleicht ist der in Stockletten ungewöhnliche Jodwasseraustritt ein Hinweis auf die Nähe der unterlagernden Molasse, die im Bereich von Tölz ebenfalls reiche Jodquellen aufweist (z. B. Bad Heilbrunn westlich Tölz).

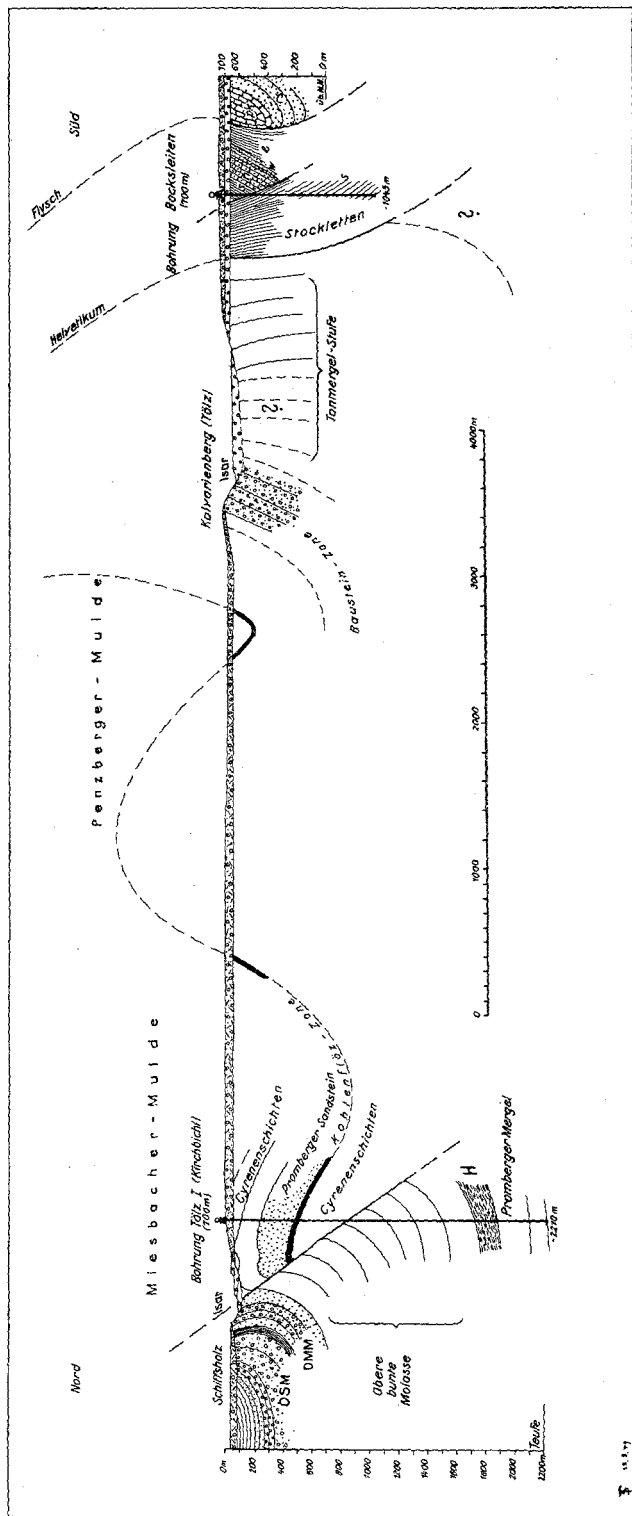
2. Isartalprofil

Die Aufschlußverhältnisse im Norden der Bohrung Bocksleiten sind schlecht. Die Grenze Molasse-Helvetikum ist aber ohnedies nicht eindeutig festzulegen, da Stockletten und Tonmergelstufe der Molasse sich faziell ähneln und die Überschiebungsgrenze dadurch naturgemäß maskiert ist. Darum wird der Eindruck verstärkt, als handle es sich um einen allmählichen Übergang aus helvetischem Obereozän in Molasse-Oligozän; als bilde das Helvetikum die hochgefaltete normale stratigraphische Unterlage der Molasse. Es ist deshalb möglich, daß die nördliche Deckengrenze des Helvetikums weiter nach Norden zu verlegen ist, als sie in der Abbildung dargestellt ist. Die Mächtigkeit der Tonmergelstufe erscheint ohnedies beträchtlich zu groß. — Dr. H. C. G. KNIPSCHER, München, versucht zur Zeit, die Grenze zwischen helvetischem Eozän und Molasse-Oligozän mikrofaunistisch festzulegen.

Unter den Isarschottern bei Tölz scheinen sich komplizierte tektonische Strukturen zu verbergen, denen in der Auffassung eines Tölzer Quersattels schon früher Ausdruck verliehen worden ist. Ich habe von hypothetischen Darstellungen Abstand genommen. — Die Bausteinzone am Kalvarienberg bei Tölz bildet den Südflügel der Muldenzone, welche, nun zweigeteilt, die gefaltete Molasse im Osten der Murnauer Mulde kennzeichnet. Abgesehen von spärlichen Schürfen im Bereich der Kohleflöz-Zone fehlen im Isartal Aufschlüsse fast ganz. Trotzdem erkennt man eines (s. Abbildung): Die Penzberger Mulde im Süden hat eine wesentlich seichtere Lage als die nördlich anschließende Miesbacher Mulde. Der Faltenachsenspiegel fällt mit 10 bis 15° nach Norden ein, wodurch die Achse der nördlichen Mulde rund 500 m tiefer liegt als die der südlichen. Ob daraus Schlüsse auf das Schicksal der im Süden von Tölz bereits fehlenden Murnauer Mulde gezogen werden dürfen, bleibe der Schlußbetrachtung vorbehalten. — Cyrenenschichten und Promberger Sandstein lassen im Norden eine schwache Spezialfaltung erkennen, ehe die Aufschlüsse zu Ende sind. Gerade dort muß die nördlichste Störung, mit der die gefaltete an die autochthone Vorlandsmolasse grenzt, hindurchsetzen (s. Abbildung), denn nördlich davon stehen bereits steil aufgerichtete bis überkippte Sandsteine und Konglomerate der Miozänmolasse an (OMM und OSM der Abbildung). Über die Natur der Störung war trotz Analogien zum westlich benachbarten Penzberger Kohlenrevier früher nichts Endgültiges auszusagen.

3. Bohrung Tölz I (Kirchbichl)

Die DEUTSCHE ERDÖL-AG., Wietze, begann mit dem Niederbringen der Bohrung im Mai 1947 und stellte sie im Frühjahr 1949 bei 2210 m End-



Schematisches Querprofil durch die Alpenrandzone im Verlauf des Isartals von der Bohrung Bocksleiten bis zur Bohrung Tölz I (Kirchbichl)
 Abkürzungen: OSM = Obere Süßwassermolasse, OMM = Obere Meeresmolasse, H = Heimbergschichten, s = Stockletten,
 n = Nummulitenkalk, w = Wangschichten, l = Leitmangel, pk = Piesenkopfschichten, rs = Reisselsberger Sandstein

teufe ein¹⁾. Als Erdöl-Aufschlußbohrung sollte die Bohrung zunächst einmal die Natur der nördlichsten Störung auf der Grenze von gefalteter und ungefalteter Molasse klären. Darüber hinaus sollte ein Einblick in die, im Isargebiet noch wenig bekannte, über Tage schlecht aufgeschlossene Molasse-schichtfolge gewonnen werden. Meine Aufgabe soll hier nicht sein, nähere Einzelheiten über die stratigraphischen und tektonischen Einzelergebnisse der Bohrung zu bringen, die vorwiegend von Dr. HECHT, dem Geologen der DEUTSCHEN ERDÖL-AG., festgestellt worden sind. Zusammenfassend sei zum Bohrergebnis gesagt:

Man traf die Störung in der erwarteten Teufe von rund 860 m an; sie erwies sich damit als steile Aufschiebung. Ölspuren wurden weder unter der Störung noch sonst irgendwo im Bohrloch angetroffen. Bei 1100 m und 1700 m Teufe wurden Gasspuren festgestellt.

Waren die durchbohrten Gesteine im Hangenden der Aufschiebung noch verhältnismäßig fossilreich, so bereitete das absolute Fehlen von Makrofossilien in der mächtigen Serie der Oberen bunten Molasse im Liegenden der Störung zunächst Schwierigkeiten. Die mikropaläontologische Einordnung war nach den Feststellungen von HECHT dadurch besonders erschwert, daß im Gestein enthaltene Foraminiferen fast ausnahmslos aus aufgearbeiteten älteren Gesteinen stammen, eine Tatsache, mit der in der Molasse besonders zu rechnen ist.

Bemerkenswert ist die verschiedenartige Natur der Promberger Schichten im Hangenden und Liegenden der durchteuften Aufschiebung. Wenn auch im Aquitan, dem die Promberger Schichten angehören, ein intensiver und rascher Fazieswechsel herrscht, so ist es doch nicht wahrscheinlich, daß bei dem geringen Überschiebungsbetrag der Störung die Promberger Mergel an der Bohrsohle nur die nördliche Fazies des Promberger Sandsteins aus dem oberen Teil des Bohrprofils bilden. Eher ist wohl damit zu rechnen, daß unter den Promberger Mergeln der Bohrsohle Cyrenenschichten und darunter erst Promberger Sandstein folgen. Solche wiederholten Verzahnungen von marinem und brackischem Aquitan sind nichts Ungewöhnliches. Es ist auch denkbar, daß die Schichtfolge im Hangenden der Aufschiebung durch streichende Störungen reduziert ist, wie es nach Feststellungen HECHTS den Anschein hat.

D. Schlußbetrachtung zur Alpenrandtektonik

Die Beobachtungen aus den zahlreichen neuen Arbeiten im Kalkalpin, die einleitend aufgezählt wurden, zeigen alle die klaren Strukturen des Deckenbaus. Diese reichen bis hart an die Molassegrenze heran, aber nicht darüber hinaus. Angesichts dieser merkwürdigen Tatsache kann man sich des Eindrucks oft nicht erwehren, als seien die Decken ganz wesentlich älter als die Anfaltung des Alpenkörpers an die Molassezone. Womöglich haben wir in den inneralpinen Deckenfaltenstrukturen ausschließlich Zeugen der beiden bedeutenden Kreidefaltungen vor uns: der vorcenomanen (austri-schen) und der vorgosauischen (subherzynen) Gebirgsbildung. Es mehren sich die Anzeichen, als ob die Alpen als mehr oder weniger versteiftes Ganzes gegen den Molassetrog vorgeschoben worden seien.

Die Faltung der Alpen gegen das Molassevorland zeigt in ihrer Auswirkung auf dieses jedenfalls einen gänzlich anderen Baustil als die inneralpinen Strukturen. Es gibt kaum eine Querstruktur, die einwandfrei aus den Kalkalpen in die gefaltete Molassezone hinüberreicht. Der Baustil hat

¹⁾ Für ihr Einverständnis zur Darstellung des Bohrergebnisses in der hier wiedergegebenen Form sei der DEUTSCHEN ERDÖL-AG. bestens gedankt.

sich beim Wandern der Faltung aus dem Alpeninnern auf das Vorland geändert.

In den Strukturen am nördlichen Alpenrand herrschen offenbar beträchtliche Unterschiede zwischen der Schweiz und den Ostalpen. RICHTER (1948) bringt überzeugende Beispiele für die starke Abscherung der Schweizer Molasse durch die vordrängenden Alpen, wobei die tiefere Oligozänmolasse überwältigt wurde. Dürfen wir mit ähnlich großartigen Vorgängen auch in den Ostalpen rechnen?

TRAUB (1948) kommt zu der Auffassung, daß im Ostalpenbereich der Salzach die Helvetikum- und Flyschzone von einer etwa 1000 m dicken Oligozän-Miozän-Decke verhüllt gewesen sein müsse; erst vom Helvet ab (steirische Faltung) habe sich der Alpenrand flexurartig gegen das Molassevorland herausgehoben. Dagegen sei anzunehmen, daß der Flysch die Helvetikumzone zur Wende Eozän-Unteroligozän überfahren habe (pyrenäische Faltung).

Seismische Beobachtungen von REICH (1945; 1946) weisen eindringlich darauf hin, daß die Alpenfaltung als Ganzes auch in Oberbayern bis ins Miozän hinein auf die Molassezone, noch weit über die gefaltete Molasse nach Norden hinaus, eingewirkt haben muß. Denn die elastischen Eigenschaften dieser tektonisch beeinflussten Molasse sind verändert und weisen auf Verdichtung hin! Ebenso fanden REICH und Mitarbeiter (1948) deutliche Anzeichen für das Vorhandensein der Vindelizischen Schwelle unter dem Molassetrog. Dort muß die Molasse unmittelbar dem Kristallin auflagern. BÜRGEL (1946) berichtet über Bohrerergebnisse im Nordosten des Hausruck, wo unter Miozän und Oligozän (Chatt) in 900 bis 1100 m Tiefe der kristalline Untergrund der Molasse erbohrt wurde. Weiter im Osten transgrediert die chattische Molasse auf Helvetikum. Dort stehen sich also Molasse und Helvetikum tektonisch nicht mehr so scharf getrennt gegenüber wie in der Schweiz oder im Allgäu.

Betrachten wir nochmals das Profil durch die Alpenrandstrukturen bei Tölz. Erscheint es denkbar, daß die gefaltete Molasse ihr südlichstes Bauelement, die Murnauer Mulde, durch Überfahren verloren hat? Liegt diese heute unter den Alpen begraben? Die Vorstellung will nicht zu der Beobachtung passen, daß der Faltenachsenspiegel der Molassemulden stark gegen Norden geneigt ist, eine Feststellung, auf die WERTHOFFER schon 1932 hingewiesen hat. Wir müßten annehmen, daß die mittlere Mulde von der Überfahrung an eine horstartige Aufragung zwischen den beiden Nachbarmulden bilde, von denen die überwältigte nicht abgesichert und vorgeschoben, sondern hinabgedrückt worden sei. Eher dürfte es wohl ähnlich sein, wie RICHTER (1940; S. 42) später schrieb: „Selbstverständlich ist die subalpine Molasse von den vordringenden Alpen abgesichert und zusammengestaucht worden.“ Aber ihre ältesten Schichten: „Große Teile zumindest der Deutenhausener Schichten und der Tonmergelstufe müssen von den Alpen tektonisch überdeckt worden sein.“ Dann bestände also heute noch die Vorstellung zu Recht, das Erdöl von Tegernsee stamme aus der darunterliegenden alten Molasse. BENTZ (1949) rechnet jedoch mit einer direkten Herkunft des Tegernseer Erdöls aus dem Flysch selbst.

Ist der steile Kontakt zwischen Alpen und Molasse oder auch die steile Überschiebung des Flyschs auf das Helvetikum (s. Abbildung), wie sie sich in Südbayern immer wieder beobachten lassen, das Ergebnis einer mehr horizontal gleitenden Anfaltung und nachfolgender Verbiegung, oder spielen vielleicht noch andere Faltungsursachen eine Rolle? Muß nicht auch mit steilen bis vertikalen Bewegungsvorgängen unter dem Alpenkörper gerechnet werden, die solche Steilstrukturen leichter erklärten (KRAUS 1950)?

Viele Fragen müssen also noch unbeantwortet und anscheinende Gegensätze ungeklärt bleiben. Doch kann das eine heute bereits festgestellt werden, daß der normale Deckenbaustil der Kalkalpen Südbayerns am Südrand der Molassezone endet. Vielleicht verlagerte sich im Sinne des STILLESchen Wanderns der Faltung gegen ihr Vorland nicht nur der Faltungsgürtel sondern änderte sich auch der Faltungsstil, der nach der austrischen und subherzynen Deckenfaltung in der pyrenäischen und steirischen Faltung an Intensität bereits erheblich verlor und danach ganz ausklang. Und noch eines dürfte feststehen: Der Rahmen zwischen Faltengebirge und Vorland blieb vom Beginn bis zum Ablauf der Gebirgsbildung beweglich und verlagerte sich stetig von Süden nach Norden.

E. Schriften

BENTZ, A.: Bau und Erdölhoffigkeit des Molassetrogs von Oberbayern. Erdöl und Kohle **2**, 1949, S. 41—52. — BÜRGEL, H.: Zur Stratigraphie und Tektonik des oberösterreichischen Schliers. Verh. geol. B.A. Wien 1946, S. 123—151. — GRILL, R.: Über erdölgeologische Arbeiten in der Molassezone von Österreich. Verh. geol. B.A. Wien 1945, S. 4—28. — HÖLZL, O.: Molluskenfaunen der subalpinen Molasse Oberbayerns. N. Jb. Min. usw. Mon.-Hefte 1945/48 B, S. 385 bis 400. — KRAUS, E.: Baugeschichte der Alpen. 2 Bde. Akademie-Verlag Berlin, voraussichtl. 1950. — REICH, H.: Seismische Probleme im Alpenvorland. Verh. geol. B.A. Wien 1945, S. 55 ff. — Über das elastische Verhalten des Tertiärs im Alpenvorland. Die Naturwissenschaften **33**, 1946, S. 345—346. — REICH, H., SCHULZE, G. A., & FÖRTSCH, O.: Das geophysikalische Ergebnis der Sprengung Haslach im südlichen Schwarzwald. Geol. Rundsch. **36**, 1948, S. 85—96. — RICHTER, M.: Der westalpine Molassetrog. Erdöl und Kohle **1**, 1948, S. 341 bis 351. — Die Gliederung der subalpinen Molasse. N. Jb. Min. usw. **83** B, 1940, S. 1—45. — TRAUB, F.: Beitrag zur Kenntnis der miozänen Meeresmolasse ostwärts Laufen. N. Jb. Min. usw., Mon.-Hefte 1945/1948 B, S. 53—71 und 161 bis 174. — WEITHOFER, K. A.: Molasse und Alpenrand in Oberbayern. Zbl. Min. 1932 B, S. 225—239.

Das südöstliche Ende des Oberrheingrabens

Von Otto Wittmann, Lörrach

Mit 7 Textabbildungen

Der Rheintalgraben ist das größte und weithin bestzugängliche Objekt seiner Art in Europa. Seit über 100 Jahren mühten sich die Geognosten nicht nur in geduldiger Feldarbeit um die geometrische Bestandsaufnahme sondern auch um ihre Deutung und die historische Analyse, kurz um die Enträtselung dieser uralten Struktur in Europas Antlitz.

Der gesammelte Stoff wurde wiederholt in Übersichten zusammengerafft und reizte dann zu immer neuer und wechselnder Deutung. Manche Einsicht hielt im Wechsel der Generationen und Lehrmeinungen stand, viele Vorstellungen wurden jeweils wieder aufgegeben. Dauernder Fortschritt darf immer nur vom echten Fortschritt durch neue Arbeit am Objekt im Felde erwartet werden. Solche Ergebnisse der wenig gesprächigen Natur abzurufen, war Zweck meiner Arbeit. Die folgenden Zeilen und Bilder wollen sie dem Leser in knapper Form darstellen.

Gegenstand der Aufnahme war das sonnige Hügelland im Knie des Rheines bei Basel, wo meridionale rheinische und quere herzynische Strukturen sich kreuzen müssen. Hier erlauben die tektogenen Züge der nahen Vorberge Analogieschlüsse auf den Bau des Grabeninneren. Hier schaffen