

Zeitschrift: Bulletin der Vereinigung Schweiz. Petroleum-Geologen und -Ingenieure
Herausgeber: Vereinigung Schweizerischer Petroleum-Geologen und -Ingenieure
Band: 34 (1967-1968)
Heft: 85

Artikel: Die seismischen Geschwindigkeiten in der Ostschweiz
Autor: Lohr, J.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-195290>

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: 12.01.2026

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

Die seismischen Geschwindigkeiten in der Ostschweiz

von J. LOHR

A. Einleitung

Unter seismischen Geschwindigkeiten wird hier die Ausbreitungsgeschwindigkeit elastischer longitudinaler Wellen verstanden, wie sie bei der Reflexionsseismik ausgenutzt werden. Bekanntlich misst die Reflexionsseismik nur Laufzeiten der durch eine Explosion oder Vibration erzeugten Wellen, also keine Geschwindigkeiten. Deren Bestimmung erfolgt entweder auf rein seismischem Wege durch Berechnung der Hyperbelkrümmungen von Reflexionen oder im Borloch durch das Sonic-Log-Verfahren oder durch Geophonversenkmessungen. Dieser Betrachtung liegen die mit der letztgenannten Methode gewonnenen Ergebnisse zugrunde.

Die Höhe der Gesteinsgeschwindigkeit wird hauptsächlich beeinflusst von der Lithologie, der Tiefenlage und vom Alter einer Schicht; mit anderen Worten: der Grad der Diagenese ist der wichtigste Faktor für die Gesteinsgeschwindigkeit. Bei der hier zur Diskussion stehenden jüngeren tertiären Füllung der nördlichen Voralpensenke, dem Molassebecken, sollte der Grad der Diagenese und damit die Schichtgeschwindigkeit wie in ähnlichen Tertiärbecken (z. B. Rheintalgraben, Norddeutsches Tertiärbecken) im wesentlichen durch die jeweilige Tiefenlage bestimmt sein. Wäre diese Voraussetzung voll erfüllt, dann würden bei einer kartographischen Darstellung die Linien gleicher Geschwindigkeit parallel zu den Mächtigkeitslinien der gleichen Schicht verlaufen (Abb. 1a). Laufen diese Linien nicht parallel (Abb. 1b), wie es im westlichen deutschen Molassebecken und in der ostschweizerischen Molasse tatsächlich der Fall ist, so müssen noch andere Faktoren auf die Geschwindigkeit und deren Veränderung einwirken, sofern die fazielle Ausbildung mehr oder weniger gleich bleibt (Abb. 2).

B. Bisherige Vorstellungen über die Geschwindigkeitsverteilung im nordalpinen Molassebecken

Bereits 1946 war REICH die im Verhältnis zu anderen Tertiärbecken hohe Geschwindigkeit im Alpenvorland aufgefallen. Auf Grund refraktionsseismischer Untersuchungen hatte er beobachtet, dass die Laufzeiten in tertiären Schichten bis 4 km Entfernung nicht gleich bleiben, sondern sich verkürzen, dass sich also die Geschwindigkeit erhöht, je näher zum Alpenrand hin die Messpunkte liegen.

Eine Begründung für diese Erscheinung sieht REICH in der höheren Diagenese, die durch den Faltungsdruck der südlich gelegenen Alpen verursacht worden ist.

Nach dem Vorliegen der Ergebnisse aus den ersten seismisch vermessenen Tiefbohrungen erkannten ELBERSKIRCH und LEMCKE (1955) eine Abhängigkeit der Molassegeschwindigkeit von der jeweiligen Tiefenlage der Tertiärbasis bzw. von der Mächtigkeit der Gesamtmolasse. Allerdings musste damals schon die Einschränkung gemacht

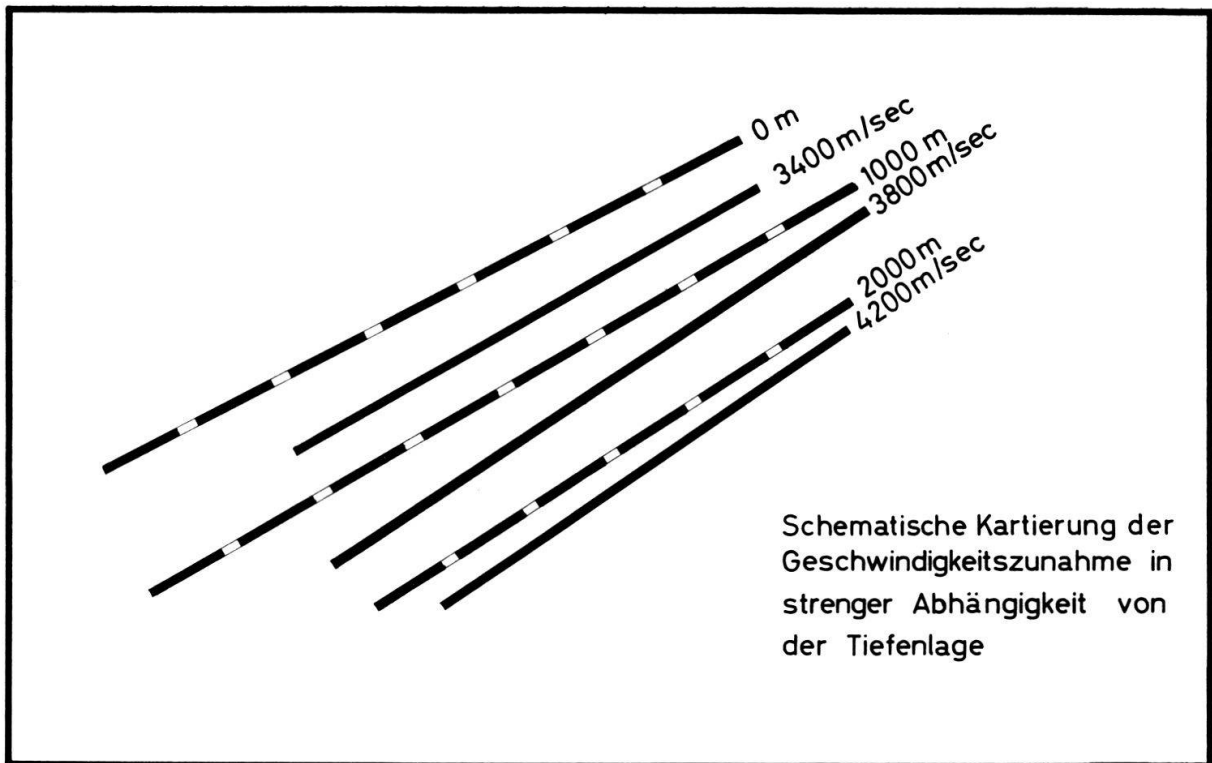


Abb. 1a

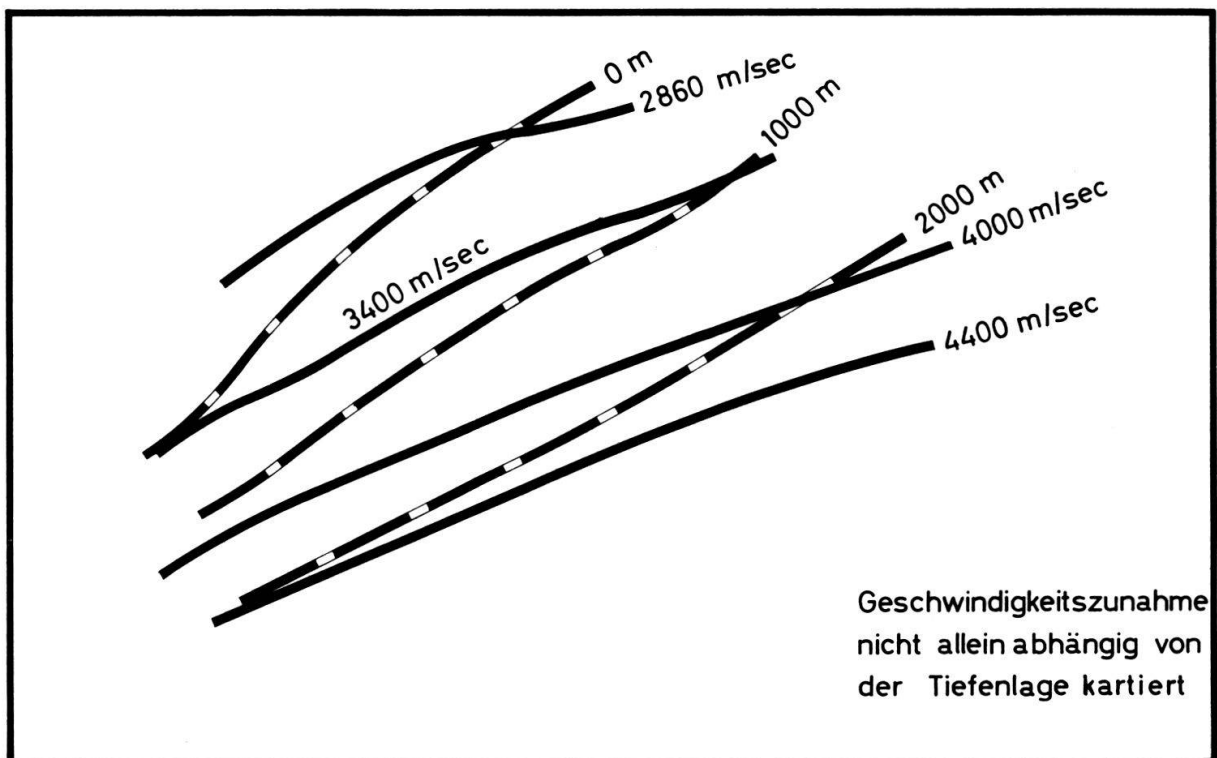


Abb. 1b

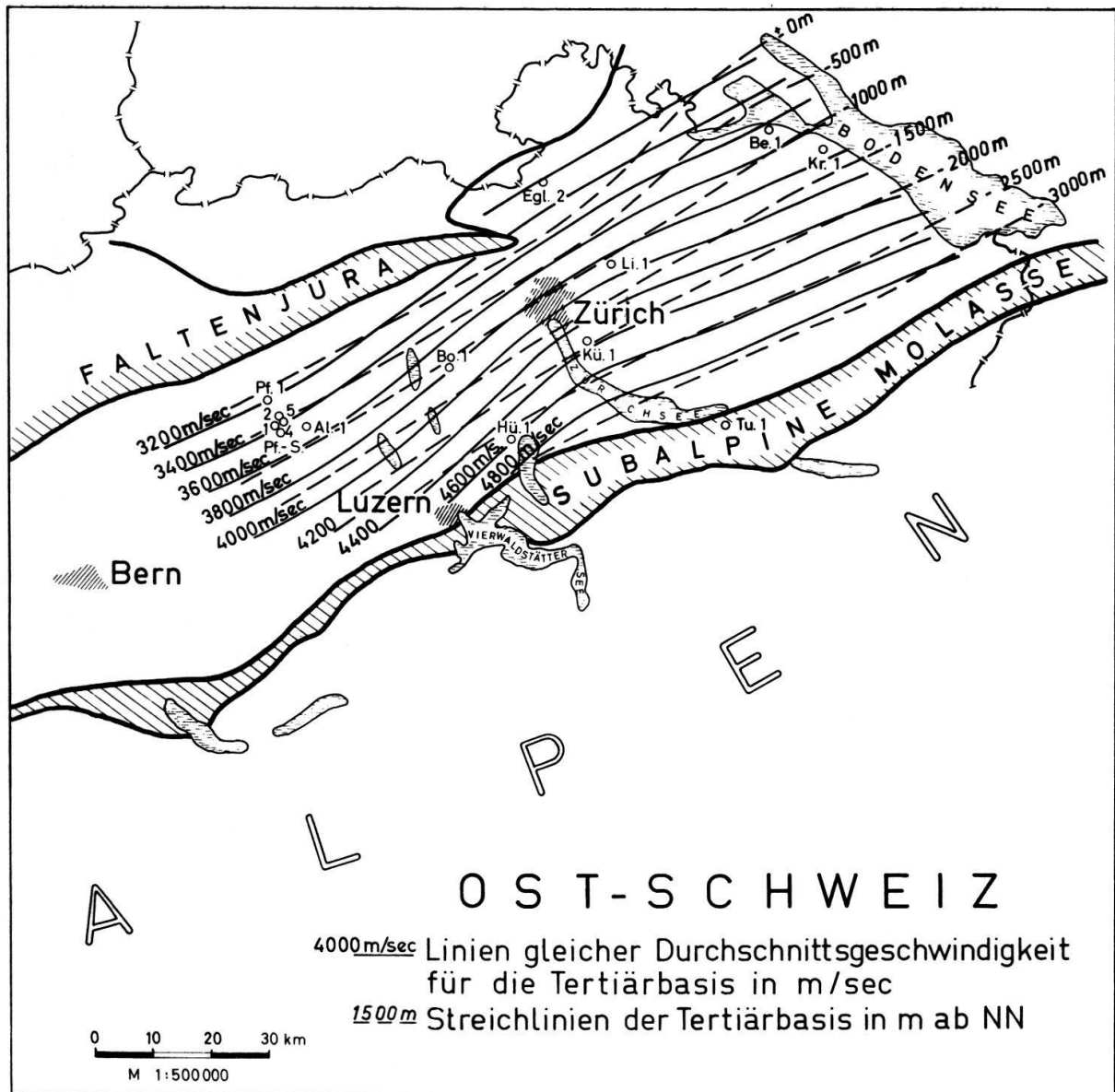


Abb. 2

werden, dass dieser geschwindigkeitsbestimmende Faktor allein nicht ausreicht, um die wahre Tiefenlage der Tertiärbasis zu errechnen. Man hatte zusätzlich beobachtet, dass die Geschwindigkeit von Osten nach Westen zunimmt. Eine Ursache für diesen Effekt zu finden, wurde wegen der geringen Anzahl von Bohrungen und damit von Geschwindigkeitsbestimmungen nicht versucht.

JOHN (1956) griff dieses Problem in einer umfassenden Arbeit über die Geschwindigkeiten in der Schwäbischen Vorlandmolasse auf. Er glaubt, dass die Geschwindigkeits-erhöhung von Ost nach West, die die teufenabhängige Geschwindigkeit überlagert, durch verschiedenartige Materialzufuhr innerhalb der Sedimente bedingt ist. JOHN identifiziert die verschiedenen Gesteinsgeschwindigkeiten mit den von FÜCHTBAUER erkannten Schüttungszyklen. Es wurden letztlich Schüttungsveränderungen, also anderes Material, Korngrösse, Länge des Transportweges und Abtragungsgebiet für die Geschwindigkeitsveränderung von Ost nach West verantwortlich gemacht. Nach Vorstellung von JOHN wäre östlich der Iller homogenes Material abgelagert, weil die Ge-

schwindigkeitsveränderung nur dem Hangenddruck gehorcht; westlich davon wäre inhomogenes Material sedimentiert, weil der Hangenddruck nicht ausreicht, um die Geschwindigkeitsveränderung zu erfassen.

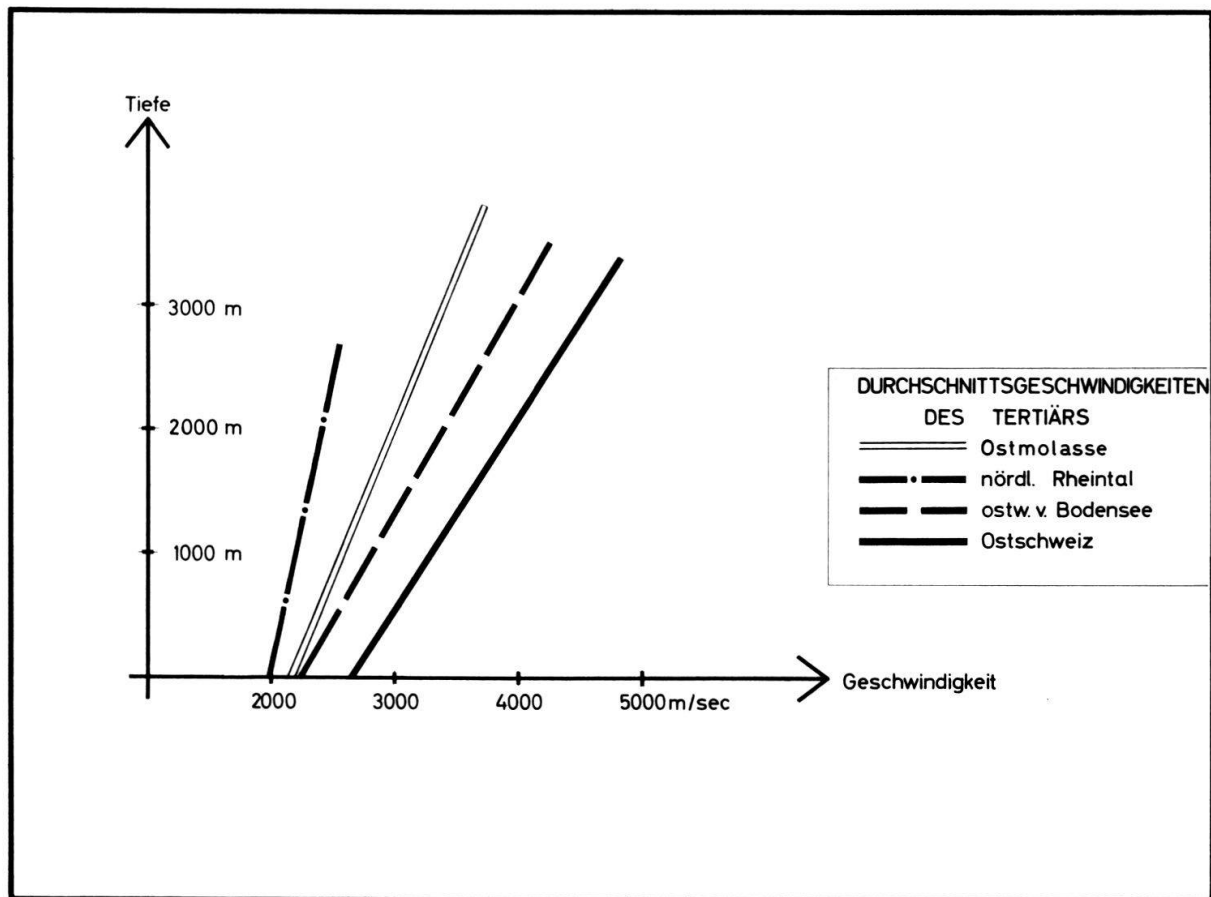


Abb. 3

C. Ergebnisse eigener Untersuchungen

Vergleicht man die Durchschnittsgeschwindigkeit des Gesamttertiärs und deren Veränderung mit zunehmender Tiefe im ostschweizerischen und westlichen deutschen Molassebecken mit anderen, ähnlich mächtigen und gleich alten Sedimenten, nämlich mit denen der bayerischen Molasseschichten und der jüngeren Tertiärfüllung des nördlichen Rheintalgrabens (Abb. 3), so fällt die hohe Anfangsgeschwindigkeit der schweizerischen Molassesedimente gegenüber den merklich niedrigeren Geschwindigkeiten im Rheintal und in der Ostmolasse auf.

Diese hohe Tertiärgeschwindigkeit und das Überschneiden der Linien gleicher Durchschnittsgeschwindigkeiten mit den Streichlinien der Tertiärbasis (Abb. 2) veranlassten eine Untersuchung der einzelnen stratigraphischen Schichtglieder auf ihre Geschwindigkeit in Abhängigkeit von der Tiefenlage hin. In Abbildung 4 sind die Teufen und Mächtigkeiten auf der Ordinate, die jeweiligen Schichtgeschwindigkeiten auf der Abszisse eingetragen.

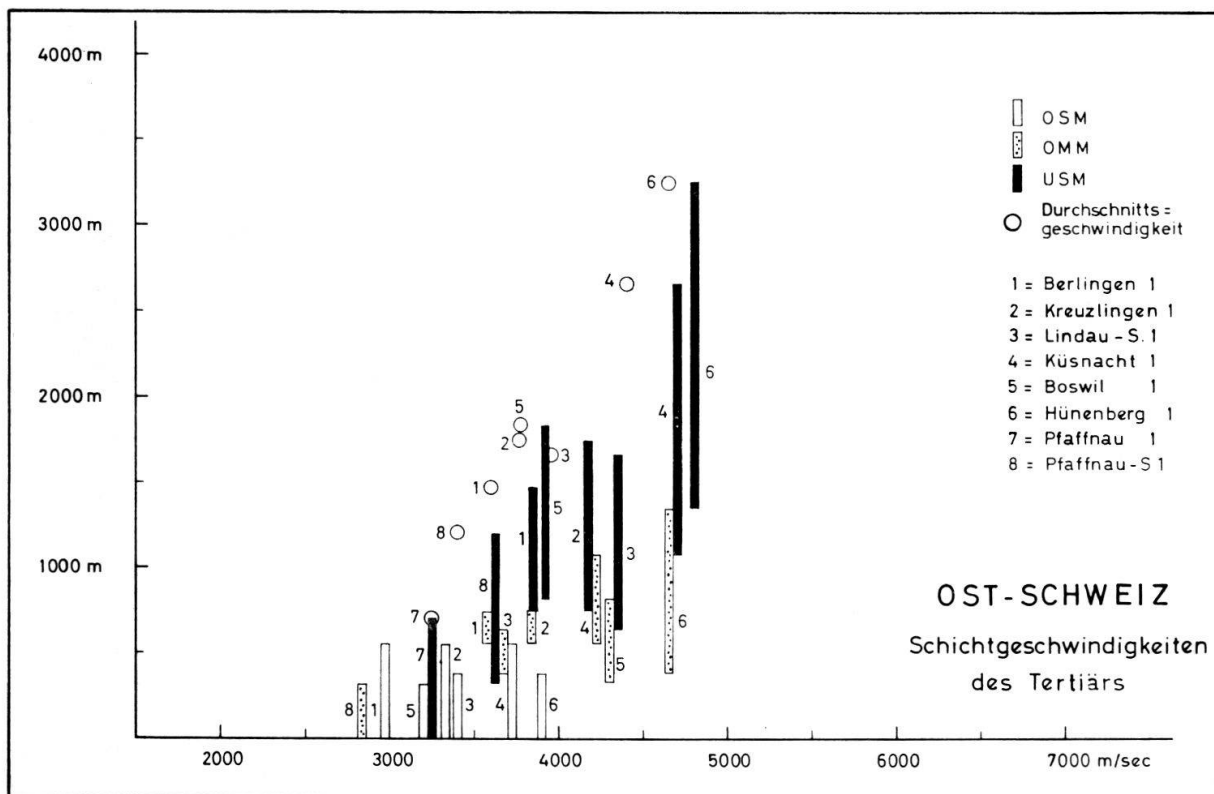


Abb. 4

Die tertiären Schichtgeschwindigkeiten

a) Obere Süsswassermolasse (OSM)

Diese Schicht beginnt in allen Bohrungen unmittelbar an der Oberfläche bzw. unter geringmächtigem Quartär. Eine Geschwindigkeitszunahme durch entsprechende Absenkung oder durch Belastungsdruck ist demnach nicht möglich. Trotzdem beträgt die Schichtgeschwindigkeit am Nordrand des Beckens (Berlingen 1) fast 3000 m/sec, bei gleicher Mächtigkeit am Zürichsee (Küsnacht 1) 3700 m/sec und in der Hünenberg 1, nahe bei der subalpinen Molasse 3900 m/sec. Die Verfestigung der Sedimente, die Schallhärte, ist grösser geworden je südlicher oder alpennäher die Sedimente liegen, ohne dass eine entscheidende Faziesänderung (nach mündlicher Mitteilung von Dr. LEMCKE) vorliegt. Sand- und Tonsteine in Wechsellagerung bilden hier wie dort die Fazies.

Es sei allerdings bemerkt, dass die ursprüngliche Mächtigkeit der OSM und damit der jetzige Erosionsbetrag unbekannt sind. Vergleicht man die Mächtigkeit in der Hünenberg 1 mit derjenigen in den Härtingsgebieten des Napf oder des Hörnli, so könnten wohl mehrere hundert Meter Sediment erodiert sein. In diesem Falle würde die ehemals grössere Mächtigkeit und damit der stärkere Belastungsdruck geschwindigkeits-erhöhend gewirkt haben. Die Erosion dürfte aber nach Norden zu abnehmen und sich nicht mehr in dem gleichen Masse auswirken; trotzdem beträgt die Geschwindigkeit in der Küsnacht 1 noch 3700 m/sec.

Die Eisbedeckung, deren Mächtigkeit nur geschätzt werden kann, wird durch ihren Belastungsdruck ebenfalls die Geschwindigkeit beeinflusst haben. Hätten am Zugersee 1000 m Eis mit einem spezifischen Gewicht von 1,0 gelegen, entspräche das einem Schichtpaket von 500 m OSM, wenn man für dieses Sediment 2,0 als spezifisches Gewicht annimmt. Demnach können die frühere grössere Mächtigkeit der OSM und die

Eisbelastung die Höhe der Geschwindigkeit mitbestimmt haben. Diese beiden Faktoren reichen aber nicht aus, um die aus dem Diagramm ersichtliche Geschwindigkeitszunahme nach Süden zu begründen. Bei Berücksichtigung dieser beiden Faktoren wird sich das Bild der Geschwindigkeitsverteilung der OSM demjenigen der Oberen Meeresmolasse (OMM) angleichen.

b) Obere Meeresmolasse (OMM)

Das Geschwindigkeitsverhalten dieses marinen Schichtpaketes, das in seiner faziellen Ausbildung vertikal und horizontal weitgehend gleich ist, entkräftet den möglichen Einwand, dass ausser dem Belastungsdruck fazielle Unterschiede eine Geschwindigkeitserhöhung von 2850 m/sec im Norden (Pfaffnau-Süd 1) bis auf 4650 m/sec im Süden (Hünenberg 1) hervorrufen. Auch die nach Süden wachsende Schichtmächtigkeit kann für diese grosse Zunahme der Geschwindigkeit nicht verantwortlich gemacht werden, wenn diese auch eine stärkere Abhängigkeit der Geschwindigkeit von der grösser werdenden Tiefe bewirkt.

Beiden Schichtpaketen ist ein grosser Geschwindigkeitszunahmefaktor gemeinsam. Dabei sind die Geschwindigkeiten in der Ostschweiz etwas höher als die entsprechenden östlich des Bodensees.

c) Untere Süsswassermolasse (USM)

Die Tiefenlage und die nach Süden wachsende Mächtigkeit scheinen bei dieser Schicht die Geschwindigkeitshöhe und deren Veränderung zu bestimmen. Der Grad der Veränderung hat sich gegenüber der OMM wesentlich verringert. Vergleicht man allerdings die USM mit ungefähr gleich alten und gleich mächtigen Schichten im nördlichen Rheintal und im östlichen deutschen Molassebecken (Abb. 5), so sieht man, dass im

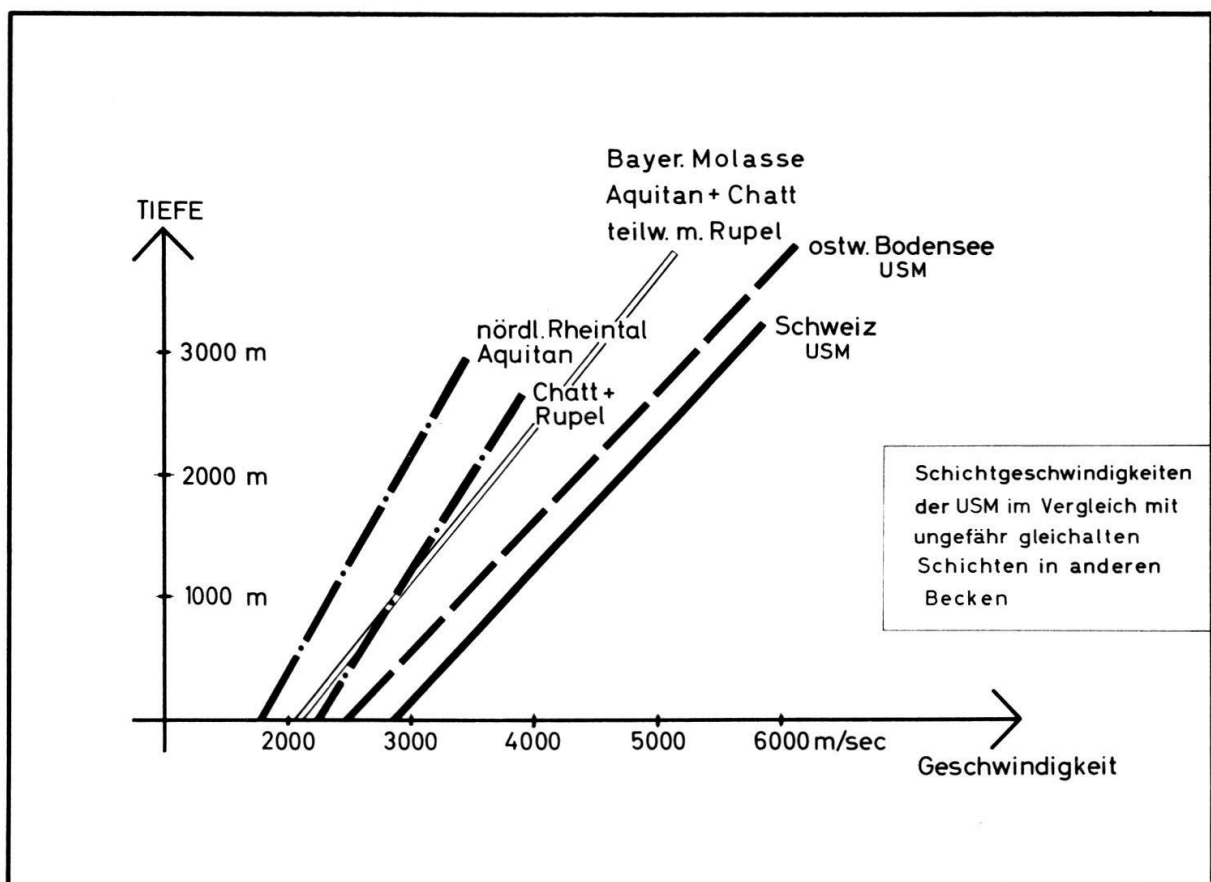


Abb. 5

ostschweizerischen Molasseanteil die Zunahme der Geschwindigkeit grösser ist. Sofern grössere fazielle Unterschiede das Bild nicht verfälschen (was nach Mitteilung von Herrn Dr. Füchtbauer kaum der Fall sein dürfte) und unter der Annahme, dass im Rheintalgraben allein die Absenkung geschwindigkeitserhöhend wirkt, müsste im Molassebecken für die grössere Geschwindigkeitszunahme ausser der Tiefenlage noch ein anderer Faktor eine Rolle spielen.

d) Durchschnittsgeschwindigkeit für das Gesamttertiär

Da in den Durchschnittsgeschwindigkeiten alle Schichtgeschwindigkeiten enthalten sind, werden Höhe und Zunahmefaktor weitgehend von dem mächtigsten Schichtanteil, der USM, bestimmt. Die kleineren Unterschiede in den Schichtgeschwindigkeiten sind hier ausgeglichen, und alle Werte ordnen sich leichter zu einer Geraden, deren Extrapolation auf die Erdoberfläche zu der eingangs erwähnten hohen Anfangsgeschwindigkeit führt.

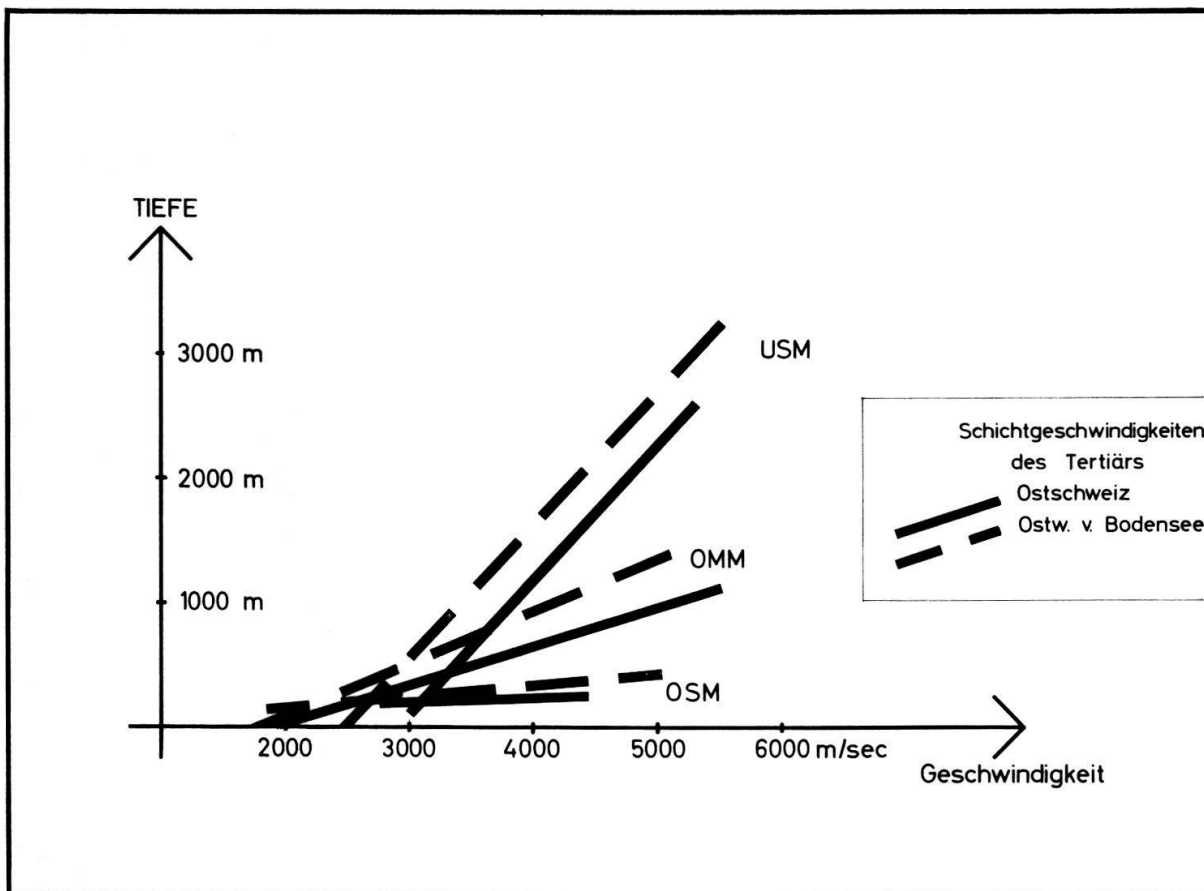


Abb. 6

D. Folgerungen

Die bisher erhaltenen Ergebnisse sind in einem Diagramm, das die Geschwindigkeitsverteilung der einzelnen Schichtglieder zeigt, zusammengefasst (Abb. 6). Wir ziehen daraus folgende Schlüsse:

1. Die Schichtgeschwindigkeiten der OSM und OMM nehmen nach Süden sehr stark zu, ohne dass dies mit einer Versenkung in grössere Tiefen oder mächtiger werdendem Belastungsdruck und sicher auch nicht durch geschwindigkeitserhöhendes Ausgangsmaterial in Form von veränderten Schüttungszyklen in der hier festgestellten

Größenordnung erklärbar wäre. In beiden Formationen ist eine Diagenese und damit eine bessere Schalleitung wirksam, die durch einen anderen Faktor hervorgerufen wird. Da sich dieser Faktor um so stärker auswirkt, je näher die Messwerte am Alpenrand liegen (Abb. 7), ziehen wir den Schluss: Die stärkere Geschwindigkeitszunahme wird verursacht durch eine laterale, von Süden nach Norden gerichtete Kompression. Mit anderen Worten: Die Schichten der OSM und OMM unterliegen dem Faltungsdruck der Alpen und der tektonischen Verformung der subalpinen Molasse. Dieser Einfluss ist in der Schweiz grösser als auf deutscher Seite.

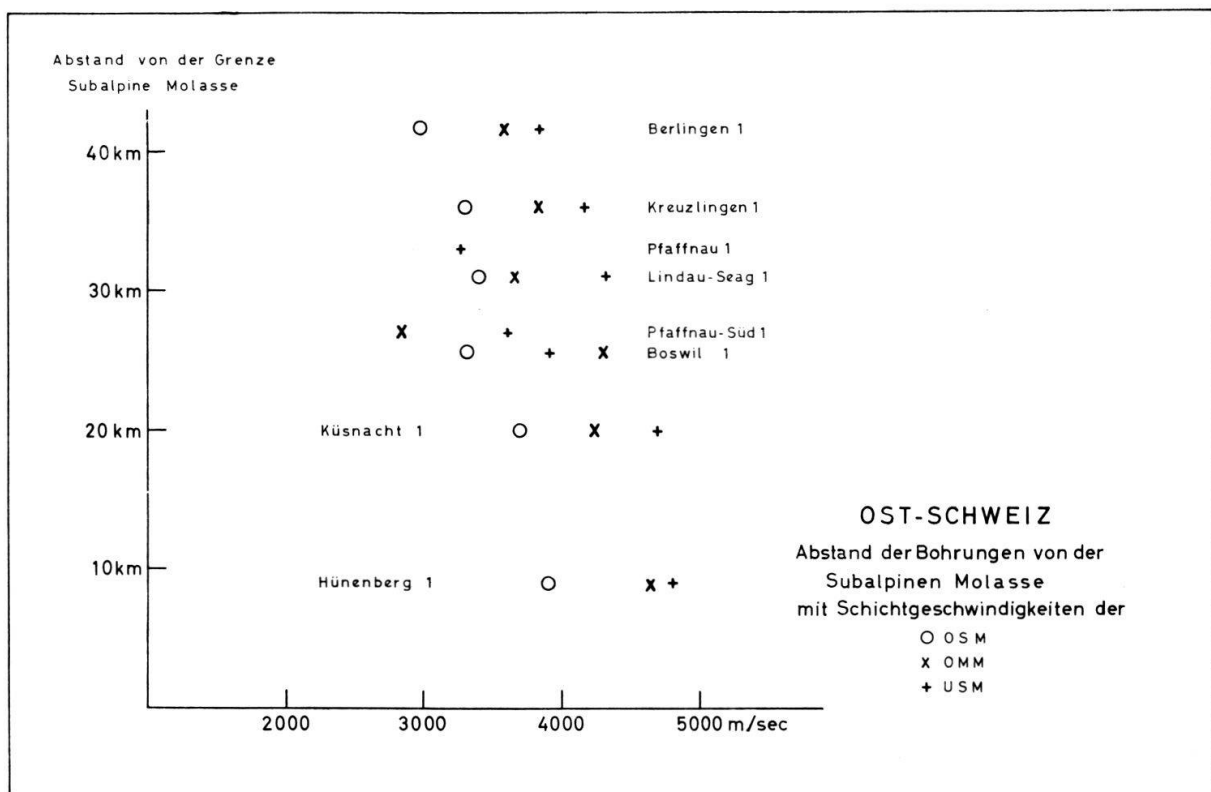


Abb. 7

2. Die Schichten der USM unterliegen nicht mehr so stark einer lateralen Kompression. Wirksamer auf ihr Geschwindigkeitsverhalten ist die jeweilige Tiefenlage. Sofern man den Zunahmefaktor der gleich alten Schichten im Rheintalgraben als Norm für die Geschwindigkeitserhöhung in Abhängigkeit von der Tiefe annimmt, ist ein lateraler Effekt nicht ganz auszuschliessen (Abb. 5). Der geringere Einfluss der lateralen Kompression auf die Schichtgeschwindigkeit der USM ist dadurch erklärbar, dass diese Sedimente schon weitgehend verfestigt waren, ehe der laterale Druck einsetzte. Schliesslich ist «eine Verfestigung der Gesteine durch kompressive tektonische Verformung nur dann möglich, wenn sie vorher noch nicht oder nur unvollkommen diagenetisch verfestigt waren (ALBRECHT und FURTAK 1965, S. 246).»
- Nach den Erkenntnissen dieser Autoren dürften sich die OSM und OMM der Vorlandmolasse zur Zeit in dem gleichen Status befinden wie die subalpine Molasse vor ihrer tektonischen Verformung. Der tangential Druck führt zu einer gewissen Einengung und damit zur beschleunigten Diagenese und folglich zu einer Geschwindigkeitsüberhöhung im Gegensatz zu den Tertiärbecken, die einem solchen tangentialen Druck nicht ausgesetzt sind.

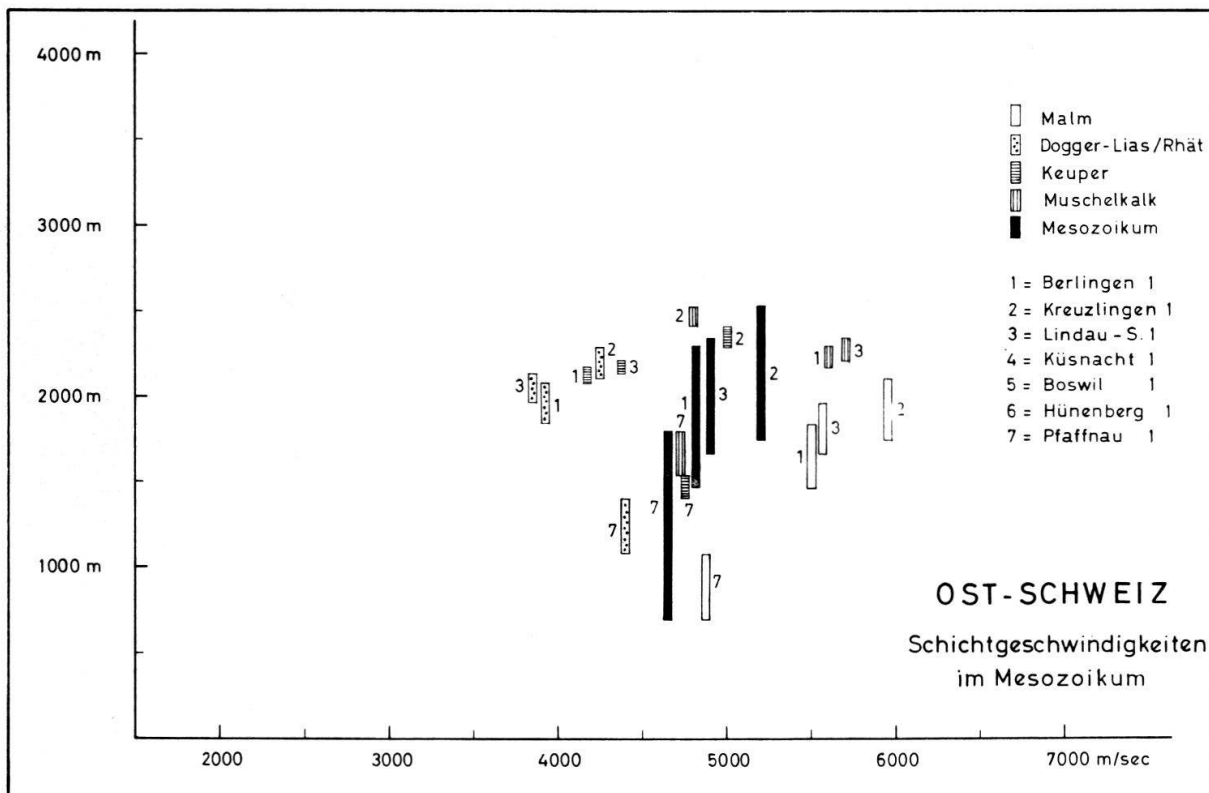


Abb. 8

E. Die mesozoischen Schichtgeschwindigkeiten

Zur analytischen Betrachtung der Schichtgeschwindigkeiten des Mesozoikums in Abhängigkeit von ihrer Tiefenlage stehen nur vier Bohrungen zur Verfügung. Ihr Geschwindigkeitsverhalten kann also nur in groben Zügen aufgezeigt werden (Abb. 8). Von den hier aufgeführten vier Schichtpaketen verdienen nur Malm, Dogger und das gesamte Mesozoikum eine kritische Betrachtung, weil diese eine genügende Mächtigkeit aufweisen.

a) Malm

Seine hohe Geschwindigkeit, die bei 2000 m Tiefe bereits 6000 m/sec erreicht, ist ein typisches Beispiel für hohe Geschwindigkeiten auf Grund der faziellen Ausbildung. Die festen Kalke sind ein hervorragender Leiter für seismische Wellen. Erstaunlich ist, dass der Malm einen so grossen Zunahmefaktor hat. Während dies bei Sand- und Tonsteinen durch einen echten Porositätsverlust erklärt werden kann, müssen hier wohl Umkristallisationen eine Rolle spielen.

b) Dogger

Seine Schichtgeschwindigkeit ist wesentlich geringer als die des Malm. Auch das ist eine Wirkung seiner faziellen Ausbildung.

c) Die übrigen Schichtkomplexe

Diese sind zu geringmächtig, als dass sie eine Aussage hinsichtlich unseres Problems zulassen. Hinzu kommt, dass die Messpunkte im Schichtverband zu ungünstig liegen können, um repräsentative Werte zu erbringen.

Es überrascht nicht, dass der Muschelkalk wegen seiner hauptsächlich kalkigen Fazies gleich hohe Werte erzielt wie der Malm.

d) Das gesamte Mesozoikum

Es scheint in seinem Geschwindigkeitsverhalten nur dem Gesetz der Teufenabhängigkeit zu unterliegen. Das ist erklärlich, weil zur Zeit der Verfestigung der mesozoischen Sedimente kaum eine laterale Kompression geherrscht haben dürfte. Bei späterem Auftreten eines Faltungsdruckes waren diese Schichten – sofern diese überhaupt einem Druck ausgesetzt waren – diagenetisch so verfestigt, dass ihre Geschwindigkeit nicht mehr beeinflusst werden konnte.

F. Zusammenfassung

Das Geschwindigkeitsverhalten der mesozoischen Schichten wird – soweit sich bei der geringen Zahl von Geschwindigkeitsbestimmungen eine Aussage machen lässt – trendmässig vom Grad der Absenkung bestimmt, weil sich der später einsetzende Faltungsdruck auf Grund der Verfestigung dieser Schichten nicht mehr auswirken konnte.

Die Höhe der tertiären Schichtgeschwindigkeiten und deren starkes Anwachsen mit der Tiefenlage kann nicht allein mit dem Belastungsdruck und auch nur zu einem geringen Teil mit faziellen Unterschieden innerhalb der Sedimente begründet werden. Der mit Annäherung an die subalpine Molasse wachsende Faltungsdruck beeinflusst entscheidend die Geschwindigkeitsverteilung der tertiären Schichten.

Die von REICH bereits 1946 auf Grund seiner Beobachtungen bei Refraktionsmessungen veröffentlichte Ansicht, von der Beziehung zwischen Faltungsdruck und Geschwindigkeitsverhalten des Tertiärs konnte bestätigt werden.

G. Ausblick

Es bleibt zu untersuchen, in welchem Masse ein unterschiedlicher Calzitgehalt in den Sedimenten die Diagenese und damit die Geschwindigkeit beeinflusst. Ferner soll einer weiteren Untersuchung vorbehalten bleiben, ob eine Beziehung besteht zwischen der Auswirkung des Faltungsdruckes und der Breite des Molassebeckens. Die von JOHN mit Hilfe der Geschwindigkeiten versuchte Molassegliederung scheint auf eine solche Beziehung hinzudeuten.

Literatur

- ALBRECHT und FURTAK: «Die tektonische Verformung der Fossilien in der Faltenmolasse Oberbayerns zwischen Ammer und Leitzach.» Geol. Mitt. 5, S. 227–248. Aachen, Nov. 1965.
- ANDRES und SCHAD: «Seismische Kartierung von Bruchzonen im mittleren und nördlichen Teil des Oberrheintalgrabens und deren Bedeutung für die Ölabsammlung». Erdöl und Kohle, 12. Jg. (1959) S. 323–334.
- ELBERSKIRCH und LEMCKE: «Zur Tektonik der nordalpinen Molassesenke». Zeitschr. d. Dt. Geol. Ges., Jahrg. 1953, Bd. 105, S. 307–323, Hannover, 1955.
- JOHN: «Das Geschwindigkeitsproblem im Bereich der Schwäbischen Vorlandmolasse». Erdöl und Kohle, 9. Jg. (1956), S. 290–299.
- «Die Gliederung der deutschen Alpenvorlandmolasse mit Hilfe seismischer Geschwindigkeiten». Erdöl und Kohle, 10. Jg. (1957), S. 493–496, 570–573, 661–664.
- REICH: «Über das elastische Verhalten des Tertiärs im Alpenvorland». Naturw. 33. Jg., Heft 11, S. 345.
- «Geophysikalische Probleme im Bayerisch-schwäbischen Donaauraum». Erdöl und Kohle, 2. Jg. (1949), Nr. 3.