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

Herausgeber: Vereinigung Schweizerischer Petroleum-Geologen und -Ingenieure

Band: 30 (1963-1964)

Heft: 78

Artikel: Der Bau der südlichen Molasse Oberbayerns auf Grund der Deutung seismischer Profile

Autor: Veit, Erwin

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-192670

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 02.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Bull. Ver. Schweiz. Petrol.-Geol. u. -Ing., Vol. 30, Nr. 78, September 1963, S. 15—52

Der Bau der südlichen Molasse Oberbayerns auf Grund der Deutung seismischer Profile

Mit 17 Abbildungen im Text

von Erwin Veit, München

Zusammenfassung

Es wird eine reflexionsseismische Profilserie mit geologischer Deutung von der oberbayerischen südlichen Molasse und dem Alpenrand östlich vom Lech vorgelegt. Der verschiedene Baustil der süddeutschen Subalpinen Molasse wird besprochen und dabei eine Aufteilung in drei Gebiete vorgenommen. Basale, autochthone Molasse zusammen mit ihrer alttertiären und mesozoischen Unterlage liegen noch unter Subalpiner Molasse, Flysch, Helvetikum, und reichen mindestens noch unter den Nordrand der Kalkalpen hinab. Weiterhin wird die Tektonik der Vorlandmolasse charakterisiert. Das behandelte Molassebecken zeigt in der Längserstreckung am Alpenrand nur geringe Unterschiede in der Gesamtmächtigkeit unter NN (westlich vom Inn 4500—5000 m und östlich 4000—4500 m).

Abstract

A series of reflection profiles across the southern Molasse basin of Upper Bavaria and the northern rim of the Alps east of the Lech river are presented and geologically interpreted. The varying tectonic framework of the german Subalpine Molasse is discussed and the Subalpine Molasse basin is subdivided in 3 areas. The basal autochthonous Molasse as well as the underlying strata of lower tertiary and mesozoic age extend to the south at least underneath the northern rim of the Calcareous Alps and are overlain by the Subalpine Molasse, Flysch and Helveticum. Furthermore the tectonics of the Foreland Molasse are characterized. The Molasse basin under discussion shows only minor variation in total thickness in an east-western direction along the rim of the Alps (west of the Inn river = 4500 to 5000 m and east of the Inn river = 4000 to 4500 m, both values below mean sea level).

In den Jahren 1958/59 haben Breyer, Clasen und Dohr über reflexionsseismische Arbeiten im westlichen Teil der Subalpinen Molasse Bayerns berichtet. Dabei haben Breyer und Dohr geologische Deutungen vorgenommen, welche den Bau dieser Molasse und ihrer Unterlage zum ersten Mal bis in größere Teufen erfaßten und damit in einem neuen Licht erscheinen ließen. Inzwischen sind die seismischen Arbeiten weiter fortgeschritten und haben in den Arbeitsgebieten der Deutschen Erdöl-Aktiengesellschaft den Raum vom Lech im W bis östlich der Traun erfaßt, einen Bereich von etwa 150 km Länge (Abb. 1). Die seismische und insbesondere die geologische Bearbeitung dieser Meßgebiete ist noch nicht abgeschlossen. Es ist mir jedoch möglich, unter Berücksichtigung von Tiefbohrergebnissen und neueren stratigraphischen Erkenntnissen (B. Paulus 1963), einige Querprofile mit geologischer Deutung vorzulegen, welche sich auf das gesamte Gebiet verteilen. Damit wird ein Einblick gewonnen in den Tiefenbau des Südteils der Vorlandmolasse, der Subalpinen Molasse

und z. T. auch noch in den Bau des Alpenrandes. Der weit überwiegende Teil der Unterlagen entstammt den Messungen meiner Firma, der Deutschen Erdöl-Aktiengesellschaft, ein Teil aus den Gemeinschaftsgebieten Mobil Oil AG/Deutsche Erdöl-Aktiengesellschaft, und 2 Profile setzen sich von den letzteren fort in den Raum Murnau der Preußischen Bergwerks- und Hütten-AG. Den genannten Firmen bin ich zu großem Dank verpflichtet, diese Ergebnisse veröffentlichen zu können. Herrn Dr. Schlie danke ich für die gemeinsame Besprechung der seismischen Unterlagen und deren Deutungsmöglichkeiten.

In der Tiefendarstellung folgen die Profile westlich vom Inn einer Geschwindigkeitsfestlegung, welche zuerst im Gebiet Murnau von der Preußag verwendet wurde. Dabei wurde ab einer bestimmten Laufzeit mit 4500 m/sec gerechnet und darüber eine abnehmende Geschwindigkeit angenommen. Der Nullpunkt der Kurve wurde jeweils mit der örtlich bestimmten Oberflächengeschwindigkeit gleichgesetzt. In den Gebieten Weilheim-Süd und Bad Tölz wurde hiervon abweichend einheitlich ab 600 millisec. Laufzeit mit 4500 m/sec gerechnet. Östlich vom Inn ist mangels geeigneter Bohraufschlüsse mit einer aus den Tiefbohrungen des ostbayerischen Vorlandes ermittelten Geschwindigkeit gerechnet worden. Soweit es möglich war, habe ich für die geologische Deutung Geschwindigkeitskorrekturen gemacht, welche sich an die Geschwindigkeitsmessungen in benachbarten Tiefbohrungen oder an Geschwindigkeitsmessungen weiter entfernter Vorlandbohrungen anlehnen. Auf diese Weise habe ich versucht, die Profile annähernd teufenrichtig auszuwerten. Insbesondere im Südteil der Profile liegen aber hinsichtlich der Teufenlage noch Unsicherheiten vor. Die anzubringenden Korrekturen sind jedoch nicht so groß, daß dadurch das Gesamtbild eine wesentliche Änderung erfahren dürfte. Auf die Tiefenverhältnisse wird bei jedem Schnitt einzeln hingewiesen.

Profil 1 (Abb. 2)

Lage: Von Weilheim zum Ostufer des Staffelsees. Es reicht weit hinaus in die Vorlandmolasse und nach S bis in die Murnauer Mulde hinein.

Darstellung: Um ein klares Bild zu erhalten, sind in der Vorlandmolasse in den meisten Schnitten nur die Leithorizonte aufgenommen worden. Im Bereich der Subalpinen Molasse wurde eine Auswahl der Reflexe getroffen.

Beschreibung der seismischen Leithorizonte: A: Im oberen Aquitan oder an der Grenze Burdigal/Aquitan. Dieser Horizont läßt sich in der südlichen Molasse fast überall verfolgen. C: Kopf Hauptcyrenenschichten im oberen Chatt. G: Im tiefen Teil der Unteren Bunten Molasse im tiefen Chatt. Die Bausteinschichten liegen rund 250 m unterhalb von Horizont G. B entspricht vermutlich dem Kopf des Lithothamnienkalkes im Latdorf. Im Südteil läßt sich vielfach in nach N auskeilender Lagerung ein Horizont D verfolgen, den ich in den westlichen Profilen als Deutenhausener Schichten anspreche.

Teufenbeurteilung: Die Vorlandmolasse ist in Anlehnung an die Verhältnisse der Tiefbohrung Eberfing 1 etwa teufenrichtig erfaßt. Im tiefen Teil der Spatzenhausener Mulde und darunter ist eine Senkung um etwa 300 m auf Grund des Ergebnisses benachbarter Tiefbohrungen vorzunehmen. Die Molassebasis und das Liegende sind vielleicht um 200—300 m zu senken. Unter der Murnauer Mulde ist keine wesentliche Verschiebung notwendig.

Strukturbild: In der *Vorlandmolasse* sehen wir eine eindeutige, durch Geschwindigkeitsdiskussion nicht wegzubringende deutliche Wölbungsstruktur im Horizont A, nach der Tiefe an Intensität etwas geringer werdend. Diese Wölbung ist durch das

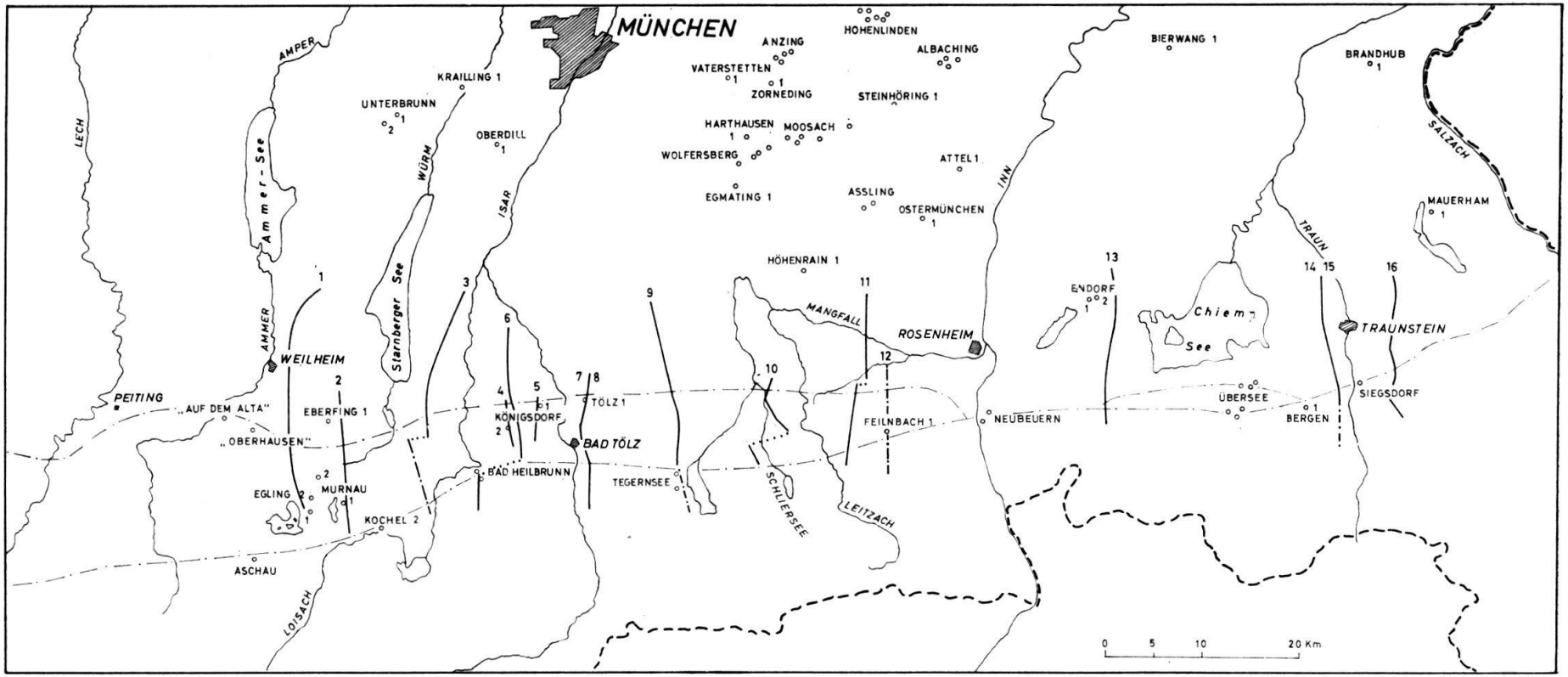

Abb. 1. Lageskizze der seismischen Profile. Geologische Profilstrecke strichpunktiert.

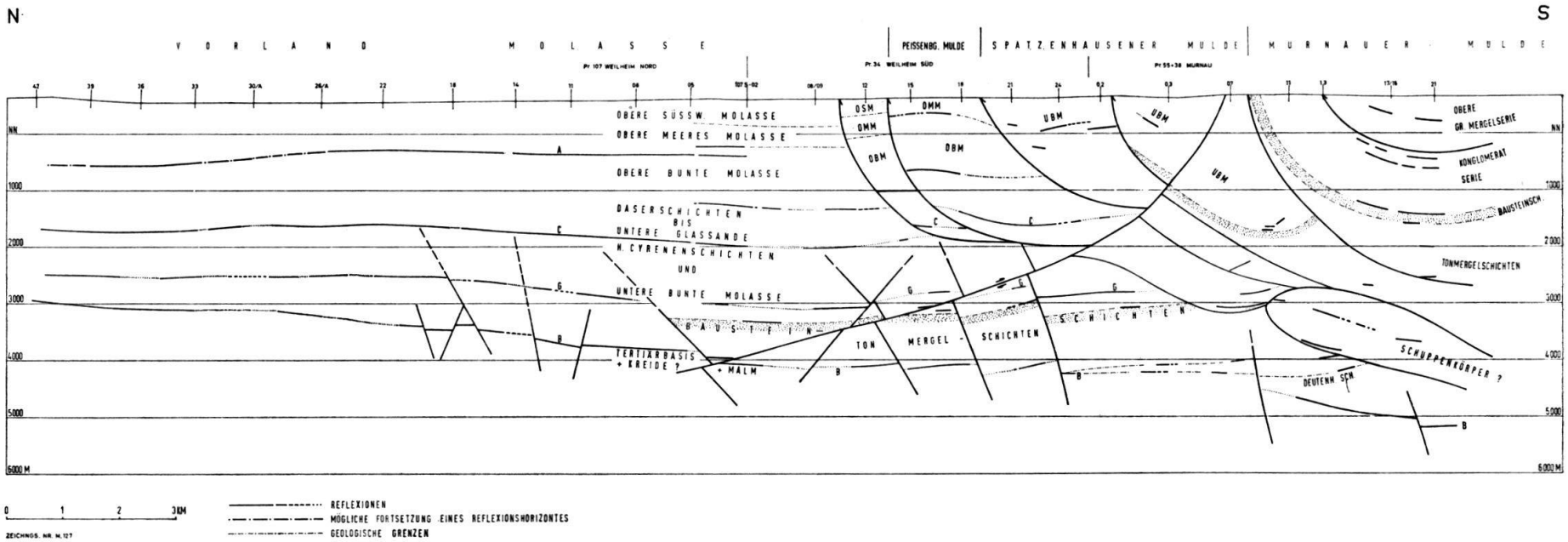

Abb. 2. (Profil 1) Weilheim — Staffelsee.

Abkippen der jungmiozänen Schichten nach N und durch die so entstandene Verlagerung der Trogachse nach N entstanden. Es kann auch eine jungmiozäne Einengung von S her mitgewirkt haben. Die präburdigale Neigung der Molassebasisschichten nach S war aber so kräftig, daß sie nicht mehr ganz umgekehrt werden konnte. Im Raum um Weilheim konnte in der Seismik das Alter der Zerrungsbrüche als oberes Chatt bis Aquitan klar erkannt werden. An einer Stelle läßt sich eine Mächtigkeitszunahme des Schichtpaketes zwischen den Leithorizonten C und G um 150 m an einem synthetischen Bruch nachweisen; nur dieser kräftige Bruch verwirft dort noch den Leithorizont C, die anderen tun dies nicht. Die Hauptbewegung wäre also im oberen Chatt. Wir können somit das Bewegungsbild in der Vorlandmolasse wie folgt charakterisieren:

1. Eine präburdigale Trogabsenkung mit zunehmenden Mächtigkeiten gegen S und in Verbindung damit eine Zerrungstektonik mit syn- und antithetischen Längsbrüchen.
   Bruchbewegungen: Oberes Chatt, auslaufend im älteren Aquitan.
2. Postaquitan ein Wandern der Trogachse nach N und damit ein Abkippen der Bekkenfüllung nach N in einem bestimmten Bereich. Im Jungmiozän sind keine Brüche nachzuweisen.

Die Wölbungsstruktur läßt sich in wechselnder Stärke im Streichen weit verfolgen und ist daher eine regionale Erscheinung. Weiterhin sehen wir in dem Profil, daß die Zerrungstektonik der Vorlandmolasse sich in der autochthonen Molasse im Liegenden der Subalpinen Molasse fortsetzt. Mit Geschwindigkeitsüberlegungen lassen sich diese Brüche nicht wegbringen, zumal wir sie in den folgenden Profilen noch besser erkennen werden. Der Bruch unter Schußpunkt 24 müßte bei Ansatz einer höheren Geschwindigkeit in der Spatzenhausener Mulde sogar noch größer werden. Wichtig ist die Feststellung, daß die autochthone Molasse des Vorlandes noch unter die Subalpine Molasse hinunterzieht.

Vor der Peißenberger Mulde ist noch eine schmale, aufgerichtete und gering herausgehobene *Randscholle* abzutrennen. Weiter im Westen, direkt vor dem Hohenpeißenberg ist diese Scholle breiter und sogar in der Oberen Süßwassermolasse überkippt. Solche Randschollen lassen sich in den Profilen zwischen Lech und Inn des öftern abtrennen. Das seismische Bild spricht dafür, daß die aufgerichteten, z. T. überkippten Aufschlüsse der Oberen Meeres- und der Oberen Süßwassermolasse von der flach liegenden Vorlandmolasse durch Überschiebungen abgetrennt sind. Die so abgegrenzten Randschollen stelle ich noch zur Subalpinen Molasse. In diesem Fall spricht das Südfallen im tiefen Teil der Randscholle für deren Existenz. Die *Peißenberger Mulde* ist hier bereits im Abtauchen nach Osten geschnitten; sie hat oberflächennahe die Form eines nordvergenten Sattels. Erst der C-Horizont zeigt die Muldenform. Die Heraushebung der Peißenberger Mulde ist hier gering. Die nächste Mulde ist, wie auch die Nachbarprofile erkennen lassen, zweigeteilt. Sie liegt zwischen der Rottenbucher Mulde im W und der von Penzberg im E. Nach der Aussage der Seismik (Auer, W. u. a. 1962) handelt es sich aber um eine selbständige Einheit, die man als *Spatzenhausener Mulde* bezeichnen kann. Die *Nordschuppe* ist mit mehr flachen Fallwerten wenig aufgerichtet. Die *Südschuppe* ist kräftig steilgestellt und nordvergent. Die Seismiker können hier einen Querbruch mit dem Charakter einer Blattverschiebung und Überschiebung verfolgen. Die Grenze Spatzenhausener/Murnauer Mulde ist eine kräftige Überschiebung und sicher aus einem ehemaligen Sattel hervorgegangen. Die Überschiebungsbahnen sind oben steil und verflachen in der Tiefe, wie es Breyer und Dohr (1958, 1959) schon zeigen konnten. Zwischen der vergrabenen, autochthonen Molasse und den Faltenmulden läßt sich ein nordvergen-

tes, z. T. annähernd söhliges, zu den umgebenden Schichten mehr oder weniger allseitig diskordant liegendes Gebilde ausscheiden, das ich als *Schuppenkörper* bezeichne. Vielleicht handelt es sich hier um eine in der Tiefe steckengebliebene Molasseschuppe, die von den Molassemulden überfahren wurde. In diesem, noch besser in benachbarten Profilen, finde ich Hinweise dafür, solche Schuppenkörper abzugrenzen. Die *Murnauer Mulde* zeigt eine schüsselförmige Lagerung, wie sie auf Grund der Oberflächengeologie schon immer gezeichnet wurde.

Profil 2 (Abb. 3)

Lage: Etwas östlich Profil 1, in der Einbuchtung des Randes der Subalpinen Molasse zwischen der Peißenberger Mulde im W und der Nonnenwaldmulde im E.

Darstellung: Die geologischen Grenzen und die Korrekturen der seismischen Horizonte sind strichpunktiert. Die Pfeile geben die Horizontverschiebung auf Grund von Geschwindigkeitskorrekturen an.

Teufenbeurteilung: Dieser Schnitt ist im ganzen gut gesichert durch die Tiefbohrung Eberfing 1 und durch die Tiefbohrungen der Preußag im Raum Murnau, von denen die Murnau 1 dargestellt ist. Die Bohrlochversenkmessung in der Eberfing 1 veranlaßte eine Senkung des Horizontes C um 150 m und eine solche am Kopf Bausteinschichten um 70 m. Der B-Horizont behält vermutlich seine Lage bei, da die Tonmergelschichten wahrscheinlich eine geringere Geschwindigkeit haben als das Hangende.

Die *Tiefbohrung Eberfing 1* (L. Kraus & B. Paulus, 1962) wurde auf einer flachen Antiklinale vor dem Überschiebungsrand angesetzt. Es war das Ziel, die Sande im Bereich der Aquitan/Chatt-Grenze zu untersuchen (besonders die Glassande), und die Tiefenlage sowie die Speichereigenschaften der Bausteinschichten zu erkunden. Die Glassande waren verwässert und die Bausteinschichten praktisch dichte Dolomit- und Kalkfeinsandsteine, wie sie auch in den benachbarten Faltenmulden von der Preußag erbohrt wurden.

Strukturbild: Die *Eberfinger Antiklinale* ist infolge des Anschubs der Molassemulden entstanden, also jungmiozänen Alters. Die von der Seismik angegebenen Brüche gehören dagegen zur Zerrungstektonik des Vorlandes mit chattisch-aquitanem Alter. Die alte Bruchtektonik hat hier einen kleinen Horst geschaffen, wobei der antithetische Bruch im N nur geringfügig ist. Die Antiklinale hat die Form einer einfachen flachen Falte mit ENE-streichender Achse. Im W und E wird sie von Querstörungen mit Überschiebungscharakter durchzogen. An diesen Blattverschiebungen stoßen die Peißenberger und die Nonnenwaldmulde in Stufen weiter nach N vor und begrenzen die Struktur. Damit erscheint auf der geologischen Karte zwischen beiden Mulden eine Bucht, die bisher keine rechte Erklärung fand. Die Eberfinger Antiklinale ist im Anfangsstadium der Einengung stehengeblieben und ist so tektonisch gesehen ein Äquivalent der benachbarten Peißenberger und Nonnenwaldmulde. Letztere sind aber stärker gefaltet und stark herausgehoben. In der Peißenberger Mulde kommen die chattischen Hauptcyrenenschichten noch zutage. Gegenüber der Lage in der Eberfing 1 bedeutet dies eine Heraushebung um 2500 m bei einer Entfernung von 17 km. Man erkennt hier eine unterschiedliche tektonische Beanspruchung der südlichen Molasse auf kurze Entfernung.

Die *Spatzenhausener Mulde* ist wieder zweigeteilt. Die *Nordschuppe* ist mit etwa 500 m weniger stark herausgehoben und nordfallend. Die *Südschuppe* ist kräftig südfallend und am Nordrand um etwa 1700 m angehoben. Die *Murnauer Mulde* ist

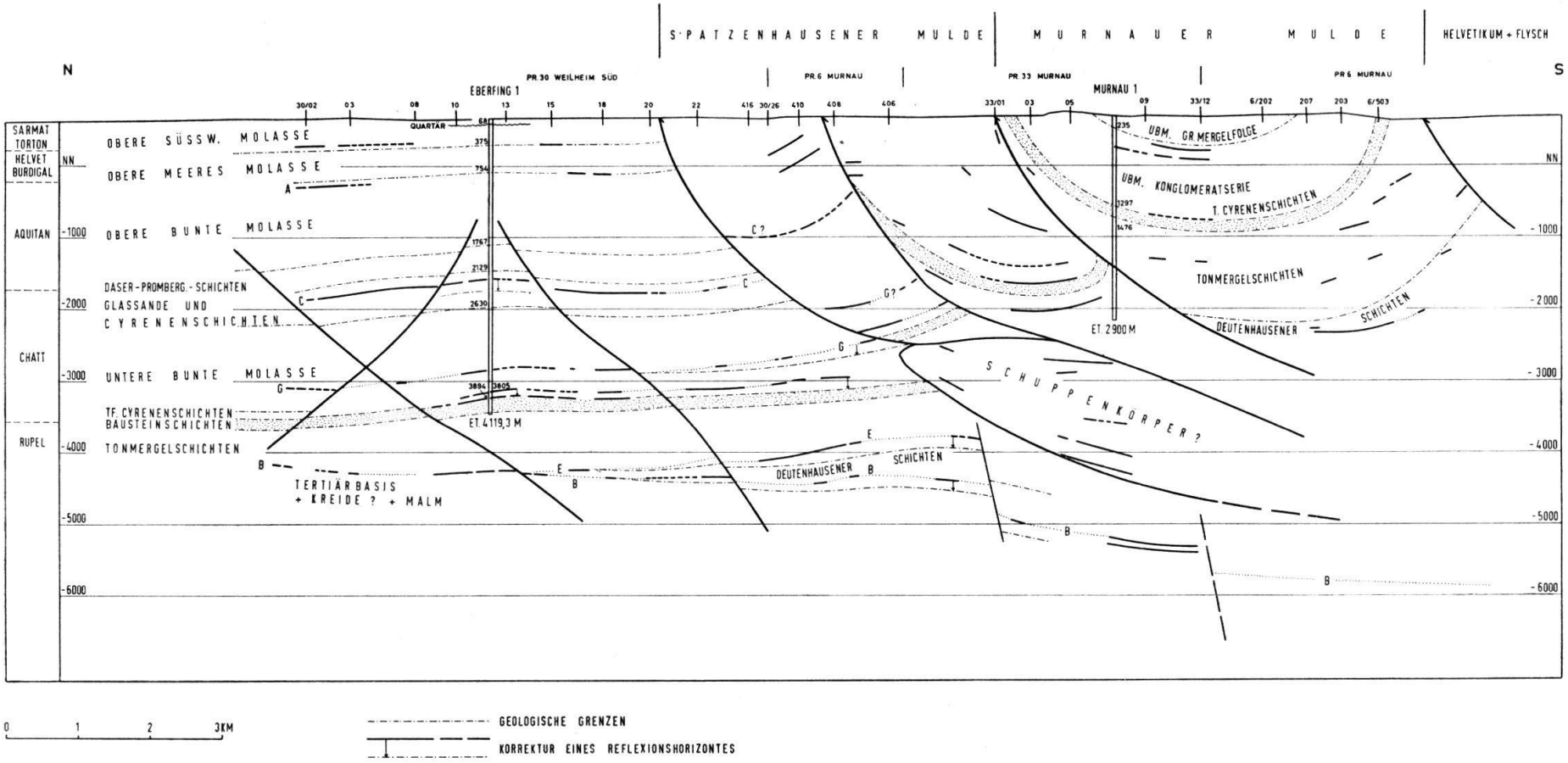

Abb. 3 (Profil 2) Eberfing 1 — Murnau 1.

kräftig aufgeschoben und eine einfache Schüssel wie im Profil 1. Die *Tiefbohrung Murnau 1* hat die Bausteinschichten in der Spatzenhausener Mulde nicht mehr gefaßt. Die Eintragung der Deutenhausener Schichten in der Murnauer Mulde soll nur eine unverbindliche Annahme sein. Ich betrachte die Deutenhausener Schichten als Sandfazies im tiefen Rupel; das Latdorfalter ist nicht bewiesen. Wie wir von den wohl gleichalterigen Rupelsanden aus der ostbayerischen Vorlandmolasse wissen, so ist auch in der Fazies und Mächtigkeit der Deutenhausener Schichten ein starker Wechsel anzunehmen. Die Sandschüttungen kommen aus dem Süden, wie die nach N auskeilende Lagerung beweisen dürfte. Gegenüber den autochthonen Tonmergelschichten unter der Spatzenhausener Mulde nehme ich in der Murnauer Mulde eine Mächtigkeitsvergrößerung von 800 auf 1100 m an, was, wie wir in östlichen Profilen sehen werden, zu vertreten ist. Auch in diesem Schnitt erscheint es mir möglich, einen Schuppenkörper abzugrenzen.

Zum besseren Verständnis stelle ich hier die von mir verwendeten Begriffsdefinitionen zusammen:

Vorlandmolasse: Im N ungefaltet, mit Verbiegungen und Zerrungsbrüchen. Im S mit Einengung: Aufrichtung oder schwache Faltenwellen.

Subalpine Molasse: Überschobene Molasse (Faltenmulden und Schuppen).

Der Nordteil der Vorlandmolasse zeigt im wesentlichen nur Zerrungsbrüche und Verbiegungen infolge unterschiedlicher Absenkung. Ohne scharfe Grenze liegt südlich davon eine Molasse mit z. T. flachen Faltenwellen und einer Aufrichtung der Schichten. Als Subalpine Molasse bezeichne ich die überschobene Molasse der Faltenmulden und Schuppen. Sie wurde bisher meist als Faltenmolasse bezeichnet, ein Begriff, den ich vermeiden will, da auch im südlichen Vorland noch eine schwache Faltung nachzuweisen ist. Die Anwendung dieser Begriffsbestimmung auf die breite Aufrichtungszone Ostbayerns bringt keine Schwierigkeiten, wenn man immer die nördlichste Überschiebung als Grenze der Subalpinen Molasse entsprechend meiner Definition nimmt. Demnach stelle ich die Aufrichtungszone zur Vorlandmolasse, von der sie auch nicht abzugrenzen ist. Die Abgrenzung ist nur nach tektonischen Gesichtspunkten klar durchzuführen. Meine Definition deckt sich nicht ganz mit der von H. K. Zöbelein (1957, S. 7).

F. Breyer (1958) kam auf Grund der damaligen Kenntnisse bei der geologischen Deutung seiner Abb. 2 und 3, welche benachbart liegen, noch zu anderen Vorstellungen, als wir in den Profilen 1 und 2 gesehen haben. Es lag damals im nahen Vorland noch keine Tiefbohrung vor. Später hat H. Schlie (1959) die seismischen Profile vom Raum Weilheim über das Meßgebiet der Mobil Oil AG nach N bis zu unserer Tiefbohrung Unterbrunn 1, südlich München, verfolgt. Dabei konnte er unsere Einstufung bestätigen. Endgültig wurde dies erst durch das Ergebnis der Eberfing 1. Die tieferen Schichten in den Profilen von F. Breyer (1958, 1959) müssen jetzt um ein Stockwerk gesenkt werden. In der Vorlandmolasse wurde allgemein die Erfahrung gemacht, daß das tonige Rupel wenig oder keine Reflexe liefert, die Rupelbasis dagegen als durchgehender kräftiger Spiegel meist gut zu erkennen ist. Dies gilt auch in der Subalpinen Molasse und ist daher eine wichtige Grundlage bei der geologischen Deutung.

Im Bereich unserer Schnitte 1 und 2 liegen auch die Profile 4 und 5 von Schmidt-Thomé (1955). Diesen gegenüber ergeben sich im dargestellten Bereich der oberen 1000 m folgende Unterschiede: Die aufgerichtete und überkippte Molasse wird zu einer Randscholle. Die Grenze Spatzenhausener/Murnauer Mulde ist keine Antiklinale mit nur schwachem Durchreißen, sondern eine kräftige Überschiebung. Die Bewegungsbahnen liegen in dem schmalen Band der Tonmergelschichten.

Mit dem Profil 2 kann man den Versuch machen, die Faltenmulden in die vermutliche ursprüngliche Lage zurückzuschieben und die Schubweite anzugeben. Für die Oberkante Bausteinschichten am S-Rand der Murnauer Mulde ergibt sich so eine horizontale Mindestschubweite von 6 km. Dies ist ein wesentlich höherer Wert, als bisher angegeben wurde. Die Profile 1 und 2 zeigen eine tiefe und breite Einmuldung der Schichten und nordvergente Schuppen, wie auch in den Profilen von BREYER und DOHR (1958, 1959) gut zu sehen ist. Dieser Baustil ist vom Ostende der Murnauer Mulde bis zum Bodensee verbreitet und für dieses Gebiet charakteristisch.

Profil 3 (Abb. 4)

Lage: Von den Molassemulden bei Penzberg, östlich vom Starnberger See nach Norden, in Richtung Wolfratshausen.

Teufenbeurteilung: Das Vorland ist etwa richtig; in der Subalpinen Molasse und im Liegenden wurde der Versuch einer möglichen Korrektur unternommen.

Strukturbild: Vorlandmolasse: Wir haben eine Wölbungsstruktur vor uns, wie wir sie bei Weilheim kennengelernt haben. Die Ursache ist wie dort Kippung im Jungmiozän. Wir sehen weiter eine synsedimentäre Zerrungstektonik bis unter die Mulden hinab.

Subalpine Molasse: Man sieht wieder eine leicht gehobene Randscholle mit gestörter Seismik. Bei der Darstellung der Nonnenwaldmulde konnte das geologische Bild der Oberfläche und des Bergbaues (B. PAULUS 1963) verwendet werden. Am S-Rand hat der Bergbau eine eigenartige kleine Aufschiebung der Nordscholle ermittelt, wobei sich die Bewegungsbahn schaufelartig nach unten verflachen dürfte. Mit Profil 3 beginnt am Ausgang der Murnauer Mulde eine bis zum Inn reichende Serie, die ein sehr flaches Einfallen der Hauptüberschiebungen zeigt. Die Murnauer Mulde ist hier als solche ausgekeilt; geblieben ist nur noch eine wahrscheinlich isoklinal südfallende Schuppe aus Tonmergelschichten. Die Mindestschubweite für die Bausteinschichten am Südflügel der Penzberger Mulde beträgt in der Horizontalen etwa 6 km.

Vergleich mit P. SCHMIDT-THOMÉ *(1955, Profil 7):* Die Molasse reicht vom Vorland flach an den Überschiebungsrand; wir zeichnen eine gehobene Randscholle mit Oberer Süßwassermolasse. In der Nonnenwaldmulde ist eine Nordrandantiklinale nicht vorhanden (B. PAULUS 1963).

Profil 4 (Abb. 5)

Lage: Im Raum Bad Tölz bei Königsdorf. Der Original-Maßstab ist 1:10 000. Der Schnitt zeigt einen Ausschnitt vom Überschiebungsrand.

Teufenbeurteilung: Die Darstellung ist teufenrichtig nach der Versenkmessung und Grenzflächenbestimmung in der Königsdorf 2 korrigiert. Es sind nur korrigierte Reflexe eingetragen worden; die übrigen, etwa die Hälfte, fehlen.

Die Tiefbohrung *Königsdorf 2* hat innerhalb der Nonnenwaldmulde zunächst steile, nordfallende Untere Bunte Molasse des Südflügels durchteuft, die dann nach unten in Richtung zur Muldenachse verflacht. Die Eintragungen der Fallwerte beruhen auf Stratamessungen. Die Feinsandsteine der Bausteinschichten sind dichte Dolomit- und Kalksandsteine. Unter oberem Rupel folgt die Randüberschiebung, wobei Tonmergelschichten auf Oberes Chatt zu liegen kommen. Die Glassande und

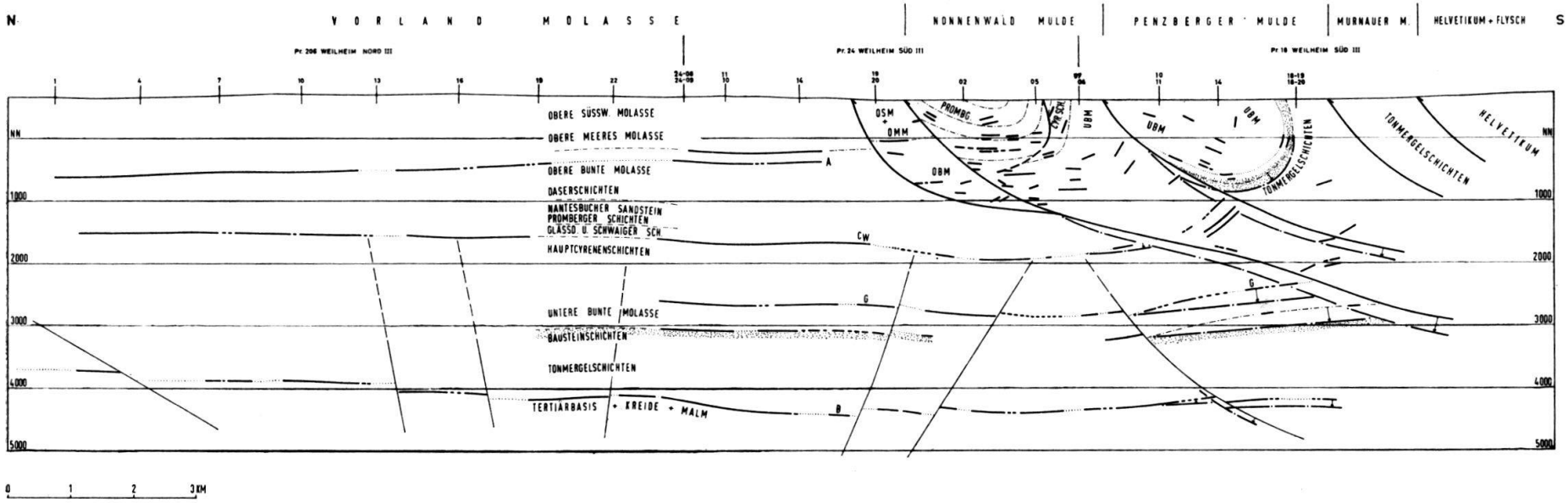

Abb. 4 (Profil 3) Wolfratshausen — Penzberger Mulde.

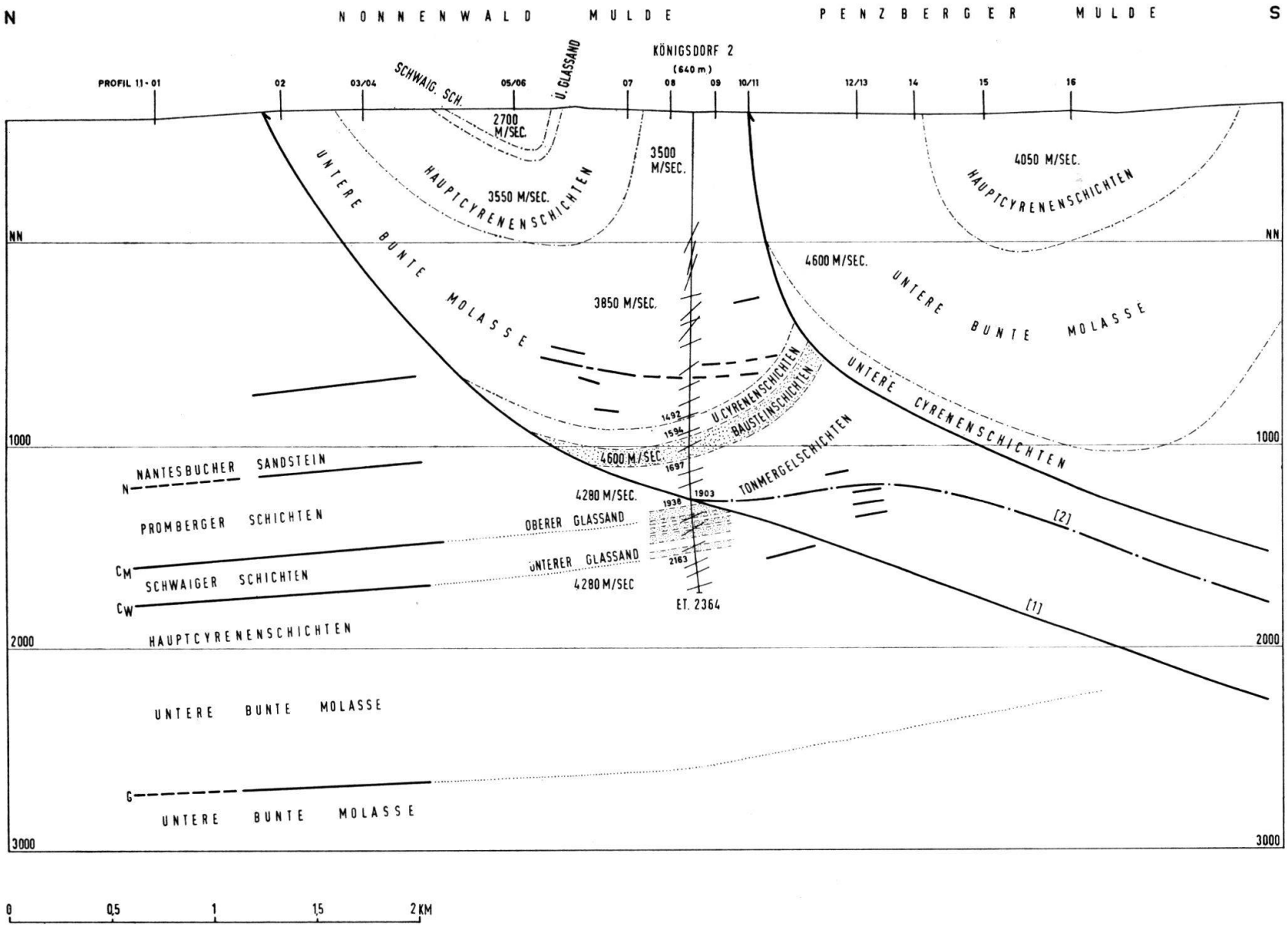

Abb. 5 (Profil 4) Profil durch Königsdorf 2.

Sandsteine in den Schwaiger Schichten haben genügend Porosität und sind verwässert. Die Sonde wurde in den Hauptcyrenenschichten der autochthonen Molasse bei 2364 m eingestellt. Interessant war, daß sich aus der Teufe 1310 m ein kräftiger Zufluß von Schwefelwasserstoffgasen mit Gebirgswasser einstellte, der vermutlich aus Klüften kam, da an der Stelle kein Träger festzustellen ist.

Strukturbild: Vor dem Überschiebungsrand liegt die Schichtfolge der Vorlandmolasse flach ansteigend. Die Seismik läßt zwei Deutungen für die nördliche Überschiebungsbahn zu, eine flache und eine etwas steilere. Die Geophysiker W. Auer, H. Schlie und J. Schmoll (1963) halten die ganz flache Bahn für die richtige, was ich unterstützen möchte. Es können hier folgende Geschwindigkeitsangaben gemacht werden: Hauptcyrenenschichten in der Nonnenwaldmulde ca. 3500 m/sec, in der Penzberger Mulde 4050 m/sec. Der höhere Wert in der Letzteren dürfte für eine Zunahme der Kalksandsteine sprechen. Dasselbe gilt für die Untere Bunte Molasse (3850 bzw. 4600 m/sec). Diese mit einer Faziesänderung erklärte Beobachtung könnte man vielleicht zu der Hypothese benützen, daß zwischen den jetzt in den Mulden nebeneinanderliegenden chattischen Schichtpaketen ein Zwischenstück fehlt, d. h. in der Sattelzone zwischen den beiden Mulden erodiert wurde.

Solche Beobachtungen dürfen aber nicht dazu führen, eine synsedimentäre Anlage der Molassemulden zu postulieren (E. Kraus 1951). E. Kraus spricht von einem «autochthonen Senkstreifenmechanismus». Wir wissen, daß z. B. in der Unteren Bunten Molasse von der Murnauer zur Spatzenhausener Mulde und weiter zur Bohrung Eberfing 1, also von S nach N, die Sandstein- und Geröllführung kräftig nachläßt. Wir wissen aber auch, daß im Aquitan und Chatt längs dem Gebirge oft auf engen Bereichen Fazieswechsel auftreten (H. K. Zöbelein 1952, B. Paulus 1963). Diese sind angesichts der gewaltigen Sedimentschüttungen im Chatt/Aquitan aus dem S und Strömungen in der W—E-Richtung für die Molasse geradezu charakteristisch (H. Füchtbauer 1958). Die Mächtigkeitswerte der entsprechenden Schichtpakete verschiedener Mulden passen aber an den tektonischen Grenzen gut zueinander. Schließlich kann die Senkstreifentheorie auf Grund der Feststellung, daß die autochthone Molasse sicher unter die Subalpine Molasse und höchst wahrscheinlich noch unter die Decken des Alpenrandes reicht, nicht aufrechterhalten werden. Der Stockwerksbau im Bereich der Subalpinen Molasse spricht dagegen.

Die Bausteinschichten erreichen die hohe Geschwindigkeit von 4600 m/sec, worin sich der hohe Kalk- und Dolomitgehalt widerspiegelt. Die Folge Promberger Schichten bis Hauptcyrenenschichten im autochthonen Teil zeigt dagegen nur den Wert 4280 m/sec.

Profil 5 (Abb. 6)

Lage: Knapp östlich Profil 4 nordwestlich von Bad Tölz. Die Königsdorf 1 ist in das benachbarte seismische Profil im Maßstab 1:10 000 projiziert.

Teufenbeurteilung: Die Seismik ist hier nicht korrigiert. Nach der Geschwindigkeitsmessung der Königsdorf 2 wäre die autochthone Molasse um 250 bis 300 m tiefer zu legen. Etwa dasselbe dürfte für die Überschiebungsbahnen in der Tiefe gelten.

Die *Königsdorf 1* hat oben noch eine Randschuppe mit Oberer Bunter Molasse durchteuft. Von 177 bis 207 m liegt darunter gehobenes Helvet einer hier schmalen Randscholle. Die Vorlandmolasse liegt ganz flach und nordfallend vor der Randüberschiebung. Wir haben hier einen sicheren Beweis für die flache Lagerung am Überschiebungsrand, und zwar im Bohrprofil und in der Seismik. Das Ziel der Bohrung war, die in Tölz nachgewiesenen oberaquitanen Cyrenenschichten in höchster

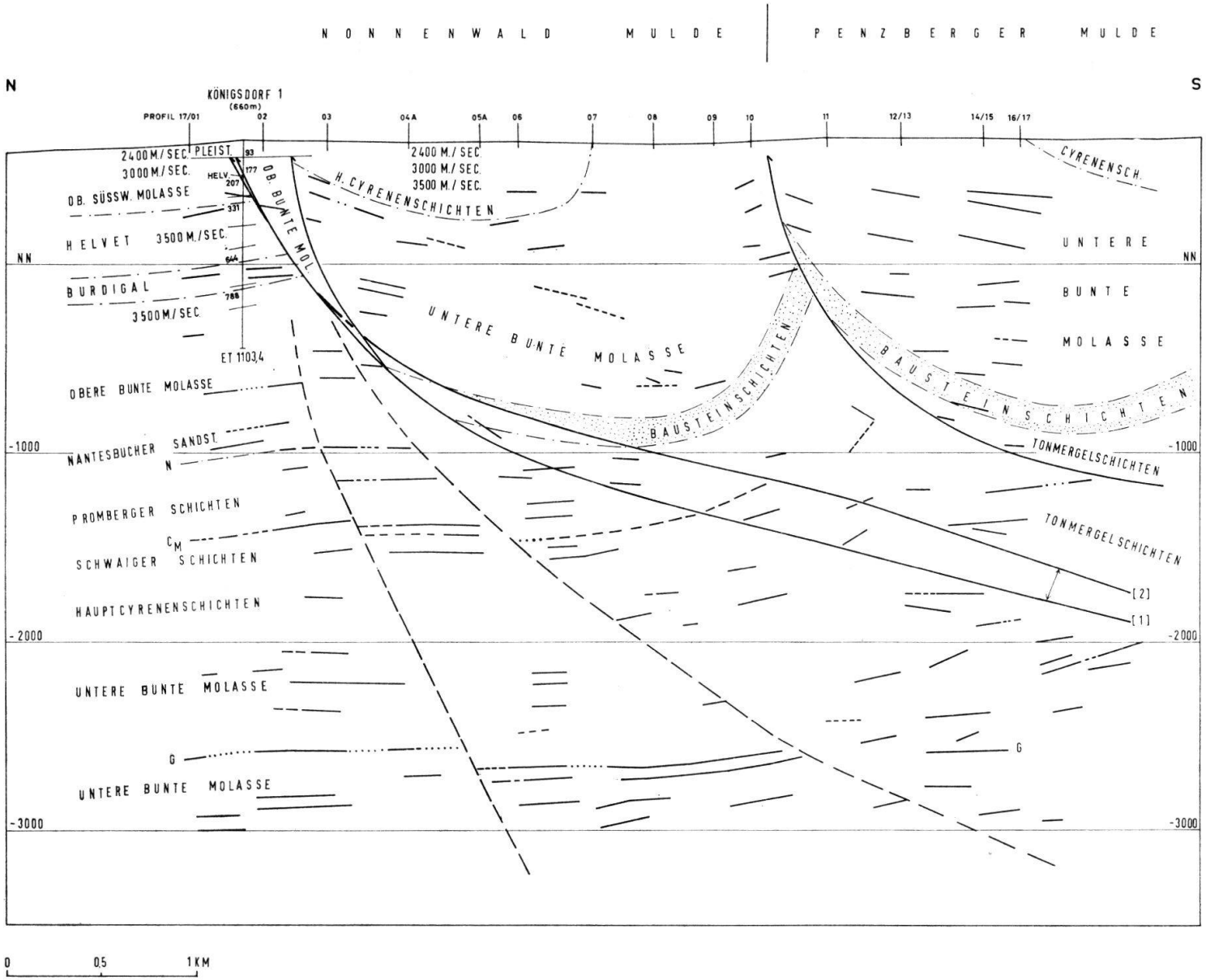

Abb. 6 (Profil 5) Profil durch Königsdorf 1 und angrenzende Subalpine Molasse.

Lage unter der Randüberschiebung aufgerichtet zu fassen. Die von Tölz 1 nur 4,3 km entfernte Sonde Königsdorf 1 zeigte jedoch eine andere Fazies, typische Obere Bunte Molasse und keine Cyrenenschichten.

Die autochthone Molasse zieht schwach ansteigend unter die Mulden. Die Seismik gibt hier unter dem Überschiebungsrand südfallende Abschiebungen an, präburdigale Brüche, wie wir sie schon gesehen haben. Auch hier sind für die Randüberschiebung zwei Deutungen vorhanden, welche sich aber nur geringfügig unterscheiden. Es sind noch die bei der Königsdorf 1 angetroffenen Geschwindigkeiten zu erwähnen: Obere Süßwassermolasse 3000 m/sec; Obere Meeresmolasse und Obere Bunte Molasse 3500 m/sec. In den oberflächennahen Hauptcyrenenschichten der Nonnenwaldmulde sind sie von 2400 auf 3500 m/sec nach unten ansteigend.

Profil 6 (Abb. 7)

Lage: In der Mitte zwischen den Schnitten durch Königsdorf 1 und Königsdorf 2. Die beiden Spezialprofile 4 und 5 sind hier in einen größeren Rahmen gestellt.

Teufenbeurteilung: Die Vorlandmolasse ist wahrscheinlich im N etwas zu heben und im S um etwa 200 bis 300 m zu senken. Die Subalpine Molasse ist etwa um den gleichen Betrag zu senken. Die Horizonte B und M im S sind eher etwas zu heben. Für den G-Horizont ist im S eine örtliche Korrekturmöglichkeit angedeutet.

Strukturbild: Die flache Wölbung im Vorland würde wohl mit richtigen Geschwindigkeiten konstruiert deutlicher werden. Die im Vorland sicher vorhandenen Brüche sind in diesem Schnitt schlecht zu erkennen, da schief geschnittene, nicht eingetragene Querstörungen mit Überschiebungs- und Blattverschiebungscharakter das seismische Bild stören. Es soll nochmals erwähnt werden, daß in der Vorlandmolasse nur die seismischen Leithorizonte und in diesem Fall noch ein Hangendhorizont eingetragen sind. Der Horizont B dürfte wieder etwa dem Top Lithothamnienkalk entsprechen. Außerdem ist ein tiefer Horizont M angedeutet, den ich als Oberkante Kristallin deuten möchte, dazwischen liegt Mesozoikum. Für die Randüberschiebung bestehen wieder zwei Deutungen. Nach anfänglich flacher Überschiebungsbahn folgt eine Versteilung. In der Tiefe ist sie wieder flach bis annähernd horizontal. Die Nonnenwaldmulde stellt sich hier als eine abgequetschte Scholle dar. Die autochthone, basale Molasse zieht wieder unter die abgescherte Molasse sowie unter Helvetikum und Flysch. Zwischen 2000 und 5000 m zeigt sich die Erscheinung des sogenannten «Fächers» (R. Janoschek, 1959), ein Divergieren der Horizonte. Unter den alpinen Dekken läßt sich im allgemeinen keine Abgrenzung mehr zwischen allochthoner und autochthoner Molasse ziehen, weil hier beide eine etwa horizontal bis schwach südfallende Lagerung haben. Bei den Abgrenzungen Molasse/Helvetikum/Flysch folge ich diskordant liegenden Reflexgruppen. Am Ausstrich der Bausteinschichten am Südflügel der Penzberger Mulde läßt sich wieder eine Mindestschubweite von 6 km ablesen.

Profil 7 (Abb. 8)

Lage: N—S-Profil durch die Sonde Tölz 1 und die Kirchbichl-Bohrungen entlang dem rechten Isarufer.

Teufenbeurteilung: Vor der Überschiebung liegen die Schichten etwa teufenrichtig, da Seismik und Bohrprofil in Einklang zu bringen sind. Die Molassemulden sind nicht überprüfbar, vermutlich aber in der Größenordnung richtig.

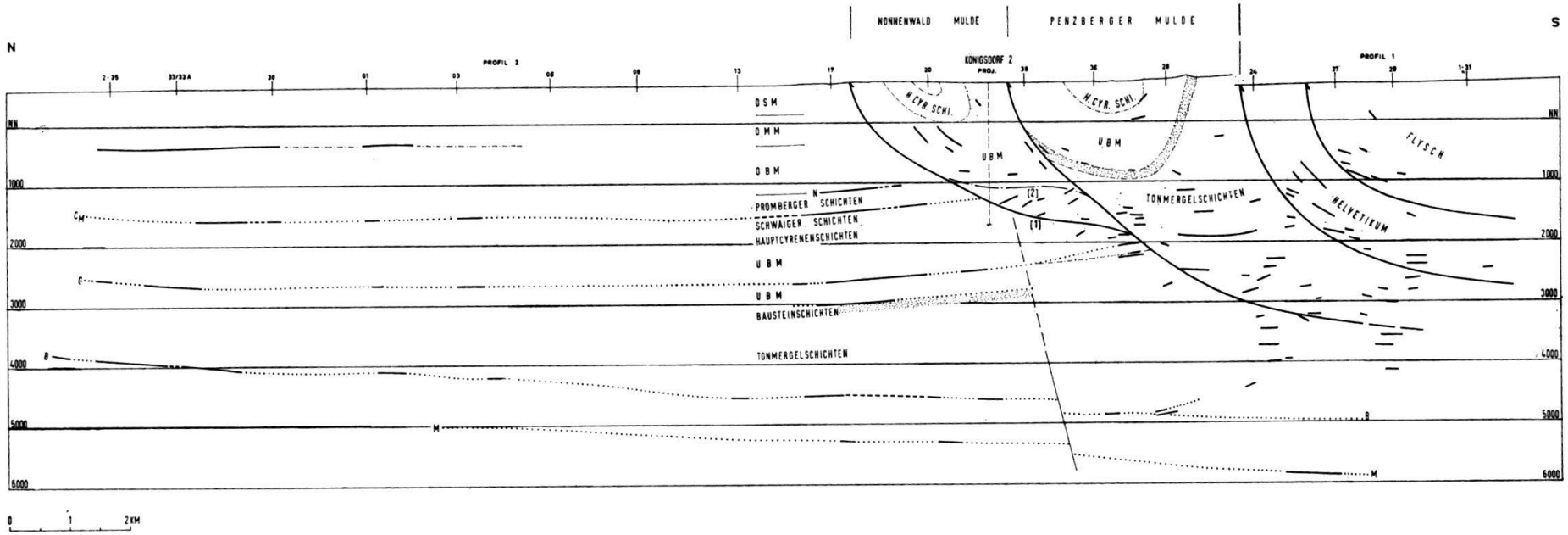

Abb. 7 (Profil 6) Königsdorf — Bad Heilbrunn — Benediktbeuren.

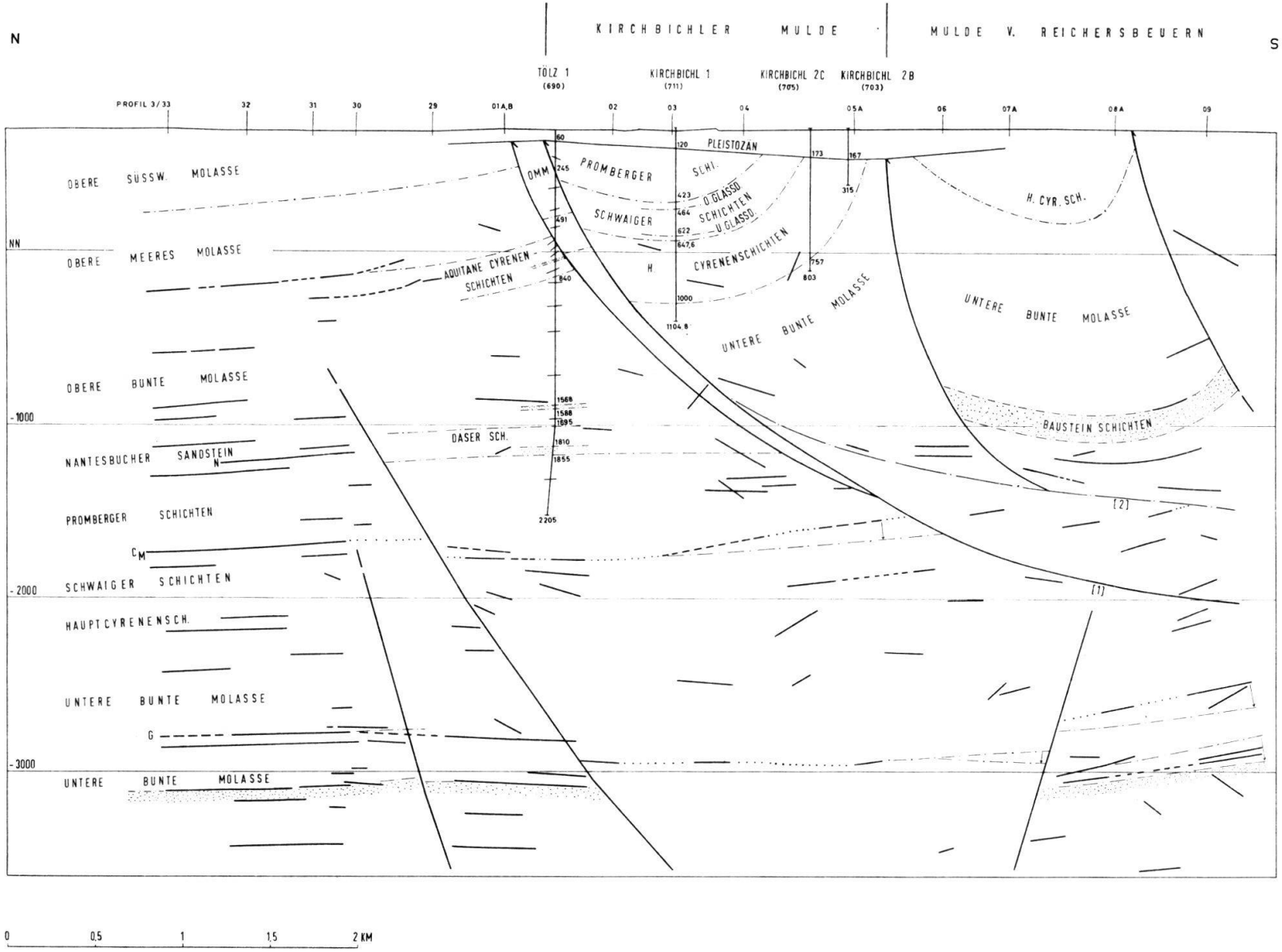

Abb. 8 (Profil 7) Tölz 1 und Kirchbichlbohrungen.

Ergebnis der Tiefbohrungen: Über die Deutung der Stratigraphie der gezeichneten Bohrungen berichtet B. PAULUS (1963). Die *Tölz 1* wurde in der Kirchbichler Mulde angesetzt, durchbohrte in einer gehobenen Randscholle flach N-fallendes Burdigal und aquitane Cyrenenschichten. Mitten in den Cyrenenschichten weist eine Zunahme der Fallwinkel auf eine Störung hin, welche ich als Überschiebung deute. In der Oberen Bunten Molasse verflachen sich die Fallwinkel wieder. Die Sonde hat noch den Nantesbucher Sandstein durchbohrt und verblieb in den Promberger Schichten. Die *Kohlenbohrungen bei Kirchbichl* haben von der gleichnamigen Mulde ein klares Bild einer einfachen Mulde geliefert. Das Strukturbild werde ich beim nächsten Profil besprechen.

Profil 8 (Abb. 9)

Lage: Es enthält das Profil 7 und reicht im Isartal bei Tölz in die Alpen hinein bis zum Rand der Kalkalpen bei Lenggries.

Teufenbeurteilung: In der Subalpinen Molasse sowie in und unter den alpinen Decken nicht überprüfbar; vermutlich ist die Darstellung in der Größenordnung richtig. Die Überschiebungsbahnen von Helvetikum und Flysch können wenige Hunderte von Metern tiefer liegen. Die Vorlandmolasse ist etwa teufenrichtig.

Strukturbild: Unterhalb des Leithorizontes G wurde ein Horizont als Kopf Bausteinschichten gedeutet; B ist wieder Basis der Tonmergelschichten. Das Mesozoikum läßt sich nach unten durch einen Horizont M begrenzen, den ich wieder als Kopf Kristallin anspreche. Vielleicht liegt in dem mächtigen, südlichen mesozoischen Bekken unter der Mariensteiner Mulde noch eine Unterlage von Rotliegendem?

Die autochthone Molasse ist stärker gestört als in anderen Profilen. Für die gezeichneten Zerrungsbrüche liegen genügend Anhaltspunkte vor. Unter der Nordrandüberschiebung sind die Horizonte C und G durch eine Korrektur, die aber nur auf Schätzung beruhen kann, etwas gesenkt worden. Die bruchgestörte autochthone Molasse zieht ohne Zweifel unter die Faltenmulden und noch weiter unter die alpinen Decken hinab. Wie weit dies geht, kann nicht entschieden werden. Unter dem Flysch und dem Helvetikum kann zwischen autochthoner und verschuppter Molasse nicht mehr getrennt werden. Die alten Zerrungsbrüche der autochthonen Molasse sind leider nicht mehr zu erkennen, weil das tektonisch stark gestörte obere Stockwerk die seismische Erkundung der Tiefe schwierig macht. Man muß die Frage stellen, welche Schichten füllen den Raum aus zwischen der liegenden autochthonen Molasse und der Helvetikum-Überschiebung? Ich nehme an, daß wir in erster Linie mächtige Tonmergelschichten und sandiges tiefes Rupel (Deutenhausener Schichten), vielleicht mehrfach verschuppt, finden können, wobei diese Schichten ein Stück aus dem Süden herzuholen sind.

Nach der Einteilung von P. SCHMIDT-THOMÉ (1955) unterscheiden wir die Mulden von Kirchbichl, Reichersbeuern und Marienstein. Die Reichersbeuern-Mulde ist nach der Seismik klar zweigeteilt. Für die Randüberschiebung sind wieder zwei Varianten gezeichnet. Die Geophysiker neigen zur Annahme der flachen Bahn (mit 2 beschriftet), was auch mir wahrscheinlich erscheint. In der Mariensteiner Mulde kommen beiderseits Tonmergelschichten zutage. Für den Ausbiß der Bausteinschichten am Südflügel der Mariensteiner Mulde lesen wir eine Mindestschubweite von 5,5 km in der Horizontalen ab.

P. SCHMIDT-THOMÉ (1955) wollte in den Aufschlüssen südlich Bad Tölz auf Grund von mikropaläontologischen Aussagen von H. C. KNIPSCHEER einen Übergang der Tonmergelschichten des Rupel zu solchen des Latdorf und schließlich zur eozänen

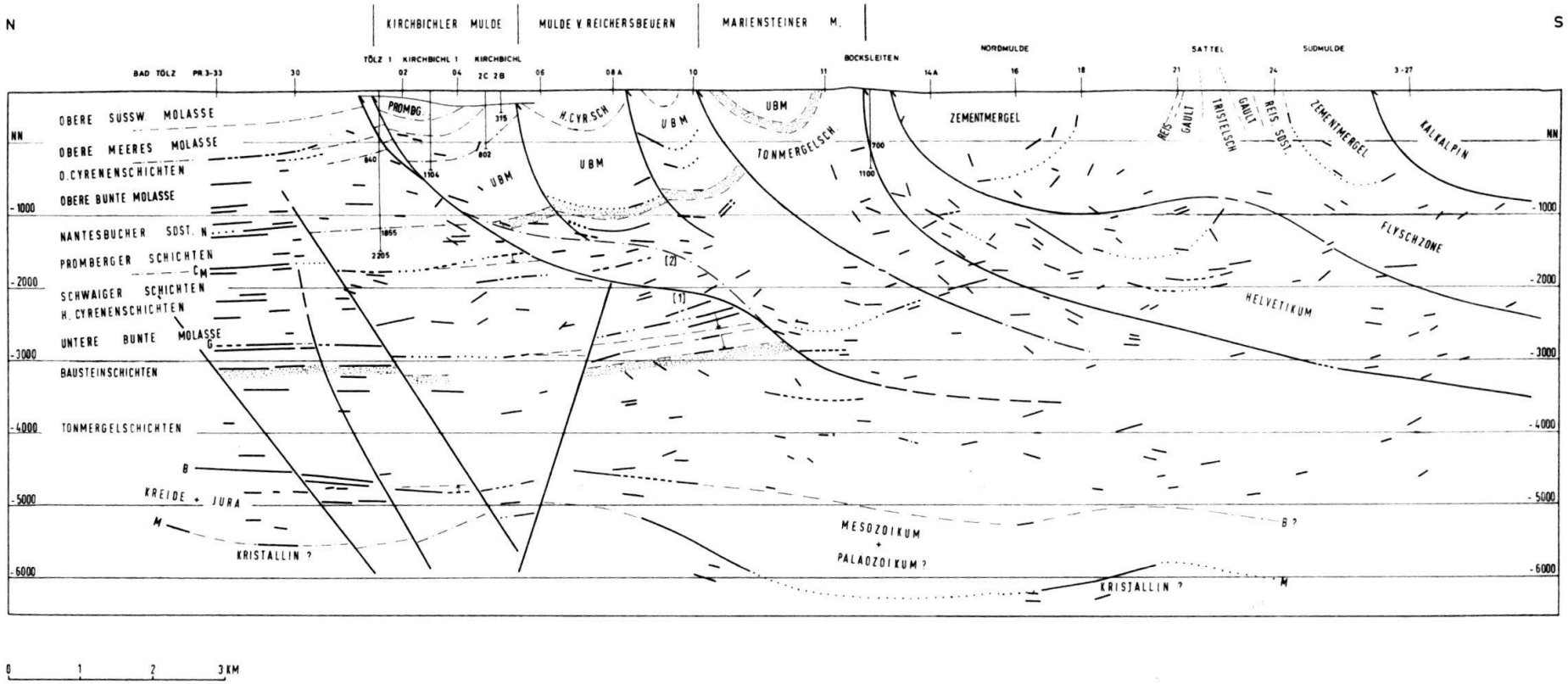

Abb. 9 (Profil 8) Profil an der Isar von Tölz 1 über Bad Tölz nach Lenggries. Oberflächengeologie im Flysch nach M. Richter u. a. (1939)

Stocklettenfazies des Helvetikum sehen. Desgleichen soll die Bohrung Bocksleiten unterhalb 700 m Latdorf haben. Nach H. HAGN (1960) ist letzteres mikrofaunistisch nicht zu beweisen, und bei den genannten Aufschlüssen soll es sich um Molasseoligozän handeln. Nach unseren Vorstellungen sind es hohe Tonmergelschichten des hier mindestens 1200 m mächtigen Rupel. An der Überschiebungsbahn Helvetikum/Molasse hat eine kräftige, weit ausholende Bewegung stattgefunden. Die Schubbahn nähert sich in der Tiefe der Horizontalen. Man kann meiner Ansicht nach von einer Deckenbewegung sprechen. Auch an der Isar ist die sogenannte «Alpenrandstörung» nicht nur eine «Anpressungsfläche» (P. SCHMIDT-THOMÉ 1955, 1957, 1962) und sicher keine «Vertikalstörung» (C. LEBLING 1926). Die Bezeichnung «Alpenrandstörung» sollte man nicht mehr anwenden. Die Überschiebungsbahn Flysch/Helvetikum ist in der Linienführung im einzelnen im seismischen Bild unsicher. Den gezeichneten buckligen Verlauf glaube ich aus der Lage der Reflexe ablesen zu können. Die Oberflächengeologie im Flysch ist der Arbeit von M. RICHTER u. a. (1939) entnommen. Beide Flyschmulden, die Nord- und Südmulde, lassen sich auch in der Seismik erkennen und in die Tiefe verfolgen. Im Bereich des Unterkreidesattels fehlen die Reflexe, eine Folge steiler Lagerung. Durch die neue Deutung des Profils der Bohrung Tölz 1 (B. PAULUS 1963) und unsere von den umliegenden Tiefbohrungen her begründete geologische Deutung der Reflexionsseismik sind die Auffassungen von H. REICH (1958) und P. SCHMIDT-THOMÉ (in H. REICH 1958, Abb. 7) über das Gebiet um Tölz 1 widerlegt. Der tiefste Spiegel bei H. REICH, den er als Grundgebirge deutet, ist unser Spiegel B, welcher dem Lithothamnienkalk der Molassebasis entspricht. Das Kristallin erwarte ich erst beim M-Reflex in etwa 6000 m Teufe.

Profil 9 (Abb. 10)

Lage: Vom Westufer des Tegernsees nach NNW in Richtung Holzkirchen.

Teufenbeurteilung: Die Vorlandmolasse ist etwas zu heben. Die Molassemulden und der G-Horizont liegen etwa richtig, vielleicht ist eine schwache Senkung vorzunehmen. Beim B-Horizont ist letztere vermutlich wieder ausgeglichen, bedingt durch kleinere Geschwindigkeiten der Tonmergelschichten.

Strukturbild: Die Schichten vor der nördlichen Überschiebung liegen wieder ganz flach. Dies ist immer dann der Fall, wenn die aufgerichtete Molasse noch gehoben ist wie hier, wo wir eine *Nordrandscholle* mit aufgerichteter Oberer Süßwassermolasse und Oberer Meeresmolasse vor den Mulden liegen haben. Die Nordrandscholle zeigt aber auch hier schon das Bild einer Molassemulde. In der schmalen *Kirchbichler Mulde* herrscht oben eine steile und überkippte Lagerung; das letztere ist in der Tiefe nicht mehr der Fall. Die *Miesbacher Mulde* ist allem Anschein nach zweigeteilt wie die von Reichersbeuern im vorigen Schnitt. Die Eintragung der Oberkante des Chattsandpaketes erfolgt auf Grund von Mächtigkeitsvorstellungen und des seismischen Bildes. Für die Chattsande ist am Südflügel der Mariensteiner Mulde eine horizontale Mindestschubweite von 10 km abzulesen. Es ist dies wesentlich mehr, als wir weiter im W gesehen haben. Auf der flachen Überschiebungsbahn ist die Subalpine Molasse weiter nach N geschoben worden .

Auch dieses Profil wird so gedeutet, daß Schichten der tiefen Molasse, unten autochthon und oben verschuppt, weit unter Helvetikum und Flysch reichen, wahrscheinlich auch noch ein Stück unter den Nordrand der Kalkalpen. Das geologische Profil am Tegernsee mit den eingetragenen Tiefbohrungen ist der Arbeit von P. SCHMIDT-THOMÉ (1957) entnommen. Wegen Meßschwierigkeiten war es uns hier leider nicht möglich,

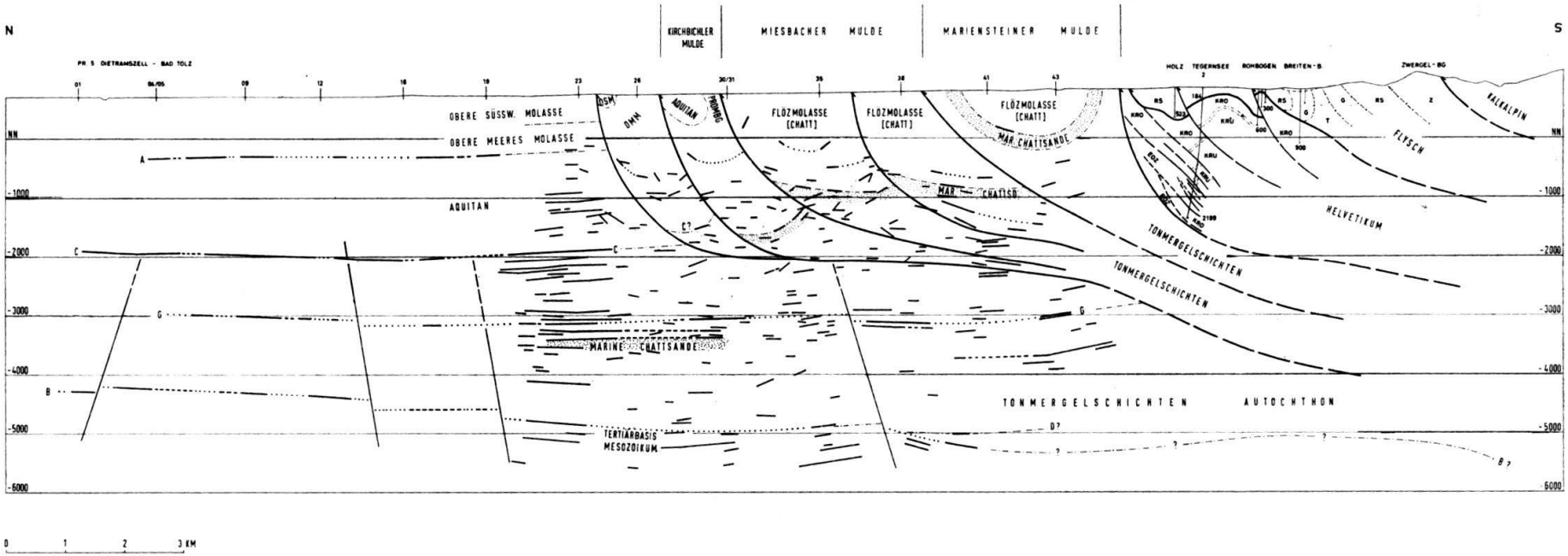

Abb. 10 (Profil 9) Holzkirchen — Tegernsee. Geologischer Schnitt durch Tegernsee 2 nach P. SCHMIDT-THOMÉ (1957).

die Seismik bis zum Rand der Kalkalpen zu führen. Wir haben aber weiter im E wieder derartige Profile. Die für die Tektonik am Alpenrand wichtige Tiefbohrung der Deutschen Erdöl-Aktiengesellschaft, die Bohrung Tegernsee 2, wurde 1937/39 abgeteuft und von den Herren KNAUER, KRAISS, WIONTZEK und STAESCHE (1939) bearbeitet. Die Bohrung hat bei 184 m die Überschiebung Flysch auf Helvetikum durchfahren. Das Helvetikum reicht bis zur Endteufe von 2199 m und ist in 10 Schuppen aufzugliedern. Im Hangendteil ist Ober- und Unterkreide und im Liegenden Oberkreide und Eozän vertreten. Am Tegernsee ist die Überschiebungsbahn Helvetikum/Molasse bis 1000 m unter NN ziemlich steil und wird nach den Erfahrungen unserer benachbarten Profile zu urteilen aber in der Tiefe ebenfalls flach. Auf Grund einer Publikation von J. KNAUER (1940) kam es zu einer Diskussion mit M. RICHTER (1940). J. KNAUER kam zum Schluß, daß die «Alpenrandstörung» keine Überschiebung, sondern nur eine «Anpressung» ist; vielleicht sind Helvetikum mit Flysch unterschoben und bilden eine «Tauchdecke». M. RICHTER führte aus: «die Tegernsee 2 hat mit der Endteufe fast den Nordrand des Helvetikum erreicht (die nördlichsten Schuppen führen wie hier nur Eozän und Oberkreide) und die Molasse liegt knapp darunter. Die Molasse ist nicht ganz abgeschert und liegt noch unter Helvetikum und Flysch.» Nach all unseren Erfahrungen und der Deutung der Seismik hat M. RICHTER die Sache richtig gesehen.

Profil 10 (Abb. 11)

Lage: Bei Miesbach. Die beiden zusammengezeichneten Profile Bad Aibling 32 und 6 sind in der Natur W—E versetzt.

Teufenbeurteilung: Man hat den Eindruck, daß die Teufen in großen Zügen der Wirklichkeit entsprechen. Bei einer Geschwindigkeitskorrektur dürfte die Vorlandmolasse etwas flacher zur Nordrandüberschiebung ansteigen, wie es im C-Horizont angedeutet ist. Die Chatt-Sandsteine werden unter der Haushamer Mulde vermutlich etwas mehr horizontal verlaufen, und der B-Horizont dürfte wohl ein schwaches Südfallen erhalten.

Strukturbild: Die Schichten zeigen am Überschiebungsrand eine schwache Aufrichtung. Die Steigerung derselben im Aquitan und Chatt kann ein Geschwindigkeitseffekt sein; daher habe ich den C-Horizont im S gesenkt. Ich glaube so, dem wahren Wert näher zu kommen. Man sieht hier wieder, daß die Vorlandmolasse mit Sicherheit unter die Faltenmulden in großer Mächtigkeit hinunterzieht.

Subalpine Molasse: Das seismische Bild spricht meiner Ansicht nach auch hier dafür, die aufgerichtete Obere Meeresmolasse einer herausgehobenen *Randscholle* zuzuweisen. Stark herausgehoben sind das überkippte tiefe Aquitan und die Promberger Schichten. Diesen Schub kann man ermessen, wenn man bedenkt, daß hier der C-Horizont ausstreichen muß, was eine Hebung dieser *Randschuppe* um über 2000 m bedeutet. An den Grenzen der beiden Randschollen haben sich die Hauptbewegungen der Subalpinen Molasse vollzogen. Die ziemlich breite *Miesbacher Mulde* zeigt dagegen das ruhige Lagerungsbild einer flachen Schüssel. Die Abgrenzung der marinen Chattsandsteine ist auf Grund von Mächtigkeitsüberlegungen erfolgt. Die noch höher herausgehobene *Haushamer Mulde* läßt sich am Nordrand gut abgrenzen. Die Helvetikumüberschiebung wurde hier von der Seismik nicht mehr gefaßt.

Zu den Profilen 12 und 13 bei O. GANSS (1955) ist zu sagen, daß zwischen Miesbacher und Haushamer Mulde kein normaler Sattel, sondern eine starke Aufschiebung der Haushamer Mulde vorhanden ist.

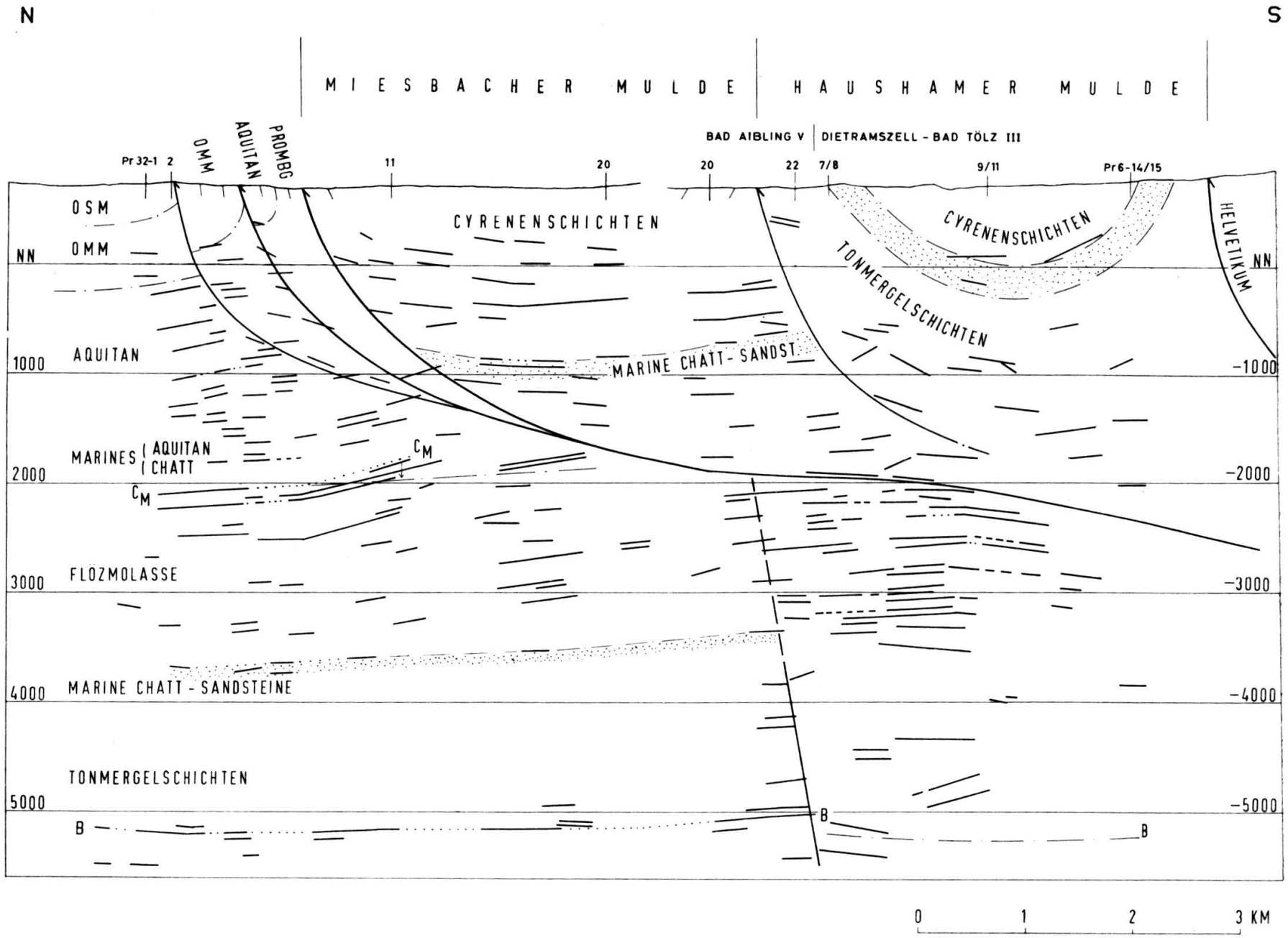

Abb. 11 (Profil 10) Subalpine Molasse bei Miesbach.

Profil 11 (Abb. 12)

Lage: Von Hundham an der Leitzach nach N. Die Südhälfte des Profils enthält alle nachgewiesenen Reflexe.

Teufenbeurteilung: Um etwa richtige Teufenverhältnisse zu erhalten, ist die ganze Vorlandmolasse in Anlehnung an die Tiefbohrung Höhenrain 1 korrigiert worden. Die Schubmassen im S sind mit der Geschwindigkeit von Murnau konstruiert. Diese trifft die Verhältnisse auch hier noch etwa richtig, wie beim Vergleich mit dem nächsten Schnitt gezeigt werden kann, der durch die Tiefbohrung Feilnbach 1 fixiert ist. Da die Tonmergelschichten nach dem Ergebnis der Versenkmessung in Feilnbach 1 relativ geringe Geschwindigkeiten haben, sind die Tertiärbasis B und der Horizont M wahrscheinlich etwas zu heben.

Strukturbild: Die Horizonte A und C zeigen eine schwache Wölbung und an der Nordrandüberschiebung eine ganz flache Aufbiegung. Der Horizont G ist mehr ausgeglichen, und B hat wie überall deutliches Südfallen. Im Norden sind zwei antithetische Brüche gesichert, welche in C nicht mehr vorhanden, in G jedoch wahrscheinlich sind. Im S ist ein synthetischer Bruch angedeutet; wahrscheinlich sind weiter südlich noch mehr Brüche vorhanden, jedoch nicht mehr zu fassen. Als untere Begrenzung der im wesentlichen dem Mesozoikum zugeschriebenen Reflexionszone wurde die Linie M gezeichnet, welche ich auch hier als Kopf Kristallin deute.

Die Aufrichtung umfaßt auch die Obere Süßwassermolasse und führt bis zur überkippten Lagerung. Sie erfolgt plötzlich und umfaßt nur einen schmalen Streifen, der zudem noch als *Randscholle* überschoben ist. Nach der Randscholle kommt ein schmaler, tiefer Keil mit stark gestörtem, marinem, tiefem Aquitan und hohem Chatt (s. das Bleichgrabenprofil von B. Paulus, 1963). Diesen Keil bezeichne ich als *Randschuppe.* Die *Mulde von Au* ist nach dem Profil 15 von O. Ganss (1955) mehrfach verschuppt, während die *Haushamer Mulde* wieder breiter geformt ist und eine Schüssel mit steilem Südflügel darstellt. Die steilen Südflügel sind, wie wir gesehen haben, typisch für alle Molassemulden. Die Überschiebungsbahn zum *Helvetikum* ist in diesem Profil durch die divergierenden Reflexe gut gekennzeichnet. Ich komme hier zu der gleichen Form der Helvetikum-Überschiebung in der Seismik, wie sie im Tegernseeprofil auf Grund der Geologie zu zeichnen ist. Alle Schubbahnen verflachen in der Tiefe. Wie in den Profilen 9 und 10, hat man auch in diesem die Vorstellung, daß ein beachtliches Paket autochthoner Molasse flach gelagert unter die Subalpine Molasse und unter die alpinen Decken hinunterzieht. Die Subalpine Molasse nimmt einen stark nordvergenten Schuppen- bzw. Gleitbretterbau an. Die horizontale Schubweite der marinen Chattsandsteine am Südflügel der Haushamer Mulde erreicht wie beim Schnitt 9 etwa den Wert von 10 km. O. Ganss (1955) hat im Bereich der Randschuppe eine Antiklinale gezeichnet, was nicht mehr möglich ist.

Profil 12 (Abb. 13)

Lage: Geologisches Profil durch die Tiefbohrung Feilnbach 1 mit Verwendung von Oberflächenaufschlüssen, Kohlebohrungen und Bergbauaufschlüssen, ergänzt durch die Deutung der Seismik im benachbarten Profil 11.

Bei Feilnbach beginnt bereits das Seetonbecken südlich Rosenheim im Bereich des Inntales. Durch die Eigenschaften des Seetons und die Moorbedeckung wird die Seis-

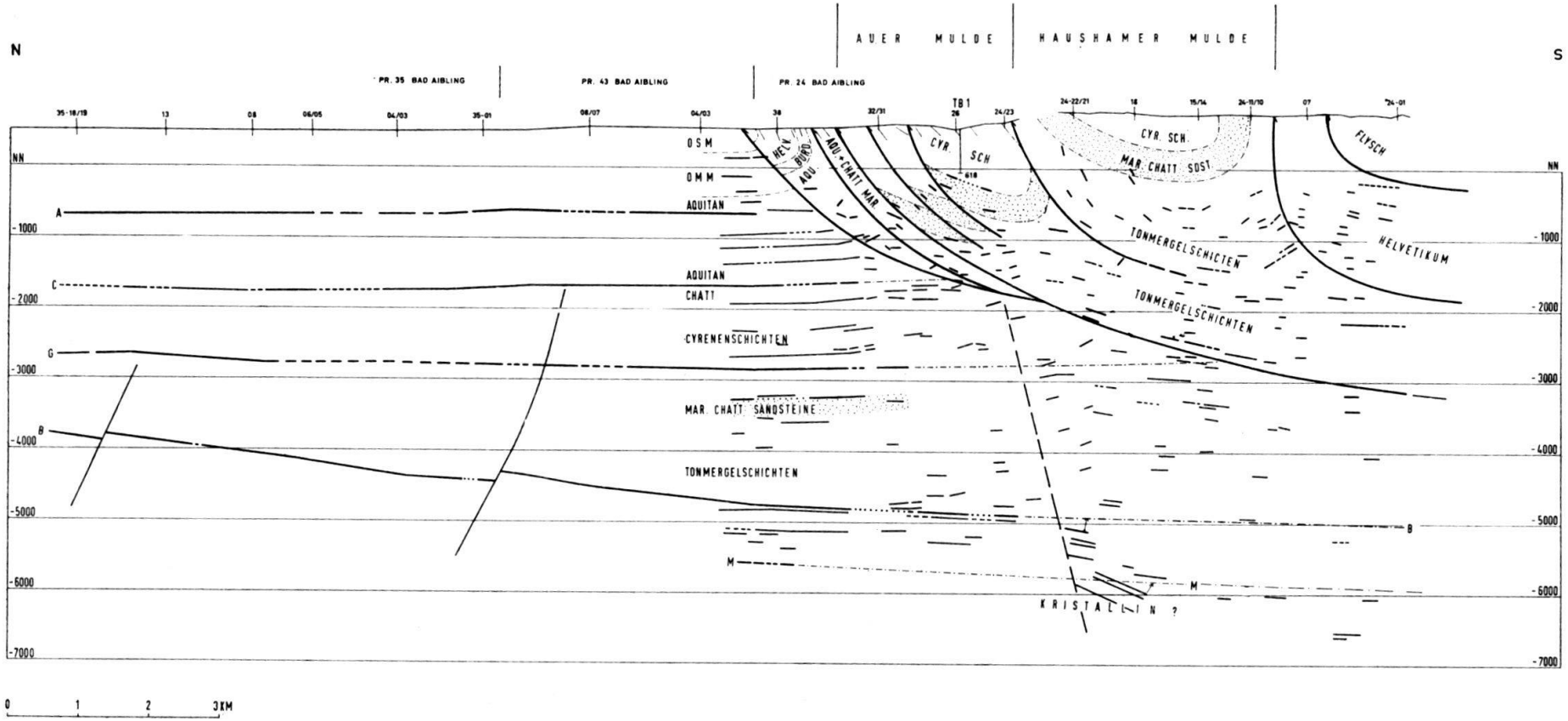

Abb. 12 (Profil 11) Hundham (Leitzach) — Dettendorf — Högling.

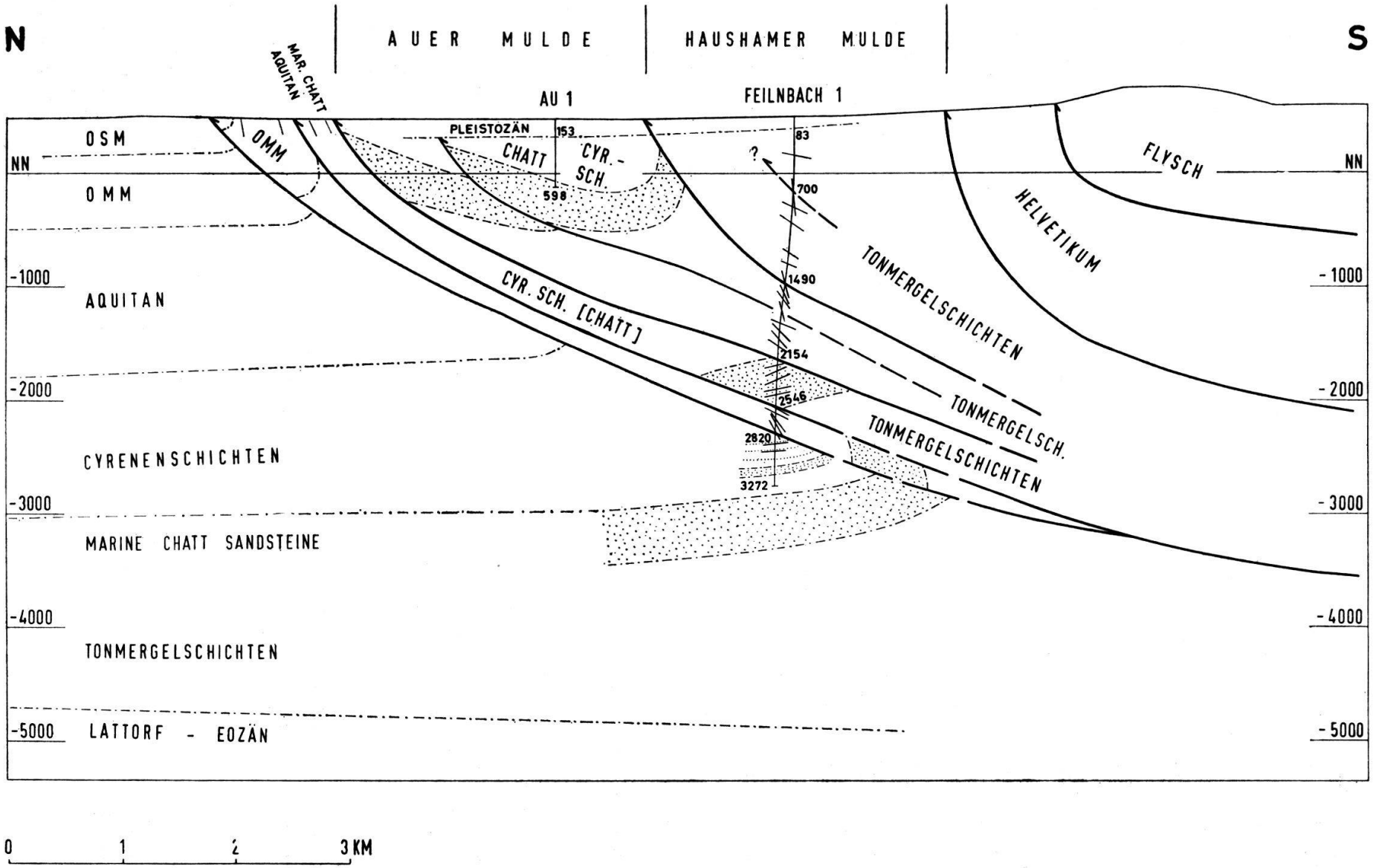

Abb. 13 (Profil 12) Geologischer Schnitt durch die Tiefbohrung Feilnbach 1.

mik von hier bis ins Chiemseegebiet hinein sehr erschwert. Trotz aller Versuche ist es bei mächtigem Seeton nicht möglich, eine brauchbare Reflexionsseismik zu erhalten. Daher besitzen wir noch kein befriedigendes seismisches Profil in der Nähe der Feilnbach 1. Für die Auswertung der Tiefenseismik in dieser Gegend war eine seismische Kartierung des Seetonbeckens notwendig. Dies wurde mit Refraktionslinien, durch die Auswertung der Ersteinsätze der Reflexionsschüsse und mit Reflexionen erzielt, die von der Seetonbasis kommen. Es konnte so das Seetonbecken bei Rosenheim in seiner Umgrenzung und Tiefe relativ genau erfaßt werden. Die Basis des Seetons reicht dort bis zu 300 m unter die Erdoberfläche.

Strukturbild: Beide Mulden sind stärker gehoben als im vorigen Schnitt. Die Haushamer Mulde ist nur noch in dem von Tonmergelschichten gebildeten Muldenabschluß gefaßt. Die *Tiefbohrung Feilnbach 1* ist bis 2154 m in Tonmergelschichten des Rupel verblieben. Die Tonmergelschichten enthalten eine unterschiedlich reiche marine Mikrofauna. B. Paulus (1963) konnte im Bereich 83 m bis 1450 m drei Faunenbereiche ausscheiden, was darauf hinweist, daß hier keine größere Schichtrepetition vorliegt. Bis 2154 m ist das Bild nicht ganz klar, es können Wiederholungen des Hangenden in kleinerem Ausmaß möglich sein. Die eingehende Bearbeitung ist noch nicht abgeschlossen. Aus den elektrischen Diagrammen ist ebenfalls keine gesicherte Wiederholung von Schichtpaketen abzulesen. Die eintönige Folge der Tonmergelschichten läßt bis jetzt auch noch keine petrographische Gliederungsmöglichkeit zu. Es sind also keine größeren Schichtwiederholungen zu erkennen. Trotzdem können aber an Überschiebungen Lücken entstehen, welche bei der zu erwartenden großen Mächtigkeit der Tonmergelschichten möglich sind. Die mit 2071 m erbohrten Tonmergelschichten haben eine wahre Mächtigkeit von ca. 1750 m. Nach den Stratamessungen im Bohrloch und nach Kernbeobachtungen läßt sich aber eine tektonische Aufgliederung im Rupel vornehmen. Von 83 m bis 1490 m herrschen flache bis mittlere Fallwerte nach S. Der Kern bei 700 m zeigt abweichend davon 80 ° Fallen, was vielleicht auf eine Störung hinweist. Von 1490 m bis 2154 m herrschen mittlere südfallende Werte. Bei 1650 m wurden 70 ° und bei 2154 m eine kräftige Überschiebung erreicht. Von 2154 m bis 2546 m liegen die Chatt-Sandsteine (früher Bausteinschichten), die nach der Stratamessung eindeutig 10—20 ° nach N bzw. NW fallen. Die Cyrenenschichten des Chatt bis 2820 m fallen wieder mit 10—30 ° oben und 50—70 ° unten nach S und liegen demnach überkippt. Bis zur Endteufe 3272 m folgen ungestörte Cyrenenschichten der autochthonen Molasse mit einem Fallen von 10 bis 25 ° nach NNW bis NW. Meine tektonische Deutung des Profils ist folgende: Die Tonmergelschichten gehören zu den beiden zutage anstehenden Mulden, wobei die Muldengrenze etwa bei 1490 m liegen kann. Man kann aber auch die Deutung von B. Paulus (1963) übernehmen, welcher auf Grund der Faunenhorizonte das ganze Rupelpaket in die Haushamer Mulde stellt. Nach dieser Deutung ist die Auermulde in der Tiefe abgeschert. Das marine Chatt-Sandsteinpaket gehört in die Randschuppe, welche mit Schichten der Aquitan/Chatt-Grenze im Bleichgraben zutage tritt. Die hangenden Cyrenenschichten liegen überkippt in der Randscholle, und der basale Anteil gehört zur leicht aufgerichteten autochthonen Molasse. Die marinen Chatt-Sandsteine wurden im Autochthon nicht erreicht, da die Sonde aus technischen Gründen eingestellt werden mußte. Die erbohrten Chatt-Sandsteine sind nach Untersuchungen von O. Hering (interner Bericht 1960) Kalk- und Dolomitfeinsandsteine (bestehend aus feinstkörnigen detritischen Karbonatteilchen und Quarzen) mit vorwiegend dolomitischem Bindemittel und sind praktisch dicht. Die Kalksandsteine der Cyrenenschichten haben nur geringe Porositäten. Gasspuren traten im Rupel und in den Cyrenenschichten auf. Bei der Endteufe kam es zu einem Wasser- und Gaszufluß

unter erhöhtem Druck aus den Cyrenenschichten. Für die Deutung der Seismik ist noch die Versenkmessung von Interesse, welche für das Rupel eine ansteigende Geschwindigkeit von 3000 auf 3800 m/sec zeigt, während die Chatt-Sandsteine infolge des hohen Karbonatgehaltes sogar eine solche von 500 m/sec aufweisen.

Profil 13 (Abb. 14)

Lage: Westlich vom Chiemsee, zwischen Endorf im N und Frasdorf im S. Es enthält von der Subalpinen Molasse das Prienprofil und ist eines der wenigen Profile im ganzen Chiemseegebiet, das nicht durch Moorbedeckung und Seeton wesentlich gestört ist.

Teufenbeurteilung: Die Reflexe in dem Schnitt sind nach einer Geschwindigkeitskurve aufgetragen, die im nördlichen Vorland gültig ist. Die geologischen Grenzen habe ich nach der Tiefbohrung Endorf 1 ausgerichtet. Die vorgenommene Tiefenkorrektur ist jeweils mit Pfeilen angegeben. Im Süden ist die Tertiärbasis gleichermaßen korrigiert, während ich bei der Abgrenzung der alpinen Decken und beim Schuppenkörper dies unterlassen habe, damit die Darstellung klar bleibt. Eine Senkung der letzteren um durchschnittlich 400 m dürfte der Wirklichkeit nahe kommen.

Strukturbild: Östlich vom Inn zeigt die südliche Vorlandmolasse ein ganz anderes Strukturbild als im W. Nach den neuen Untersuchungen beginnt hier die Aufrichtungszone sich weit ins Vorland hinaus auszuwirken. Die Molassemulden sind praktisch verschwunden, ein Rest davon ist die Bernauer Mulde, welche in unserem Schnitt an ihrem Westende noch gefaßt worden ist. Die von O. Ganss (1955) kartierte Frasdorfer Mulde mußte gestrichen werden (G. W. Hofmann, 1962). Die *Tiefbohrung Endorf 1* ist aus 3 km Entfernung im Streichen in das Profil hereinprojiziert. Wir können daher beim Vergleich mit dem durch Endorf laufenden Profil die Seismik gut deuten. Die anstehende Obere Meeresmolasse mit Helvet und Burdigal reicht bis zum seismischen Horizont A. Die Oberkante Aquitan zeigt nach N ein Abkippen zu einem Becken mit mächtiger Oberer Meeresmolasse. Der Leithorizont A entspricht dem Kopf des in der Endorf 1 mit 52 m Mächtigkeit erbohrten Fischschiefers, der auf Grund der Mikrofauna von B. Paulus (1963) noch ins Aquitan gestellt wird. Darunter liegt eine 291 m dicke Folge mit einer Häufung von porösen Sandsteinen mit Tonmergelzwischenlagen. Die oberaquitanen Fischschiefer mitsamt der sandigen Folge füllen das im seismischen Bild linsenförmig erscheinende Schichtpaket aus. Wir erkennen eine lokale Kippung und ein Ausdünnen dieser Schichtfolge nach N und S. In anderen seismischen Profilen sind die tiefen Reflexe dieses Bündels am untersten Spiegel sogar auskeilend gelagert. Wir können also von einer Diskordanzfläche sprechen. Eine solche wird im nördlichen Vorland an die Basis des Burdigal gelegt. Im Zwischengebiet fehlen aber noch Tiefbohrungen, so daß eine Verknüpfung noch erschwert ist. Die Seismik hat den C-Horizont aus dem Gebiet westlich vom Inn herübergeführt. Er liegt im Bereich der Grenze Aquitan/Chatt. Die Tonmergel an der Aquitan/Chatt-Grenze kommen etwa zwischen die beiden Reflexionshorizonte zu liegen. Im Chatt und Rupel sehen wir gegenüber den Profilen westlich vom Inn eine Verarmung an Reflexen. Dies entspricht der starken Vertonung der marinen Schichtfolge in diesem Raum. Im allgemeinen läßt sich zwischen Inn und Traun noch die Oberkante der Chattsandserie seismisch gut verfolgen, die als etwa gleichaltrig angesehen werden kann. Die Mächtigkeit des Sandpakets schwankt jedoch stark, so daß die Liegendgrenze bestimmt nicht altersgleich ist. Die Schichtfolge der Molassebasis ist wie im Westen überall gut zu verfolgen. Obwohl Endorf 1 dieselbe nicht erreicht

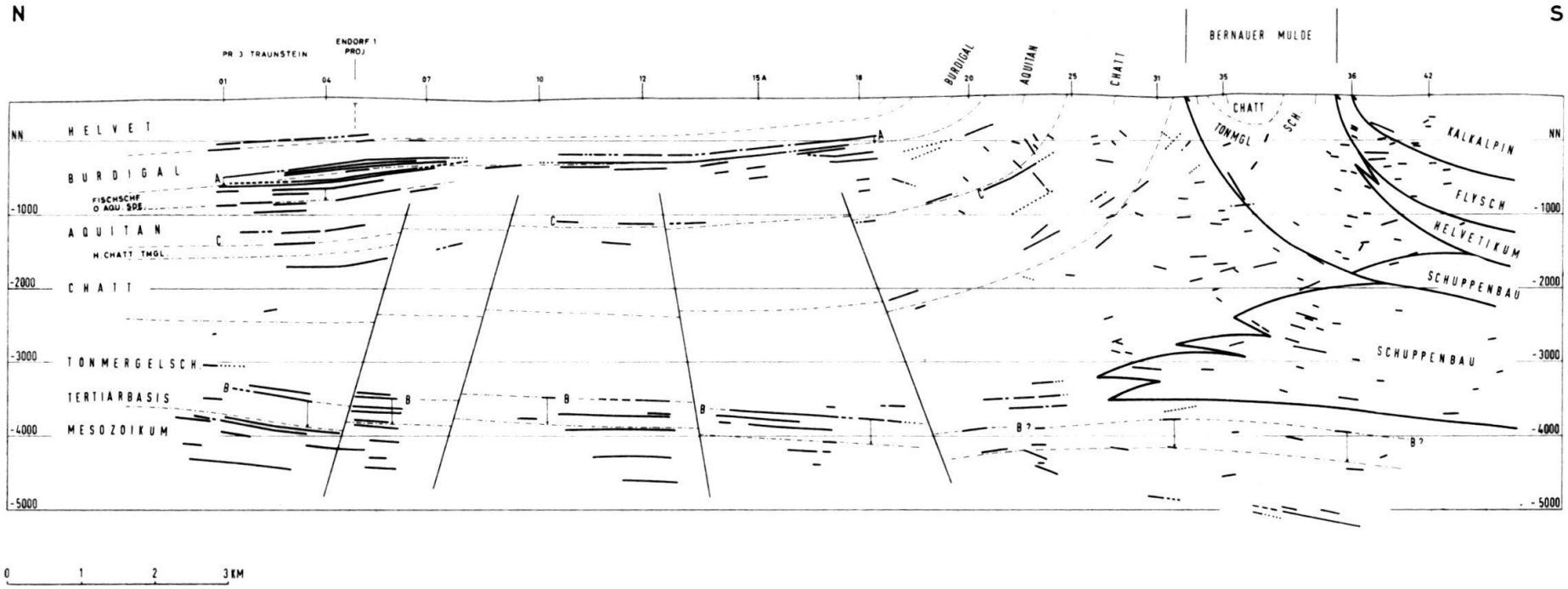

Abb. 14 (Profil 13) Endorf — Frasdorf.
O. Aqu. Sde. = Oberaquitane Sande. H. Chatt/Tmgl. = Hangende Chatt-Tonmergel.

hat, ist es wahrscheinlich, daß der B-Horizont hier der Tertiärbasis, also nicht der Rupelbasis entspricht, weil es mir im Traungebiet gelungen ist, eine seismische Verknüpfung mit der Tiefbohrung Mauerham 1 herzustellen und das Chiemseegebiet mit dem Traungebiet durch Bildvergleich verbunden ist. Das etwa 1000 m mächtige Schichtpaket unterhalb B spreche ich als Mesozoikum an.

Überblicken wir noch die Mächtigkeitsverhältnisse. Die Obere Meeresmolasse hat die größte Dicke im N; die Maximalwerte liegen noch nördlich vom Profilende. Im Aquitan und tiefer erfolgt eine Verlagerung des Maximums nach S in den Bereich des Ausstreichens. Im Chatt und im Rupel ist dies besonders stark: Das Chatt wächst von ca. 1000 m im N auf ca. 1400 m im S, und die Tonmergelschichten mit Tertiärbasis verändern sich von ca. 1000 m auf über 2000 m im Bereich des Schnittes.

Die Beckenfüllung zeigt eine Zerrungstektonik mit antithetischen Brüchen im N und mehr synthetischen Brüchen im S, was im ganzen Raum östlich vom Inn zu beobachten ist. Die Brüche reichen nach oben bis ins Aquitan und dürften daher wie im Westen in der Hauptsache im oberen Chatt und im älteren Aquitan lebendig gewesen sein. Ihre Anlage selbst kann aber schon im Rupel erfolgt sein.

In der *Aufrichtungszone* sind die nach S größer werdenden Fallwinkel der Oberflächenausbisse in der Zeichnung angedeutet. In der *Bernauer Mulde* liegt noch tiefes Chatt. Den Nordrand der Bernauer Mulde bildet eine Überschiebung, welche einen Sattel der Tonmergelschichten durchreißt. Die Aufrichtungszone wurde bisher als ruhig gebaute, tektonisch gering beanspruchte Molasse angesprochen. Die Schichten wurden durch den Anschub der alpinen Decken nur aufgebogen. Diese Vorstellung gewinnt man an der Oberfläche. In Wirklichkeit benötigt aber das Aufbiegen und Herausheben einer vielleicht über 10 km breiten Zone und eines im S etwa 4 km dicken Schichtpaketes weit mehr Schubkraft, insbesondere mehr tiefschürfende Kräfte, als für die Erzeugung der Molassemulden und der Gleitbrettektonik in dem besprochenen Abschnitt zwischen Lech und Inn notwendig war. Haben wir den Baustil des «Fächers» — oder auch «Keil» genannt — bisher nur in größeren Tiefen gesehen, so erkennen wir hier in der Aufrichtungszone einen ganz gewaltigen Fächer. Die Hangendschichten sind stark aufgebogen, an der Traun bis zur Saigerstellung. Basale Molasse mitsamt mesozoischer Unterlage sinken davon unberührt alpenwärts in die Tiefe. Wenn ich das Rupel auch mit kräftig zunehmender Schichtdicke heraufziehe, bleibt immer noch ein Vakuum von über 2 km Dicke, das auszufüllen ist. Es ist dies der Raum, in dem im Schnitt «Schuppenbau» steht und dessen Abgrenzung nicht einfach ist.

In die Diskussion über dieses exotische Gebilde treten wir jedoch zweckmäßig erst nach der Besprechung der nächsten beiden Schnitte ein. Hier ist noch zu erwähnen, daß die Molassebasis wahrscheinlich ungestört von der jungen Tektonik unter die Schubmassen hinunterzieht. Die Kalkalpen stoßen in diesem Schnitt nahe an den Molassesüdrand heran. Flysch und Helvetikum beißen am Nordrand nur noch in geringmächtigen Schuppen aus.

Profil 14 (Abb. 15)

Lage: N-S-Profil auf der linken Seite der Traun. Es entspricht dem viel zitierten Traunprofil, liegt aber 1 bis 1,5 km westlich vom Fluß.

Teufenbeurteilung: Es gilt dasselbe wie im Profil 13. Die Korrektur der autochthonen Molasse erfolgte — wie schon erwähnt — durch die Verknüpfung mit der Tiefbohrung Mauerham 1. Der Decken- und Schuppenbau im S ist nicht korrigiert.

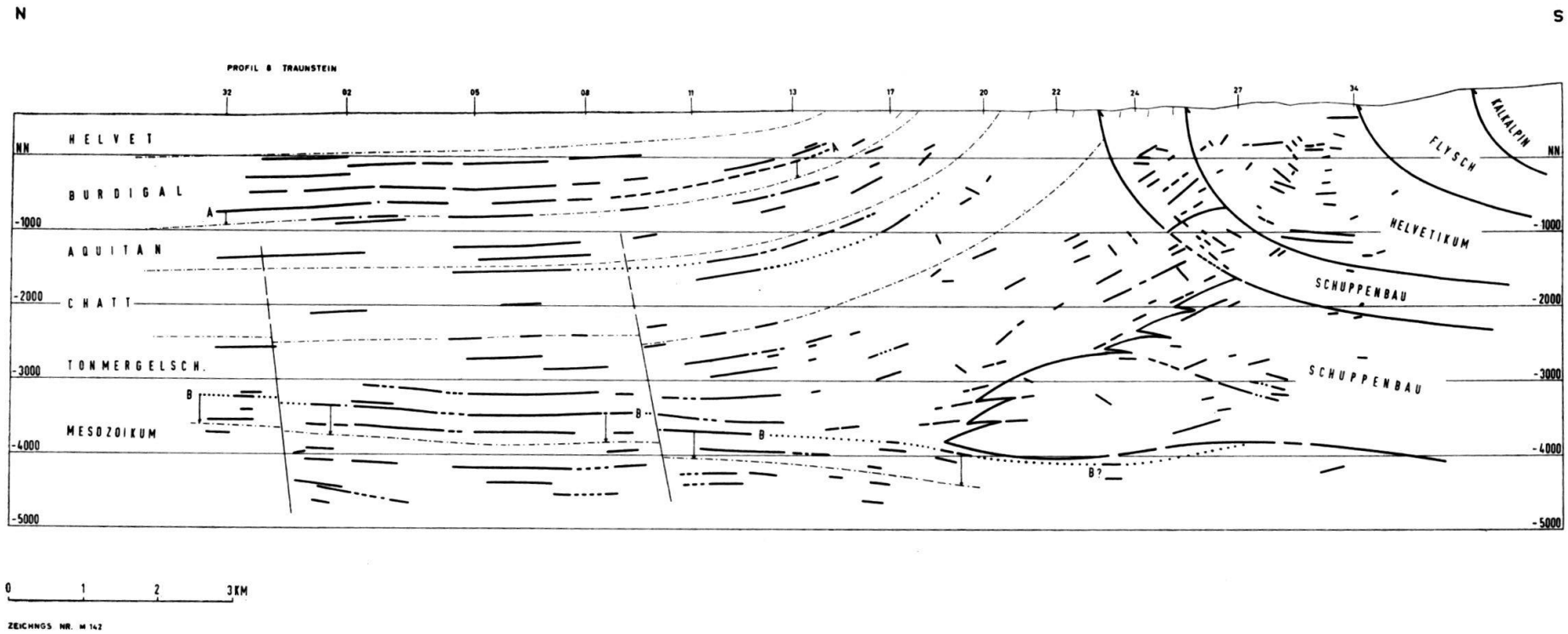

Abb. 15 (Profil 14) Profil entlang der linken Seite der Traun.

Strukturbild: Es gilt hier weitgehend das schon beim vorigen Profil Gesagte. Es soll nochmals die Zunahme der Schichtmächtigkeiten nach S beleuchtet werden; Chatt von 900 m auf ca. 1200 m; Tonmergelschichten von ca. 1000 m auf über 2000 m. Nach meiner Deutung tritt das Chatt im Traunprofil nicht vollständig zutage, es fehlt ein basaler Teil, desgleichen der obere Teil des Rupel. Die Rupel/Chatt-Grenze im Schnitt 14 ist wahrscheinlich eine Überschiebung; das aufgerichtete Rupel ist herausgehoben. Die Überschiebung halte ich für notwendig, da sich einerseits für das Chatt in diesem Raum bei der Verfolgung der Seismik eine größere Mächtigkeit ergibt und andererseits das seismische Bild besser zu deuten ist. Die Bernauer Mulde hebt mit dem Chatt vom Osterbuchberg noch nicht aus. Sie reicht innerhalb des anstehenden Rupelstreifens weiter nach Osten bis Bergen, was mit zwei hier nicht beigelegten seismischen Profilen zu belegen ist. (Der Ostrand der Bernauer Mulde zeigt dort S-Fallen, das Rupel im Traungebiet steiles N-Fallen.) Im Profil 14 sind besonders zu beachten die Aufrichtung im Rupel, die unregelmäßige Lagerung im Schuppenkörper, das gehobene Hangende des Schuppenkörpers mit S-Fallen, ein Reflexionsspiegel, der als Überschiebungsbahn gedeutet werden kann, und eine Divergenz der Reflexe an der Überschiebung zum Helvetikum. Der Flysch und die Kalkalpen sind in diesem Profil seismisch leider nicht mehr gefaßt; wir sehen den Flysch wieder im nächsten Schnitt. Das Helvetikum kann man in diesem Schnitt auch etwas mächtiger zeichnen.

Profil 15 (Abb. 16)

Der Schnitt 15 zeigt nochmals das Traunprofil (Profil 14, Abb. 15) in kleinerem Maßstab und ergänzt. Es wurde noch die vermutliche Lage der Kristallinoberkante eingezeichnet.

Profil 16 (Abb. 17)

Lage: Östlich Traunstein, von Wonneberg im N nach S ins Tal der Roten Traun.
Teufenbeurteilung: Wie beim Profil 14.
Strukturlage: Die Aufrichtung der Molasse wird geringer. Vor dem Helvetikum tritt nur noch Aquitan zutage. Noch weiter im E ist es Burdigal, womit wir die Verhältnisse in Salzburg und Oberösterreich erreicht haben (F. Aberer 1962, R. H. Janoschek 1959, 1961). Der Schuppenbau bleibt in größerer Tiefe. Zu beachten ist der Gegensatz im seismischen Bild zwischen dem aufgerichteten Rupel und dem unregelmäßigen Bild im Schuppenkörper mit weniger Reflexen. Die Überschiebung des Helvetikum kommt klar zum Ausdruck. Das Helvetikum ist wahrscheinlich verschuppt, d. h. wie in Tegernsee tektonisch aufgestappelt und daher mächtig. Auch für den Verlauf der Flyschüberschiebung lassen sich Hinweise finden.

Diskussion der «Schuppenkörper»

Nachdem wir drei Profile durch die Aufrichtungszone mit der extremen Entwicklung des «Fächers» gesehen haben, müssen wir auf die Diskussion des Fächers eingehen. Wir können unmöglich das Rupel nach S noch wesentlich mehr anschwellen lassen, als es in den Profilen schon geschehen ist. Eine plötzliche starke Mächtigkeitszunahme im basalen Tertiär, angefangen vom Bändermergel des Rupel, zum Latdorf

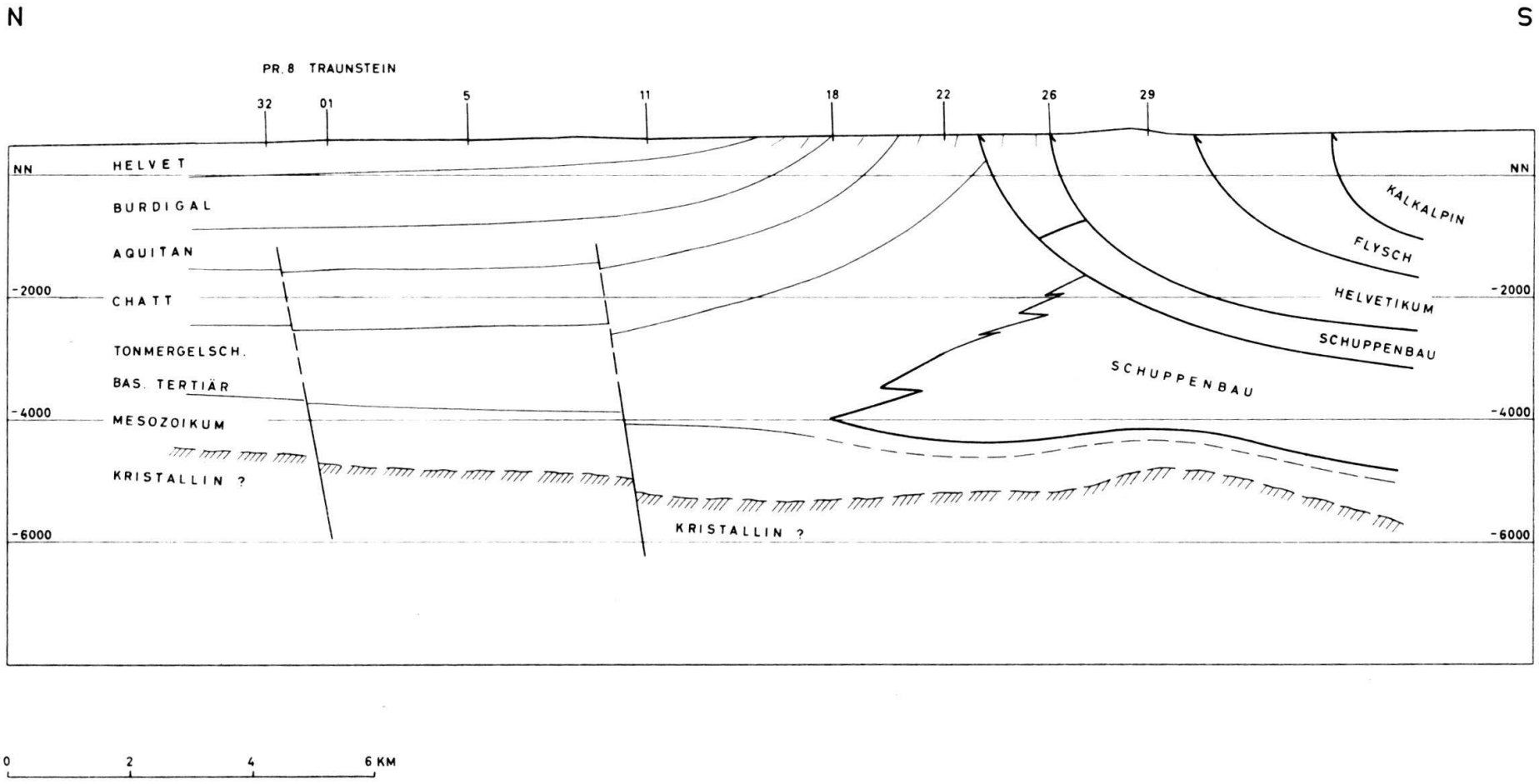

Abb. 16 (Profil 15) Traunprofil. Geologische Deutung.

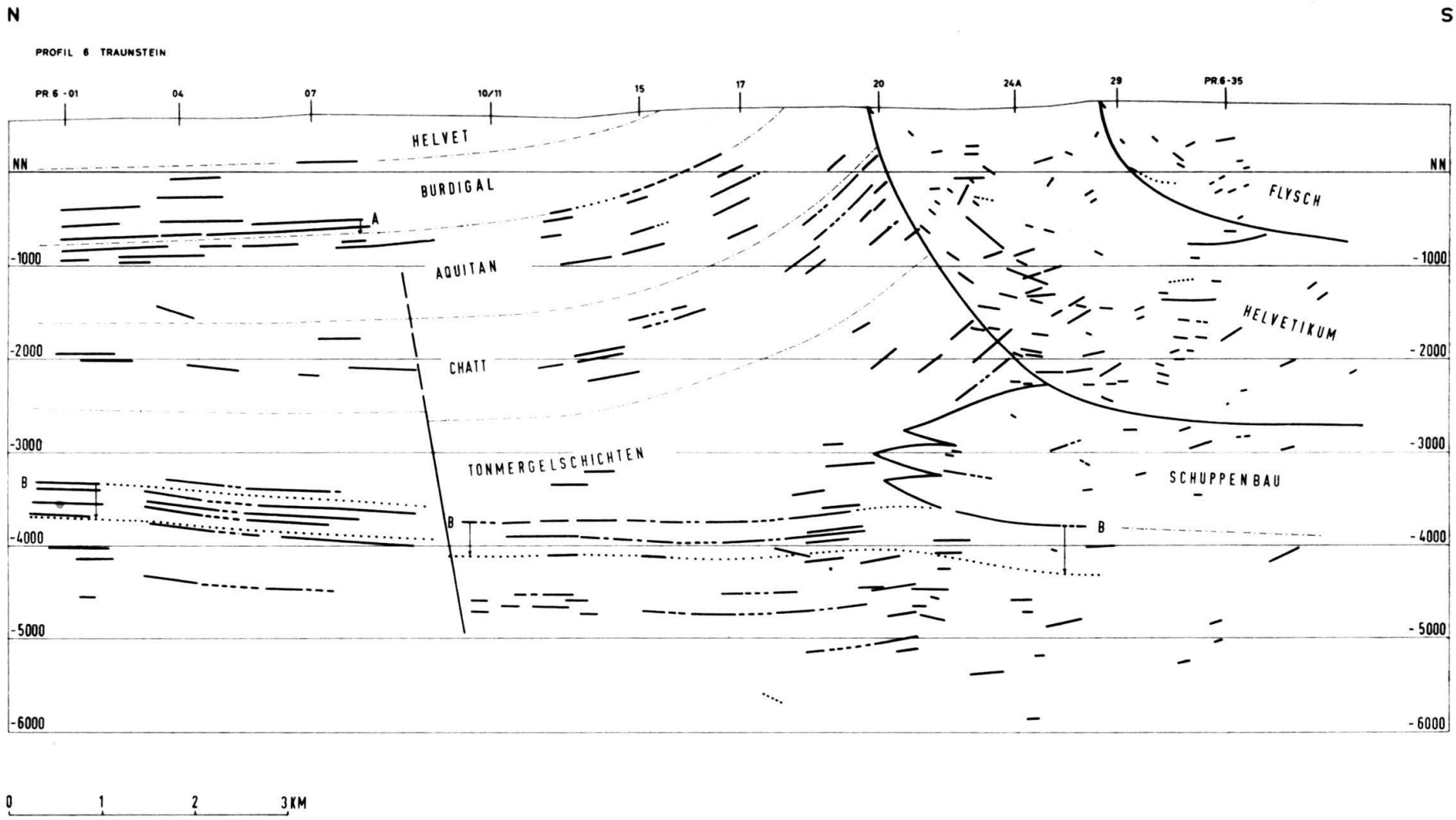

Abb. 17 (Profil 16) Wonneberg — Tal der Roten Traun.

(Fischschiefer, Lithothamnienkalk bzw. Kalkmergel), zum Priabon (Lithothamnienkalk und Mergel, Basissandstein) von 139 m in Mauerham 1 auf 2000 m ist meiner Ansicht nach auch nicht vertretbar. Der Faziescharakter der Tertiärbasisfolge mit einer über fast ganz Ostbayern gleichartigen Ausbildung als marine Seichtwassersedimente mit einer z. T. durch Schichtlücken gekennzeichneten Unruhe in der Sedimentation, würde eher eine tektonische Phase mit Schichtreduktion als die Entstehung in einem tiefen Trog zulassen. Der Zwischenraum zwischen Helvetikum und autochthonem Untergrund muß anders ausgefüllt werden. Ein Herunterziehen des Helvetikum bis zur autochthonen Tertiärbasis in eine Teufe von 4500 m ist nicht vertretbar. Dagegen spricht auch das seismische Bild im Schnitt 16. Wir müssen den unbekannten Raum in einer Mächtigkeit von 2000 m mit einer Sedimentmasse außeralpiner Herkunft ausfüllen. Man denkt dabei an den Schuppenkörper von Perwang (R. H. Janoschek 1959, 1961 und F. Aberer 1962) in Oberösterreich. Dieser enthält Sedimente der Molasse und seiner Unterlage, vom unteren Chatt bis zur Oberkreide 5fach verschuppt. Oberes Aquitan legt sich wahrscheinlich transgredierend, auf jeden Fall diskordant, darüber. Das Alter für die Entstehung dieses Gebildes ist oberes Chatt bis unteres Aquitan. Die Übertragung der Perwangtektonik auf unsere aufgerichtete Molasse ist gut möglich. Doch welche Schichten sind an unserem Schuppenkörper beteiligt? Verglichen mit Perwang könnte man zunächst annehmen, daß sie älter als die Tonmergelschichten des Rupel sind, wenn man letztere den Schuppenkörper überlagern läßt. Man könnte an die Schichten der Tertiärbasis mitsamt der Ober- und Unterkreide denken, einer Folge, welche am Alpenrand vielleicht etwa 800 m Mächtigkeit erreicht. Diese Vorstellung vertritt H. Deecke (1961), wobei er an eine Mächtigkeitsvergrößerung der genannten Schichtfolgen denkt. Von den Malmkalken nehme ich an, daß sie sich starr verhalten haben und mitsamt dem Liegenden am Ausgangspunkt der Abscherung geblieben sind. Zeitlich müßte so die Verschuppung etwa im Latdorf passiert sein, wo wir zwar eine sedimentäre Unruhe aus dem Vorland, jedoch keine tektonische Phase in der Molasseunterlage kennen. H. Hagn (1960) legt die Überschiebung Flysch auf Helvetikum und den Faltenbau des Helvetikum in Oberbayern ins Aquitan. Zu der gleichen Vorstellung kann man auch in Ober- und Niederösterreich kommen. Demnach können wir im benachbarten Helvetikumtrog, im Obereozän bis Unteroligozän keine Auffaltung beweisen. Der Schuppenkörper ist auf jeden Fall weiter im S aufgeschuppt worden und dann vielleicht schon z. Z. der Grenze Chatt/Aquitan vom Helvetikum überfahren und schließlich jungmiozän mit den alpinen Decken verschweißt, als mächtige Schubmasse nach N geschoben worden und hat so fast die ganze Molasse aufgeschürft. Wir müssen also einen schiebenden oder gleitenden Block mit einer Dicke von über 5000 m annehmen.

Es wird meiner Ansicht nach aber etwas einfacher, wenn wir den Schuppenkörper Chatt/Aquitan entstehen lassen. Nach dieser zweiten Theorie wird zunächst im S, vor den alpinen Decken, wie in Perwang ein Schuppenkörper aufgebaut, der die Schichtfolge Unterkreide bis tiefes Chatt enthält. Über dem Schuppenkörper lagerte sich bei anschließender Senkung miozäne Molasse ab. Beim Anschub der alpinen Decken im Jungmiozän/Pliozän ist in vielen Einzelphasen die junge Molasseüberdeckung über dem Schuppenkörper vollständig abgeschert worden und die alpinen Decken mit dem Schuppenkörper zu einem Block verschweißt, haben dann weiter nach N vorrückend die ganze Vorlandmolasse bis zur Basis der Tonmergelschichten tiefschürfend aufgerichtet. Die zweite Theorie läßt sich zeitlich gut einordnen und würde die Perwangtektonik in einem mehr fortgeschrittenen Stadium zeigen. Dabei ist es nur ein gradueller Unterschied, ob unter dem Schuppenkörper ein dünnes oder dickes Paket autochthoner Liegendmolasse begraben ist. Ich möchte mich für die zweite Theorie

aussprechen und daher annehmen, daß der Schuppenkörper die ganze Schichtfolge vom tiefen Chatt bis zur Unterkreide mehrfach verschuppt enthält. Es handelt sich also um eine Modifikation von Perwang, eine tiefere Lage und um ein weiterreichendes Überfahren durch die alpinen Decken.

Vielleicht ist der Überschiebungsbau in unserem Gebiet etwas großzügiger als in Perwang; die einzelnen Schuppen können wesentlich mächtiger sein, da die primäre Sedimentmächtigkeit größer ist.

Allgemeines zum Baustil der Subalpinen Molasse

In unseren zwischen dem Lech und der Salzach gelegenen Profilen haben wir gesehen, daß trotz verschiedenem Oberbau der Subalpinen Molasse der autochthone Untergrund (Rupelbasis, Latdorf, Eozän und Mesozoikum) längs des Alpenrandes im großen und ganzen eine gleiche Teufenlage einnimmt. Der seismische B-Horizont erreicht am Alpennordrand etwa Teufen zwischen 4500 und 5000 m unter NN. Erst östlich vom Inn liegt die Tertiärbasis anscheinend etwas höher, sie hebt sich auf 4500 und 4000 m unter NN, was zu den österreichischen Verhältnissen überleitet, wo die Molasse immer mehr an Mächtigkeit abnimmt. Die Gesamtmächtigkeit der Beckenfüllung zeigt also nur geringe Unterschiede. Der unterschiedliche Baustil der Subalpinen Molasse scheint demnach unabhängig von der Sedimentdicke zu sein. Man kommt zur Vorstellung, daß im westlichen Bayern die breit zutage stehende Subalpine Molasse im ganzen weniger überschoben und mehr parautochthon ist. Im mittleren Bayern, zwischen Loisach und Inn, erfolgte bei gleicher ursprünglicher Beckentiefe eine wesentlich stärkere Einengung mit den flachen bis horizontalen Überschiebungsbahnen, den flachgründigen Schubmassen und eine weiter vordringende Überschiebung der nordalpinen Decken. In der Aufrichtungszone östlich vom Inn ist der Bewegungsmechanismus ein anderer geworden. Bedingt durch einen während der Chatt/Aquitan-Phase entstandenen Schuppenbau, welcher die ältere Molasse mitsamt dem unterlagernden Unteroligozän, Eozän sowie Ober- und Unterkreide mit einbezog, ist ein verfestigter mächtiger Schuppenkörper entstanden, der zusammen mit den im Jungmiozän vorrückenden alpinen Decken die Vorlandmolasse tief aufgeschürft hat. Die Mindestschubweite der Subalpinen Molasse beträgt zwischen Ammer und Isar etwa 6 km und zwischen Isar und Inn ungefähr 10 km. Auch im Bereich der Aufrichtung kommt man zu einer größeren Schubweite, wenn man versucht, die komplizierten Vorgänge des Schuppen- und Überschiebungsbaues rückgängig zu machen. Darüber können aber kaum Zahlen genannt werden. Schließlich kann die über 4000 m mächtige Folge Aquitan bis Rupel nicht in geringer Entfernung auskeilen, so daß wir auch im E annehmen müssen, daß die Molasse ursprünglich noch weit nach S gereicht hat, wo vielleicht heute noch Teile davon begraben liegen. Auch die postaquitane Molasse hat wahrscheinlich noch südlich vom heutigen Nordalpenrand gelegen.

Die von mir entwickelten Vorstellungen stehen nun vielfach in einem Gegensatz zu den bisherigen Anschauungen, welche von der Oberflächengeologie und den Bergbauaufschlüssen ausgegangen sind. Es ist hier aber nicht der Rahmen, die Einzelheiten der bisherigen Literatur zu diskutieren. Es soll nur erwähnt werden, daß meine Vorstellungen weitgehend mit denen von M. Richter (1940, 1951) übereinstimmen. Auch die neuen Erkenntnisse am Alpenrand in Ober- und Niederösterreich zeigen eine Überlagerung von Subalpiner und autochthoner Molasse durch Helvetikum und Flysch an weitausholenden, flachen Überschiebungsbahnen (R. Janoschek 1959, 1961;

F. E. Brix u. a. 1963; S. Prey 1957). Schließlich ist auch der Gegensatz zu dem gesicherten Lagerungsbild der Molasse in der Nordschweiz, welche dort von alpinen Decken weitreichend überdeckt wird, nicht mehr so groß wie bisher angenommen.

Bei der Entstehung der Bauformen der Subalpinen Molasse hat zweifellos auch das Material der bewegten Massen eine wichtige Rolle gespielt. Die mächtigen, zementierten Geröll- und Sandsteinhorizonte in der westbayerischen Molasse einerseits und die dort gering mächtigen Tonmergelschichten andererseits haben sicher zu der Bauform der breiten und tiefen Mulden ebenso beigetragen wie die vorwiegend tonige Entwicklung zu dem flachen Überschiebungs- und Schuppenbau in der Mitte und zu dem Bild der Aufrichtungszone im E. In den beiden letzten Gebieten hat die mächtige tonige Serie des Rupel und im E auch die des Chatt für die Einengungstektonik eine besonders labile Schichtfolge abgegeben. Die Hauptbewegungsbahnen verliefen daher in den überaus mächtigen Tonmergelschichten, in welchen wir auch am meisten Verschuppung annehmen dürfen.

Zusammenstellung der wichtigsten Ergebnisse

Über den Bereich der oberbayerischen Vorlandmolasse, der Subalpinen Molasse und den Rand der nordalpinen Decken (vom Lech im W bis zur salzburgischen Grenze im E) wurde eine reflexionsseismische Profilserie mit geologischer Deutung vorgelegt. Im Bereich der Molassemulden ist der Nordteil im allgemeinen weniger herausgehoben, jedoch stärker von der Einengung betroffen und nimmt vielfach eine Schuppenform an, während die südlichen Mulden bei stärkerer Heraushebung das Aussehen einer nordvergenten Schüssel haben. Wir haben gleitende Schubmassen vor uns, welche an der Stirn am stärksten beansprucht sind. Von einer Autochthonie der Subalpinen Molasse kann nicht mehr gesprochen werden. Die Profile 1 und 2 bei Weilheim-Murnau zeigen den Baustil tiefer, relativ breiter nordvergenter Molassemulden, wie er auch westlich vom Lech bis ins Allgäu vorhanden ist. Im Gebiet zwischen Loisach und Inn werden die Mulden enger, die im Ausstrich noch steilen Überschiebungsbahnen werden in der Tiefe flach bis horizontal; der Nordschub der Subalpinen Molasse wird größer (Mindestschubweite 6—10 km). In beiden Gebieten, jedoch mit großer Mächtigkeit zwischen Loisach und Inn, zieht vom Vorland autochthone Molasse unter die Schubmassen der Subalpinen Molasse und noch weiter unter Helvetikum und Flysch hinab. Basale Molasse und deren alttertiäre und mesozoische Unterlage erstrecken sich mit relativ flacher nach S geneigter Bahn wahrscheinlich auch noch unter den Nordrand der kalkalpinen Decken. Im Bereich der Aufrichtungszone östlich vom Inn herrscht, bedingt durch die Entstehung eines mächtigen Schuppenkörpers, welcher wahrscheinlich die Schichtfolge unteres Chatt, Rupel, Latdorf, Eozän und Kreide enthält, primär entstanden in einer Gebirgsbildungsphase im oberen Chatt bis unteren Aquitan, ein ganz anderer Baustil. Nachdem dieser Schuppenkörper in einer Senkungsperiode von miozäner Molasse überlagert wurde, haben die nach N gleitenden, nordalpinen Decken — umfassend Helvetikum, Flysch und Kalkalpen — dieses miozäne Molassedach abgeschert und mit dem Schuppenkörper verbunden eine Schubmasse von über 5000 m Dicke gebildet. Dieser komplexe Schubkörper hat annähernd die ganze, rund 4500 bis 5000 m mächtige Vorlandmolasse jungmiozän bis pliozän aufgeschürft; wodurch die Aufrichtungszone entstanden ist. Westlich vom Inn liegt anschließend an die Molassemulden vielfach eine schmale, stark gestörte «Nordrandschuppe» und davor in einigen Profilen noch eine gehobene bis überkippte Molasse in einer «Nordrandscholle». Nördlich davon zeigt die Vor-

landmolasse nur eine leichte Aufrichtung bzw. legt sich ganz flach an die Nordrandüberschiebung an.

Die tektonische Beanspruchung der südlichen Vorlandmolasse ist z. T. noch Einengung in Form einer flachen Faltwelle, z. B. Eberfing. Die sich weiter im Norden anschließende Wölbungsstruktur hängt sicher mit der Verlegung der Trogachse in der Oberen Meeresmolasse nach N zusammen, beruht also im wesentlichen auf einer postaquitanen Kippung. Wieweit letztere noch durch jungmiozäne Einengung überprägt ist, kann man nicht entscheiden. Die nördliche Vorlandmolasse zeigt eine Zerrungstektonik mit im N mehr antithetischen und im S vorwiegend synthetischen Brüchen, deren Hauptbewegungen synsedimentär vorwiegend im oberen Chatt bis unteren Aquitan abliefen. Die erste Anlage ist wohl schon älter. Auch die unter der Subalpinen Molasse begraben liegenden autochthonen Molasseschichten haben eine solche Zerrungstektonik, deren Nachweis jedoch seismisch nicht mehr sicher ist, weil die überlagernden Deckschichten das seismische Bild stören.

Bei der ganzen Molassefaltung waren die im E bis über 2000 m mächtigen Tonmergelschichten das mobile Element und enthalten die meisten Bewegungsbahnen. Die Tonmergelschichten bilden wahrscheinlich auch den Hauptteil der Molasseschichten der Tiefe und der älter bewegten Schuppenkörper. Der Tertiärbasishorizont der Seismik liegt am Alpenrand westlich vom Inn in einer Teufenlage zwischen 4500 und 5000 m unter NN und östlich davon zwischen 4000 und 4500 m.

Literatur:

ABERER, F.: Bau der Molassezone östlich der Salzach. — Z. deutsch. geol. Ges., 113, 1961, Hannover 1962.

AUER, W. & SCHMOLL, J.: Seismos Bericht Weilheim S II und III, 1962. (Unveröffentlichter Bericht der Deutschen Erdöl-Aktiengesellschaft und Mobil Oil AG).

BREYER, F.: Versuche zur geologischen Deutung der reflexionsseismischen Messungen in der gefalteten Molasse Bayerns. — Bull. Ver. Schweiz. Petrol.-Geol. u. -Ing., 25, Basel 1958.

— Die orogenen Phasen der Gefalteten Molasse, des Helvetikums und des Flysches im westlichen Bayern und Vorarlberg. — Festschrift E. KRAUS. Abh. dtsch. Akad. Wiss. Berlin, Kl. III, Heft 1, Berlin 1960.

BREYER, F. & DOHR, G.: Betrachtungen über den Bau der Gefalteten Molasse im westlichen Bayern mit Beziehung auf das Molasse-Vorland und die angrenzenden Teile der Alpen auf Grund geophysikalischer Untersuchungen. — Erdöl und Kohle 12, Hamburg 1959.

BRIX, F. E. — GÖTZINGER, K. G. H. — KRÖLL, A. I. & LOGIGAN, St. D.: New results of exploration in the molasse-zone of Lower Austria. — 6. World Petroleum Congress, Section I — Paper 3, 1963.

CLASEN, G. & DOHR, G.: Reflexionsseismische Messungen in der gefalteten Molasse Oberbayerns. — Z. deutsch. geol. Ges. 109, 1957, Hannover 1958.

DEECKE, H.: Möglichkeiten des tektonischen Baustils am Alpennordrand bei Siegsdorf. — Interner Bericht der Deutschen Erdöl-Aktiengesellschaft, 1961.

ELBERSKIRCH, W. & LEMCKE, K.: Zur Tektonik der nordalpinen Molassesenke. — Z. deutsch. geol. Ges., 105, 1953, Hannover 1955.

FÜCHTBAUER, H.: Die Schüttungen im Chatt und Aquitan der deutschen Alpenvorlandsmolasse. — Eclog. Geol. Helvetiae, Vol. 57, Nr. 3, Basel 1958.

GANSS, O.: Geologie des Blattes Bergen. — Geologica Bavaria Nr. 26, München 1956.

GANSS, O. & SCHMIDT-THOMÉ, P.: Die gefaltete Molasse am Alpenrand zwischen Bodensee und Salzach. — Z. deutsch. geol. Ges., 105, 1953, Hannover 1955.

HAGN, H.: Die stratigraphischen, palaeogeographischen und tektonischen Beziehungen zwischen Molasse und Helvetikum im östlichen Oberbayern. — Geologica Bavarica 44, München 1960.

HAGN, H. — HÖLZL, O. & HRUBESCH, K.: Zur Gliederung des Oligozäns im östlichen Oberbayern und in Nordtirol. — N. Jb. Geol. Paläont. Mh., 8, Stuttgart 1962.

HOFMANN, G. W.: Der Muldenbau in der subalpinen Molasse des Prienprofils im östlichen Oberbayern. — Z. deutsch. geol. Ges., 113, 1961, Hannover 1962.
HOLSTE, W. & STEINMANN, W.: Eine Grenzflächenbestimmung in der Gefalteten Molasse Oberbayerns. — Erdöl-Z. 75, H. 8, Wien 1959.
JANOSCHEK, R. H.: Oil exploration in the molasse basin of Western Austria. — 5. World Petrol. Congr., Section I — Paper 47, 1959.
— Über den Stand der Aufschlußarbeiten in der Molassezone Oberösterreichs. — Erdöl-Z., H. 5, Wien 1961.
KNAUER, J. — KRAISS, A. — STAESCHE & WIONTZEK: Schichtenverzeichnis der Tiefbohrung Tegernsee 2, 1939 (Archiv der Deutschen Erdöl-Aktiengesellschaft).
KNAUER, J.: Die Ergebnisse einer Tiefbohrung im Erdölgebiet am Tegernsee in Oberbayern. — Öl u. Kohle, H. 7, 1940.
KRAUS, L. & PAULUS, B.: Neue Erkenntnisse über die Promberger Schichten und die kohleführenden Ablagerungen der subalpinen Molasse zwischen Isar und Lech. — Erdöl u. Kohle 15, S. 783, Hamburg 1962.
LEBLING, C.: Molasse und Alpen zwischen Lech und Salzach. — Z. deutsch. geol. Ges. 77, 1925, Berlin 1926.
LEMCKE, K.: Beziehungen zwischen Molassesedimentation und Alpentektonik an der Wende Oligozän/Miozän. — Z. deutsch. geol. Ges., 113, 1961, Hannover 1962.
PAULUS, B.: Zur Stratigraphie und Fazies der oligozänen und miozänen Molasse im südlichen Oberbayern. — Bull Ver. Schweiz. Petrol.-Geol. u. -Ing., Bd. 29, Vol. 78, 12 Abb., Riehen/Basel September 1963.
PREY, S.: Ergebnisse der bisherigen Forschungen über das Molassefenster von Rogatsboden (NÖ). — Jahrb. GBA Wien, Bd. 100, Wien 1957.
REICH, H.: Seismische und geologische Ergebnisse der 2-to-Sprengung im Tiefbohrloch Tölz 1 am 11. 12. 1954. — Geol. Jb., 75, Hannover 1958.
RICHTER, M.: Bemerkungen zu den Ergebnissen der Tiefbohrung am Tegernsee in Oberbayern. Öl u. Kohle. II, 23, Hamburg 1940.
— Molasse und Alpen. — Z. deutsch. geol. Ges. 102, 1951, Hannover 1951.
RICHTER, M. — CUSTODIS, A. — NIEDERMAYER, I. & SCHMIDT-THOMÉ, P.: Geologie der Alpenrandzone zwischen Isar und Leitzach in Oberbayern. — Z. deutsch. geol. Ges., 91, 1939.
SCHLIE, H.: Verschiedene seismische Berichte. (Interne Berichte der Deutschen Erdöl-Aktiengesellschaft).
SCHMIDT-THOMÉ, P.: — in GANSS, O. & SCHMIDT-THOMÉ, P., 1955
— Molasse-Untergrund und Helvetikum-Nordgrenze im Tegernsee-Bereich und die Frage der Herkunft von Erdöl und Jodwasser in Oberbayern. — Geol. Jb. 74, Hannover 1957.
— Paläogeographische und tektonische Strukturen im Alpenrandbereich Südbayerns. — Z. deutsch. geol. Ges. 113, 1961, Hannover 1962.
SCHMOLL, J. & AUER, W.: Seismos Bericht Dietramszell—Bad Tölz 1963. (Unveröffentlichter Bericht der Deutschen Erdöl-Aktiengesellschaft).
ZÖBELEIN, H. K.: Beiträge zur Kenntnis der Faltenmolasse im westlichen Oberbayern. — Erdöl u. Kohle, S. 617, Hamburg 1952.
— Kritische Bemerkungen zur Stratigraphie der Subalpinen Molasse Oberbayerns. — Abh. Hess. L.-Amt Bodenforsch., 23, Wiesbaden 1957.