

# Vertikalbewegungen des vormesozioschen Sockels im nördlichen Alpenvorland Perm bis zur Gegenwart?

Autor(en): **Lemcke, Kurt**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Eclogae Geologicae Helvetiae**

Band (Jahr): **67 (1974)**

Heft 1

PDF erstellt am: **15.05.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-164283>

## **Nutzungsbedingungen**

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

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

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

## **Haftungsausschluss**

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

## Vertikalbewegungen des vormesozoischen Sockels im nördlichen Alpenvorland vom Perm bis zur Gegenwart<sup>1)</sup>

Von KURT LEMCKE<sup>2)</sup>

### ZUSAMMENFASSUNG

Ein an Hand von 13 Tiefbohrprofilen entworfener, 604 km langer, konventioneller Längsschnitt durch die Molasse und das Mesozoikum des nördlichen Alpenvorlandes von der Westschweiz bis Oberösterreich dient als – kurz diskutierter – Ausgangspunkt. Die Umformung der Bohrprofile in *Absenkungsdiagramme*, deren Methodik an einem Beispiel näher erläutert wird, liefert Informationen über die vertikalen Bewegungen des vormesozoischen Sockels in Raum und Zeit, die zu der von dem Längsschnitt abgebildeten Schichtlagerung geführt haben. Die Doppelrolle des Alpenvorlandes als Festlandsschelf im Mesozoikum und als Vortiefe des Orogens im Tertiär kommt hierbei anschaulich zur Geltung. Die «Resthebungen» nach der Molassezeit spiegeln grösstenteils die En-bloc-Hebung des Alpenvorlandes wider, im Bodenseegebiet zusätzlich auch die junge, stärkere Aufwölbung des Schwarzwaldmassivs. In der Westschweiz unterliegt das Vorland bis zum Ende der Molasse zeitweise (besonders im Keuper und Jura) ungewöhnlich starker Senkung, von da ab bis zur Gegenwart ungewöhnlich starker «Resthebung», die im Durchschnitt mindestens 0,3–0,4 mm/Jahr beträgt.

### ABSTRACT

A conventional, 604 km long longitudinal section through the Molasse and the Mesozoic of the northern Alpine foreland from Western Switzerland to Upper Austria, based on 13 deep well profiles, is briefly discussed. The transformation of the well profiles into subsidence diagrams, which is explained in detail by an example, provides information on the vertical movements of the pre-Mesozoic basement in space and time as they are reflected in the layering shown by the longitudinal section. This makes the double role of the Alpine foreland as continental shelf in the Mesozoic and foredeep of the orogene in the Tertiary most clearly visible. The "Resthebungen" (net rises) after the Molasse time largely reflect the en-bloc rise of the Alpine foreland, in the area of Lake Constance also the younger, more pronounced uplifting of the Black Forest massif. In Western Switzerland the foreland temporarily (especially during Keuper and Jurassic) experienced an unusually strong sinking, from there on until today an unusually strong "Resthebung", averaging at least 0.3–0.4 mm per year.

Seit dem Jahre 1950 sind bei der Suche nach Öl und Gas im nördlichen Alpenvorland ziemlich viele Bohrungen bis zum kristallinen oder paläozoischen Untergrund

<sup>1)</sup> Nach einem Vortrag, gehalten auf der 94. Tagung des Oberrheinischen Geologischen Vereins in Baden (Schweiz) am 25. April 1973.

<sup>2)</sup> Anschrift: Dr. KURT LEMCKE (Gewerkschaften Brigitta und Elwerath Betriebsführungsgesellschaft mbH Hannover, Geol. Büro München), D-8000 München 60, Fritz-Reuter-Strasse 19a.

vertieft worden – oder doch wenigstens so weit, dass man dessen jeweilige Tiefe relativ gut extrapolieren kann. Einige der hiervon schon publizierten Bohrprofile<sup>3)</sup> eignen sich dank ihrer geographischen Lage für die Konstruktion eines über 600 km langen Längsschnitts durch das Molassebecken und seine mesozoische Unterlage vom Genfer See bis Oberösterreich (Fig. 1). Ausserdem bieten sie die Möglichkeit, auf dieser Profillinie das Auf und Ab des vormesozoischen Sockels in Raum und Zeit zu verfolgen, der bis zum Malm die Rolle des viel diskutierten «Vindelizischen Landes» gespielt hat und aus Gneis und Granit mit einigen mehr oder minder schmalen Permokarbontrögen besteht (LEMCKE 1973, Beilage 1, Fig. 1; vgl. auch Fig. 2 dieser Arbeit).

Wie sich aus den Lagepunkten der verwendeten Tiefbohrungen von Essertines 1 nördlich Lausanne bis Schwanenstadt 3 südwestlich Linz sowie den mit ihnen auf Figur 1 eingetragenen Streichlinien der Tertiärbasis (LEMCKE 1973, Abb. 7) ergibt, schwankt deren Tiefenlage im Bereich der Profilstrecke infolge des regionalen Einfallens zu den Alpen zwischen etwa 0 und 2000 m unter NN. Dies führt in den einzelnen Bohrungen zu sehr unterschiedlichen Mächtigkeiten der Molasse, die hier übrigens ebenso wie die mesozoischen Formationen ohne stratigraphische Einzelgliederung betrachtet wird.

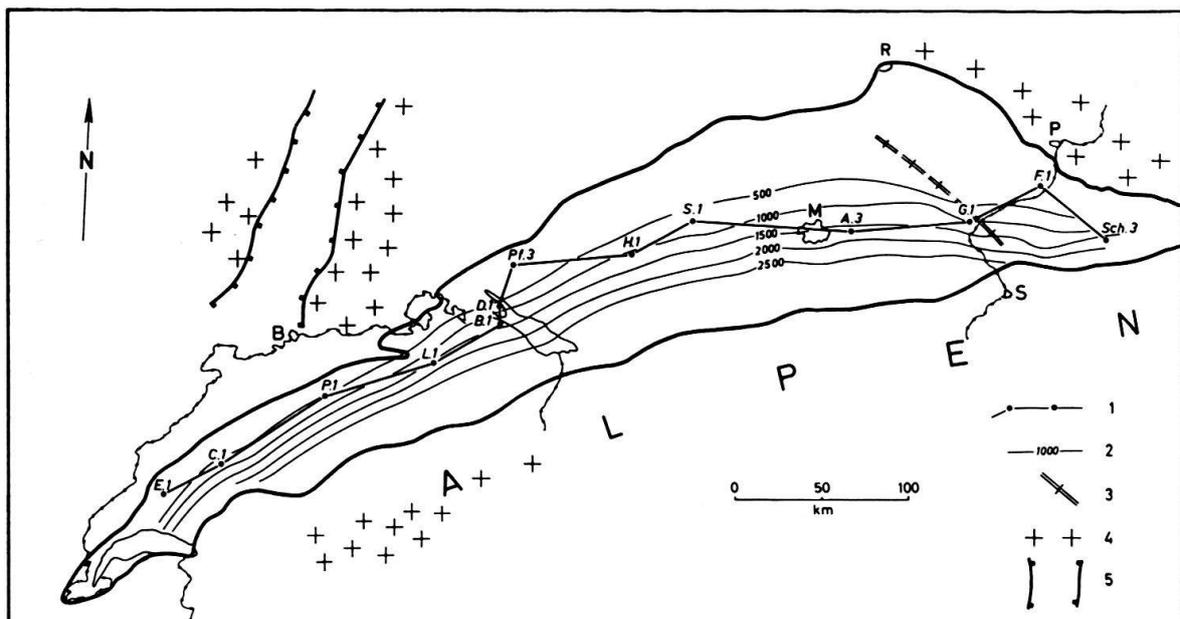


Fig. 1. Situationskarte. – 1 = Profillinie mit den Lagepunkten der Bohrungen, 2 = Streichlinien der Tertiärbasis (m unter NN) im Molassebecken, 3 = Landshut-Neuöttinger Hoch, 4 = heutige Kristallgebiete (nur angedeutet), 5 = heutige Randbrüche des Oberrheingrabens; E. 1 = Essertines 1, C. 1 = Courtion 1, P. 1 = Pfaffnau 1, L. 1 = Lindau 1, B. 1 = Berlingen, D. 1 = Dingelsdorf 1, Pf. 3 = Pfullendorf 3, H. 1 = Heimertingen 1, S. 1 = Scherstetten 1, A. 3 = Anzing 3, G. 1 = Gendorf 1, F. 1 = Füssing 1, Sch. 3 = Schwanenstadt 3; B = Basel, M = München, P = Passau, R = Regensburg, S = Salzburg.

<sup>3)</sup> Essertines 1 (BÜCHI, LEMCKE, WIENER, ZIMDARS 1965, S. 11–13); Courtion 1 (FISCHER und LUTERBACHER 1963, Tf. I); Pfaffnau 1, Lindau 1 und Berlingen 1 (BÜCHI, LEMCKE, WIENER, ZIMDARS 1965, S. 13–15); Dingelsdorf 1 (LEMCKE und WAGNER 1961, S. 10); Pfullendorf 3 (VOLLMAYR 1971, S. 3); Heimertingen 1 (VOLZ 1956, S. 297); Scherstetten 1 (LEMCKE 1955, S. 10); Anzing 3 (KÖWING, KRAUS und RÜCKERT 1968, S. 122); Gendorf 1 (BECKMANN 1958, S. 678; BERGER 1959, Abb. 1); Füssing 1 (NATHAN 1949, S. 39); Schwanenstadt 3 (JANOSCHEK 1970, Abb. 8).

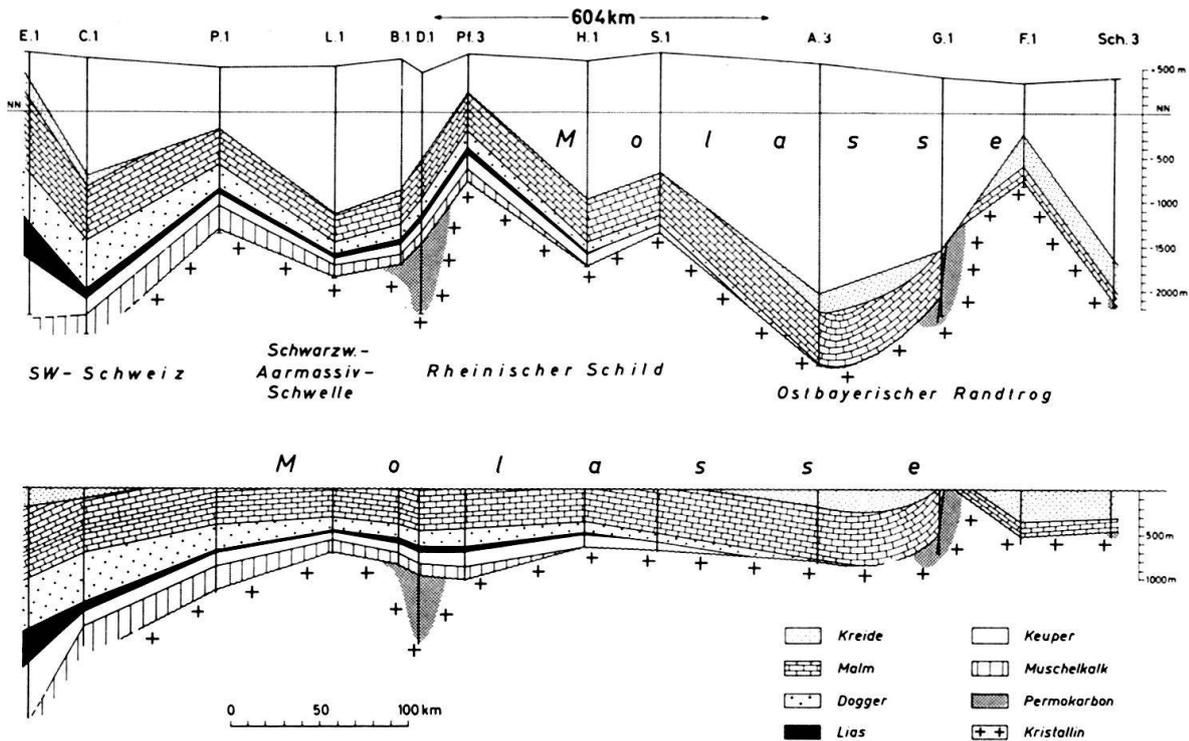


Fig. 2. Längsschnitt durch das Molassebecken und seinen vortertiären Untergrund (50fach überhöht). – Der Buntsandstein von Pfullendorf 3 und der Dogger von Füssing 1 sind hier wegen zu geringer Mächtigkeit vernachlässigt; Abkürzungen der Bohrungen wie in Figur 1.

Stellt man die vollständigen Profile dieser Bohrungen in herkömmlicher Weise teufenrichtig zu einem Profilschnitt zusammen (Fig. 2, oben), so ergibt sich ein etwas unübersichtliches Bild, dessen Unruhe durch die wechselnden Zufallmächtigkeiten der Molasse (im Verein mit der unvermeidbaren starken Überhöhung) verursacht wird. Sie erschwert vor allem die richtige Einschätzung der Lagerungs- und Mächtigkeitsverhältnisse in dem vom alpinen Geschehen noch kaum beeinflussten mesozoischen *Untergrund*. Diese treten erst deutlicher hervor, wenn man die Tertiärbasis als Horizontale zeichnet, also etwa den Zustand vor der Molassetransgression rekonstruiert (Fig. 2, unten). Sehr eindrucksvoll erscheint nunmehr das tiefe mesozoische *Senkungsgebiet* in der Südwestschweiz, das sich schon in der Trias herausbildet, ebenso aber auch der viel jüngere «Ostbayerische Randtrog» (bzw. «Randsenke», LEMCKE 1970, S. 29 und 30) mit seiner Kreidefüllung und dem aus Kristallin und Permokarbon bestehenden Landshut-Neuöttinger Hoch (LEMCKE 1972, Fig. 2), dessen mutmasslicher Einfluss auf die vorkretazische Paläogeographie (LEMCKE 1970, S. 29) hier durch die verschiedenen Malm-Mächtigkeiten beiderseits von ihm angedeutet wird. Zwischen diesen beiden grossen und wichtigen Senkungsgebieten im SW und E erkennt man des weiteren – vor allem an dem hier etwas schwächeren Malm – ein wenig ausgeprägtes, flaches Hochgebiet, das zu dem von NW in das Molassebecken hineinragenden Rheinischen Schild gehört (LEMCKE 1970, S. 29 und Fig. 6). Besonders instruktiv schliesslich ist das von W nach E fortschreitende Vorgreifen immer jüngerer Schichten über den Sockel, also die sukzessive Überwältigung des Vindelizischen Landes, die im Osten erst im Malm vollendet wird (LEMCKE 1970, Fig. 1–5). Eine zusammenfassende flächenhafte Darstellung dieses Vorgangs bringt Figur 3.

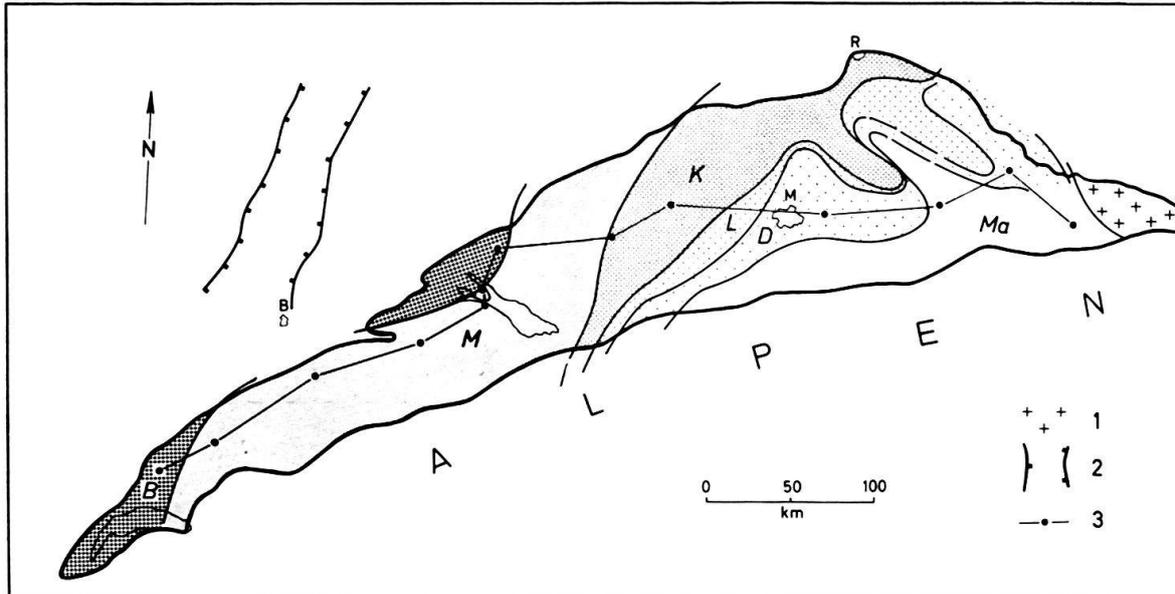


Fig. 3. Die von W nach E fortschreitende, sukzessive Überwältigung des Vindelischen Landes im Untergrund des Molassebeckens (B: im Buntsandstein, M: im Muschelkalk, K: im Keuper, L: im Lias, D: im Dogger, Ma: im Malm). – 1 = verbleibendes Festland im Malm, 2 = heutige Randbrüche des Oberrheingrabens, 3 = Profillinie; B = Basel, M = München, R = Regensburg.

Trotz aller Informationen, die er liefert, ist der Profilschnitt der Figur 2 nur ein *statisches* Dokument, das die gegenwärtige Lagerung oder – bei Wahl anderer Bezugshorizonte wie im unteren Bildteil – frühere Lagerungsverhältnisse wiedergibt, über den Ablauf der Vorgänge, die zu diesen verschiedenen Zuständen geführt haben, aber relativ wenig und nur Lückenhaftes aussagt. Will man mehr hierüber erfahren und sich dabei auch ein ungefähres Bild davon machen, was in den überlieferungslosen Zeiträumen jeweils zwischen Regression und Transgression geschehen sein könnte, also z. B. zwischen Malm und Molassetransgression, muss man die einzelnen Bohrprofile gewissermassen *dynamisieren*. Dies gelingt am einfachsten durch die Umwandlung dieser Profile in *Absenkungsdiagramme* (entsprechend PHILIPP 1961, S. 475, 476), mit denen man die vertikalen Bewegungen eines beliebigen Horizontes, hier am besten die des Sockels, gegenüber der absoluten Zeit verfolgen kann.

In einem Subsidenzbecken mit einigermaßen gleichmässiger Sedimentation gibt normalerweise die heutige Mächtigkeit einer kontinuierlichen Schichtenfolge nur den *Mindestwert* der Absenkung des Beckenbodens während ihrer Ablagerung an, weil hierbei nicht nur – für aquatische Gesteine – die freilich kaum je exakt genug fassbaren ehemaligen Wassertiefen, sondern vor allem die inzwischen eingetretene *Kompaktion* der Sedimente ausser Betracht bleiben. Kann man diese letztere zahlenmässig berücksichtigen, so ergeben sich meist erheblich grössere Absenkungsbeträge, doch ist dabei Voraussetzung, dass die Kompaktion allein durch Auflast bewirkt wurde, weil nur sie in direkter Beziehung zur Absenkung steht. Man kann dann mit Hilfe geeigneten Vergleichsmaterials aus dem jeweiligen Kompaktionsgrad, ausgedrückt etwa in den (irreversiblen) Tonporositäten bzw. Ultraschall-Laufzeiten in Soniclogs, nicht nur die ursprüngliche Mächtigkeit eines unkompanierten Sediments rekonstruieren, sondern auch dessen maximale Versenkungstiefe bestimmen, auch wenn es inzwischen

wieder gehoben wurde (JANKOWSKY 1963, S. 454–458; 1970, S. 116; ROLL 1971, S. 89ff.). Im Alpenvorland geht dies nicht, weil hier zu der Auflastkompaktion noch seitliche Kompression tritt (BREDDIN 1958, S. 379; LOHR 1969, S. 116ff.; LEMCKE 1972, S. 39), deren jeweiliger Anteil am Verdichtungszustand der Sedimente sich nicht eliminieren lässt. Man muss sich daher dort mit der Feststellung begnügen, dass der vormesozoische Sockel *tiefer* versenkt gewesen sein wird, als es die heutigen Sedimentmächtigkeiten auf ihm erkennen lassen.

Die von diesen Überlegungen ausgehende Methodik nun, Bohrprofile in Absenkungsdiagramme umzuformen, sei am Beispiel der Bohrung Anzing 3 (KÖWING, KRAUS und RÜCKERT 1968, S. 122) erläutert (Fig. 4). Die Bohrung steht etwa 15 km östlich München auf dem Westflügel des Ostbayerischen Randtroges und hat bei etwa 2583 m Tiefe die Molassebasis erreicht. Darunter folgen bis zum Kristallin etwa 800 m Kreide und Jura (inkl. rund 110 m Schichtausfall an einer im oberen Malm durchfahrenen Störung). In dem Profil transgredieren: mittlerer Dogger über Kristallin, Hauterive über Malm, Gault über Hauterive, Obereozän über Turon, Helvet über Aquitan.

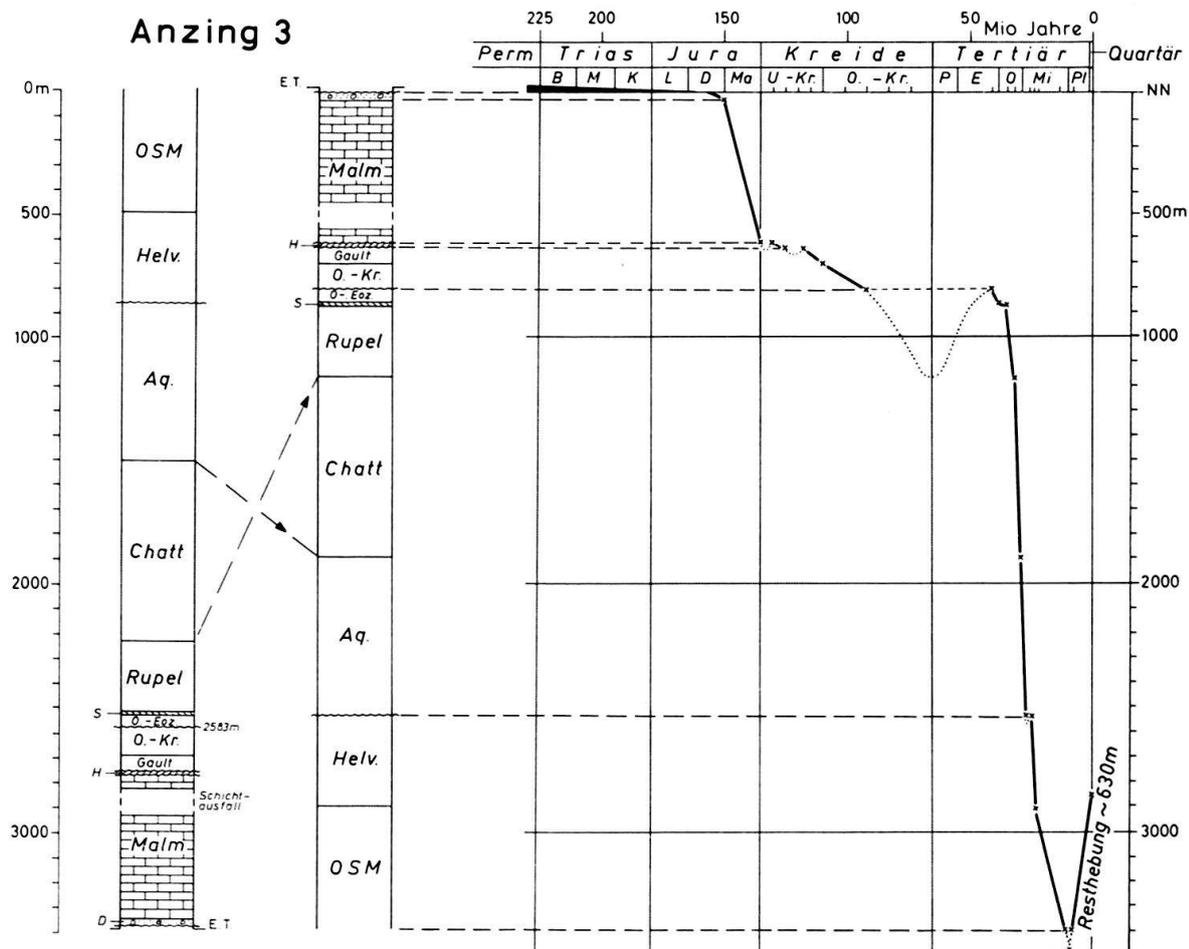


Fig. 4. Zur Konstruktion eines Absenkungsdiagramms. – Im Bohrprofil: OSM = Obere Süsswassermolasse (tiefstes Pliozän bis Torton), Helv. = Helvet, Aq. = Aquitan, S = Sannois, H = Hauterive, D = Dogger, E.T. = Endteufe. In der Absenkungskurve entsprechen die liegenden Kreuze den Formationsgrenzen des Bohrprofils; die extrapolierten Abschnitte sind punktiert.

Um die Absenkung des Beckenbodens (also der Kristallinoberkante) optisch anschaulich zu machen, empfiehlt es sich, das Bohrprofil umzudrehen und aus dieser Stellung heraus seine Schichtgrenzen in das daneben stehende, entsprechend orientierte Absenkungsdiagramm zu übernehmen. In diesem sind auf der waagerechten Achse die nachpermischen Formationen mit ihrer Dauer in Mio. Jahren eingetragen (im wesentlichen nach KULP 1961, S. 1111, sowie nach CICHA, FAHLBUSCH, FEJFAR 1972, S. 132), auf der senkrechten Achse Teufenzahlen ab NN. Da das Kristallin bis zu seiner Überflutung durch das Meer des mittleren Doggers die Landoberfläche gebildet haben wird, ist es auf dem Diagramm vom Perm bis zu diesem Zeitpunkt schematisch als langsam sinkendes Festland dargestellt (Schwarz-Signatur über der – NN markierenden – Grundlinie der Zeitleiste). Von da ab lässt sich dann seine Absenkung gegenüber der absoluten Zeit mit Hilfe der auf ihm abgelagerten Schichtmächtigkeiten (vgl. vorvorigen Absatz) als Kurve verfolgen, in der jeder Punkt die zu der betreffenden Zeit jeweils erreichte Tiefenlage des Sockels unter dem als konstant gedachten Meeresspiegel angibt.

Da der Dogger in Anzing 3 etwa 31 m mächtig ist, kommt die Absenkung hier bis zum Malm nur um diesen geringen Betrag voran. Der Malm seinerseits ist 580 m mächtig, so dass die Absenkung an seinem Ende bereits bei etwa 610 m u. NN angeht; sie verläuft also jetzt sehr viel schneller, sichtbar an der viel grösseren Steigung der Kurve. Bis zum Turon wird die Senkung wieder langsamer und ausserdem unterbrochen durch die beiden «kleineren» Transgressionen Hauterive–Malm und Gault–Hauterive, deren Abbildung durch die Kurve wie bei der bedeutenderen Transgression Molasse–Kreide mit ihrer viel grösseren Schichtlücke erfolgt.

Nur vom Bohrprofil her müsste man die Absenkungskurve in dieser Zeitspanne, also vom Turon bis zum Obereozän, auf der kurz gestrichelten horizontalen Linie fortsetzen, da die Absenkung an der erbohrten Oberkante des Turon, also an seiner Transgressionsfläche, natürlich ebensogross ist wie an der Unterkante des transgredierenden Obereozäns. Aus der Gesamtsituation lässt sich aber vermuten, dass hier weit mehr Oberkreide (wahrscheinlich bis inkl. Campan) abgelagert wurde, als vor der Tertiärtransgression erhalten geblieben ist. Infolgedessen darf – und muss – man die Absenkungskurve hier bis ins Campan fortsetzen, und zwar mit Schichtmächtigkeiten, die sich aus der Umgebung abschätzen lassen (wohl mindestens 350 m). Um dann aber von da aus zu dem beobachteten Zustand Obereozän über Turon zu gelangen, muss man im Alttertiär eine entsprechende *Hebung* annehmen, während der der Schichtenstoss Turon bis Campan wieder entfernt wurde, so dass die Kurve jetzt rückläufig wird. Ähnliches gilt sicherlich auch für andere Transgressionen, soweit sie mit nennenswerten Sedimentationsunterbrechungen verbunden und nicht auf eustatische Meeresspiegelschwankungen zurückzuführen sind. Vor ihnen wird man also in der Regel mindestens *eine* Hebungsphase vermuten dürfen, die jeweils eine voraufgegangene, annähernd gleich grosse Absenkung kompensiert und die Abtragung eines entsprechend mächtigen Schichtpaketes verursacht hat.

Mit der Transgression des Obereozäns beginnt ein neuer Abschnitt in der Absenkung des Beckenuntergrundes, die anfangs zögernd, dann sehr rasch fortschreitet und nur einmal durch die Helvettransgression über Aquitan kurz unterbrochen wird. In ihr dokumentiert sich die Umbildung des Südrandes von Mesoeuropa zur alpinen Vortiefe, zum Molassebecken (LEMCKE 1973, Abschn. 1.33). Dem vertikalen Abstand

des Sockels von der heutigen Oberfläche entspricht der tiefste sichere Punkt der Absenkungskurve. Diese wird man über ihn hinaus noch etwas weiterführen müssen, da infolge der jungen Hebung des Alpenvorlandes nach dem Unterpliozän sicher etwas Molasse abgetragen wurde, die jetzt im Bohrprofil fehlt. Da der Bohrpunkt aber innerhalb der Verbreitung der jüngsten, unterstpliozänen Oberen Süßwassermolasse (DEHM 1951, Abb. 1 und S. 146) liegt, wird das nicht viel sein, vielleicht 80–100 m. Die gesamte nachmolassische Hebung erhält man, wenn man den tiefsten, auf diese Weise extrapolierten Absenkungspunkt mit der heutigen Teufe der Kristallinoberkante unter NN, vermehrt um die 110 m Schichtausfall an der durchfahrenen Störung, verbindet. Sie beläuft sich hier auf etwa 630 m und wird, da nicht wie die des Alttertiärs durch erneute Senkung kompensiert, entsprechend JANKOWSKY (1963, S. 454) als «Resthebung» bezeichnet. Sie bildet junge, grossräumige Hebungsvorgänge ab und verdient daher besondere Beachtung.

Schon die Umformung dieses einen Bohrprofils in ein Absenkungsdiagramm lässt die *Zweiphasigkeit* der epirogenen Geschichte des Alpenvorlandes anschaulich hervortreten: Seine Rolle als Festlandsschelf im Mesozoikum einerseits – als Vortiefe des Orogens im Tertiär andererseits. Dieses Bild wird noch eindrucksvoller, wenn man alle Bohrprofile, die für den Entwurf des Profilschnitts der Figur 2 benutzt wurden, in der gleichen Weise umformt (Fig. 5). Von ihnen ist das Diagramm von Essertines 1 besonders interessant, dessen tiefste Teile allerdings extrapoliert werden müssen, weil die Bohrung den Sockel nicht erreicht hat. Man hat aber guten Grund zu der Annahme, dass das Basement hier schon vom Buntsandstein eingedeckt wurde, wie es ja auch auf Figur 3 dargestellt ist. Vom Keuper bis zum Barrême ist dann die Absenkungskurve durch das Bohrprofil belegt; für die weitere Absenkung in der Kreide ergeben sich aus der Nachbarschaft keine hohen Werte, so dass die extrapolierte Kurve – mit Hebung in der Oberkreide und im Alttertiär – ziemlich flach verläuft. Die von Anzing 3 schon bekannte rasche Absenkung zum Molassetrog setzt hier erst im Chatt ein, doch sind davon nur 337 m erhalten geblieben. So stellt sich hier mit besonderem Nachdruck die Frage, wieviel Molasse abgetragen wurde bzw. bis zu welcher Tiefe die Absenkung weitergegangen ist.

Nach den benachbarten Bohrungen wird die Mächtigkeit des Chatt hier ursprünglich etwa 550 m betragen haben, und zu ähnlichen Werten kommt man auch für die des Aquitans. Die Mächtigkeiten der jüngeren Molassestufen lassen sich *direkt* nicht abschätzen, weil es keine Vergleichsbohrungen gibt, die genügend nahe lägen. *Indirekte* Anhaltspunkte liefert aber der Umstand, dass die aus dem Rhonetal nach NE vorstossende Transgression des Meeres der Oberen Meeresmolasse (LEMCKE 1970, S. 32) dieses Gebiet bereits im Burdigal erreichte, dessen Ablagerungen nur 20 km südöstlich schon allein etwa 650 m mächtig sind (MORNOD 1949, S. 12). Ferner ist das gewaltige Flußsystem der Oberen Süßwassermolasse zum Rhonetal abgeflossen (u. a. LEMCKE 1972, S. 37) und wird daher hier ebenfalls Sedimente hinterlassen haben. So ist es wohl nicht übertrieben, wenn man der inzwischen abgetragenen Serie vom Burdigal bis zum untersten Pliozän weitere 1000–1200 m Mächtigkeit zubilligt. Damit kommt man hier auf eine ursprüngliche Molassemächtigkeit von etwa 2200 m, auf eine Gesamtabenkung des Sockels bis etwa 5200 m unter NN – ohne Berücksichtigung der Kompaktion! – sowie auf eine *Abtragung* von rund 1900 m Molasse und auf eine *Resthebung* von etwa 2500 m, beides seit dem Ende der Molassezeit. Diese Zahlen

dürften, obwohl z.T. auf Extrapolationen beruhend, der Wirklichkeit ziemlich nahe kommen und stellen wahrscheinlich sogar eher Minimal- als Maximalwerte dar.

In Courtion 1 und noch mehr in Pfaffnau 1 wird die mesozoische Absenkung des Sockels rasch geringer. Sie beginnt auch erst im Muschelkalk und klingt schon in der Unterkreide bzw. im Malm aus. Die Resthebungen sind in beiden Bohrungen mit etwa 1600 m noch beträchtlich.

Von hier aus nach E bis in die Gegend von München zeigen die Diagramme ein ziemlich einheitliches Bild: Die Absenkung im Mesozoikum ist relativ gering, am geringsten in Lindau 1 bei Zürich auf der damals wirksamen Schwarzwald-Aarmassivschwelle (BÜCHI, LEMCKE, WIENER, ZIMDARS 1965, S. 34–36) und in Scherstetten 1 als dem östlichsten Punkt dieses Profilschnitts mit relativ spätem Beginn der Überwältigung des Sockels. Allen Bohrungen gemeinsam ist das anscheinend primäre Ausbleiben von Absenkung und Sedimentation in der Kreide, offenbar eine Auswirkung ihrer Lage auf dem Südteil des Rheinischen Schildes (s. auch Fig. 2). Die Resthebungen spielen sich auf 600–700 m ein; die etwas herausfallenden Werte in Dingelsdorf 1 und noch mehr in Pfullendorf 3 hängen wohl mit der jungen, stärkeren Aufwölbung des Schwarzwaldmassivs zusammen, die auch auf der benachbarten Alb bei Tuttlingen die heutige *Kulmination* der Klifflinie der Oberen Meeresmolasse verursacht hat (Fig. 6; WAGNER 1929, S. 253, 254; HAUS 1952, S. 29; CARLÉ 1955, S. 102).

Östlich München wird der Sockel erst im Dogger oder Malm überflutet; entsprechend gering ist die vorkretazische Absenkung, am geringsten auf der niederbayerisch-oberösterreichischen Vorstaffel der Böhmisches Masse (Füssing 1 und Schwanenstadt 3, Fig. 1 und 2; s. auch LEMCKE 1973, Abschn. 1.11, Abb. 1). Statt dessen kommt es dort zu kräftigen Senkungsbewegungen in der Kreide, die Werte bis fast 1000 m erreichen (NATHAN 1949, S. 39) und für den Ostbayerischen Randtrog kennzeichnend sind. Die Resthebungen gehen auf 500–600 m zurück.

Überblickt man den ganzen umgeformten Profilschnitt, so ergibt sich eine *Zweiteilung*: Zur 1. Gruppe gehören die Diagramme von Lindau 1 bis Schwanenstadt 3, mit vorkretazischen Absenkungen bis 900 m, die nach E auf etwa 200 m abnehmen, und mit Resthebungen zwischen 500 und 900 m. Diese spiegeln im wesentlichen nur die nachmolassische En-bloc-Hebung von Rheinischem Schild, Böhmischer Masse und dem zwischen beiden liegenden Ostbayerischen Randtrog mit seiner mächtigen Kreidefüllung wider, dessen Zugehörigkeit zum relativ starren Südrand von Mesoeuropa sich auch hierin ausdrückt. Die Absenkungsbeträge in der Molasse selbst entsprechen jeweils etwa der heutigen Teufe der Tertiärbasis in den betreffenden Bohrungen und damit zugleich ungefähr deren Entfernung vom Alpenrand.

Im Gegensatz hierzu steht die 2. Gruppe: Sie umfasst die Diagramme von Pfaffnau 1 bis Essertines 1, mit vorkretazischen Absenkungen bis 3000 m, mit Gesamtabenkungen – und zwar ziemlich weit entfernt vom Alpenrand! – bis über 5000 m und mit Resthebungen zwischen 1600 und 2500 m, die eine starke, vielleicht auf Isostasie beruhende *Rückläufigkeit* bezeugen. Damit werden in dem westschweizerischen Senkungsgebiet, das möglicherweise nicht zufällig in der südlichen Verlängerung des Oberrheingrabens liegt, Einzelheiten seines epirogenetischen Werdeganges aufgedeckt, die ihm eine höchst bemerkenswerte Sonderstellung in der nachpermischen Geschichte des Alpenvorlandes zuweisen.

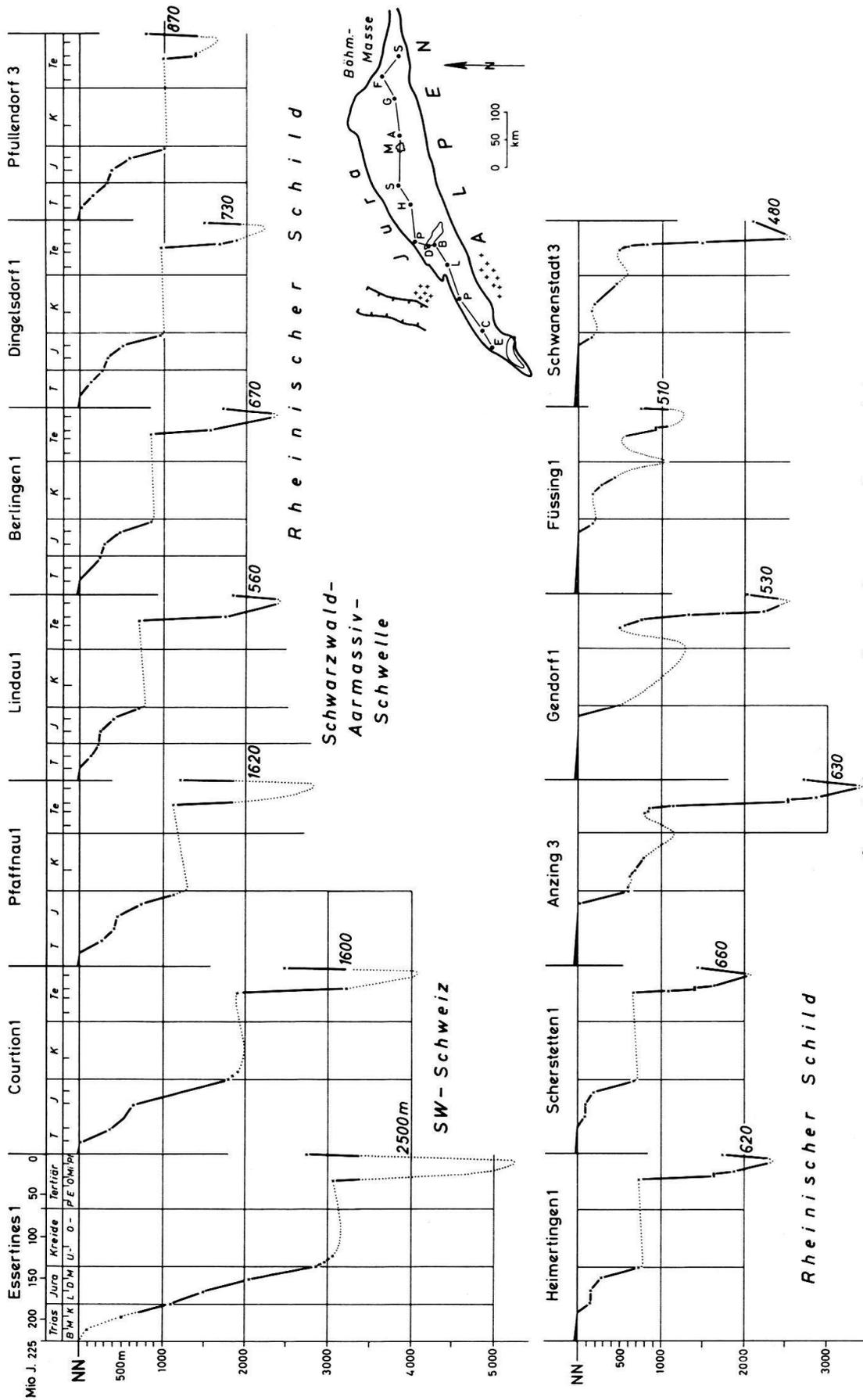


Fig. 5. Die Absenkungsdiagramme der für den Längsschnitt der Figur 2 verwendeten Bohrprofile. — Zahlen an den aufsteigenden jüngsten Kurvenabschnitten = jeweilige Resthebung (m); sonstige Signalen wie in Figur 4.

Vor allem nach den Streichlinien auf die Oberkante der Oberen Meeresmolasse (Fig. 6) stellt das heutige Molassebecken im wesentlichen eine langgestreckte, alpenparallele *Grossmulde* dar, deren Achsentiefstes in Bodenseenähe liegt und die nach E zur Böhmisches Masse, nach SW zum Genfer See hin aushebt (LEMCKE 1972, S. 32, 38). Dabei ist die axiale Heraushebung im SW – mit flächenhaftem Chatt über Tage – weit drastischer als im E, wo als tiefste Molassestufe das Burdigal ausstreicht. Diesem Bild entsprechen die unterschiedlichen Resthebungen in Essertines 1 und Schwanenstadt 3 (Fig. 5), wobei in Oberösterreich noch hinzukommt, dass die Aufwärtsbewegung schon am Ende des Helvet beginnt, so dass dort die Obere Süsswassermolasse weithin gar nicht abgelagert wurde (LEMCKE 1972, S. 34, 37).

In der Westschweiz kann man den Hebungsvorgang über Essertines 1 hinaus noch um etwa 85 km nach SW verfolgen, also bis fast zu dem vom Vuache gebildeten südwestlichen Muldenschluss (LEMCKE 1972, S. 38). Dort steht etwa in der Muldenachse die französische Bohrung Humilly 1 (Exk.-Führer VSP, Genf 1961), die unter etwa 730 m Chatt die Unterkreide erreicht, aber nicht durchbohrt hat und daher hier bisher ausser Betracht blieb. Durch Extrapolation kommt man dort zu ähnlichen, vielleicht etwas höheren Werten für die nachmolassische Abtragung und Resthebung als in Essertines 1. Legt man sie zugrunde, so müssten am Ende der Molassezeit z. B. die Berge des Chablais südlich des Genfer Sees von Molasse nicht nur *unterlagert* (SCHROEDER und DUCLOZ 1955; Bohrung Faucigny 1/Sav., 1970), sondern auch weitgehend *zugedeckt* gewesen sein – im Grundsatz also vielleicht ein gewaltiges Analogon zu den Verhältnissen bei Perwang in Oberösterreich, wo bekanntlich in der Vorlandmolasse ein über 1000 m mächtiger Schuppenkörper aus becken tieferer Molasse und Oberkreide erbohrt wurde (JANOSCHEK 1961, S. 168 und 169). Es sieht ferner so aus, als wäre in der wohl seit dem Unterpliozän aufsteigenden Westschweiz die Molasse zwischen den Härtingen der Alpen und des Faltenjura von der Erosion gewissermassen herausgekratzt worden – daher die ausserordentlichen Abtragungsbeträge. Unter diesem Aspekt schliesslich hätte sich der Montblanc am Ende der Molassezeit nur mit mittleren Höhen, vielleicht um 2500–2700 m, über die Flussniederungen der Oberen Süsswassermolasse erhoben.

Dies alles mag noch spekulativ klingen. Aber immerhin: Rechnet man die Resthebungen in der Westschweiz um auf die seit dem Unterpliozän verflossenen Jahrmillionen, so ergibt sich dort im Durchschnitt eine jährliche Hebung von mindestens 0,3–0,4 mm. Und in *ähnlicher* Grössenordnung liegen nach radiometrischen Altersbestimmungen auch die Hebungswerte im Monte-Rosa-Gebiet (0,4 mm/a; WAGNER und REIMER 1972, S. 267) und im W-Teil des Lepontins (0,8 mm/a; JÄGER 1973, S. 14), liegt ferner nach Feinnivellements die *heutige* Hebung des Aarmassivs (bis max. 0,9 mm/a; JEANRICHARD 1972, Fig. 1; vgl. auch SENFTL und EXNER 1973, S. 209, 229) und liegt schliesslich die rezente Abtragung im Einzugsgebiet der oberen Rhone (um 0,4 mm/a; JÄCKLI 1958, Tab. 3 und S. 360; s. a. TRÜMPY 1973, S. 5).

#### LITERATURVERZEICHNIS

- BECKMANN, H. (1958): *Struktur Kastl–Gendorf*. Z. dt. geol. Ges. (1957) 109, 677–680.  
 BERGER, W. (1959): *Die oberkarbonen Pflanzenreste der Bohrung Kastl 1 bei Altötting, Obb.* Geologica Bavarica 40, 3–8.

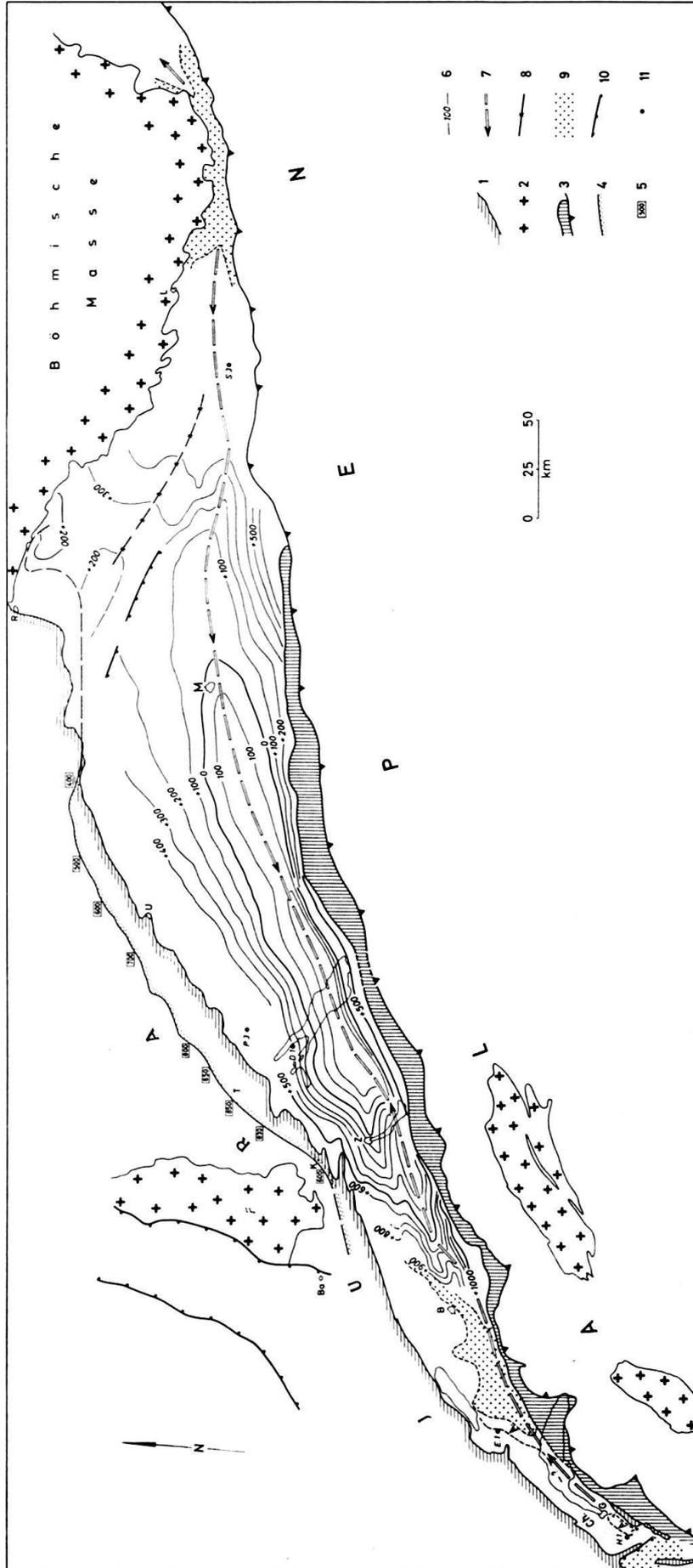


Fig. 6. Das Molassebecken als alpenparallele Grossmulde (n. LEMCKE 1972, Fig. 1, 5, 7). - 1 = NW-Rand des heutigen Molassebeckens, 2 = heutige Kristallgebiete, 3 = Alpenrand und subalpine Molasse, 4 = Klifflinie der Oberen Meeressmolasse, 5 = heutige Höhenlage der Klifflinie in m über NN (WAGNER 1929, Abb. 126; CARLÉ 1955, S. 102; GEYER und GWINNER 1964, Abb. 33; f. d. Küssaburg s. KIDERLEN 1931, S. 256, sowie VON BRAUN 1953, S. 150 und Fig. 1), 6 = Streichlinien auf die Oberkante der Oberen Meeressmolasse in m über (+) /unter NN, 7 = Achse der alpenparallelen Großmulde, in Pfeilrichtung abtauchend, 8 = Achse des niederbayerischen Senkungsstroses, 9 = Burdigal ausstreichend oder unter dünner Quartärdecke, 10 = wichtige Brüche (nordöstlich von München: Landshut-Neuöttinger Abbruch), 11 = Tiefbohrung; Ch., Aq. (i. d. Westschweiz) = Chatt bzw. Aquitan ausstreichend oder unter dünner Quartärdecke; D. 1 = Dingelsdorf 1, E. 1 = Essertines 1, H. 1 = Humilly 1, P. 3 = Pfullendorf 3, S. 3 = Schwanenstadt 3; B = Bern, Ba = Basel, G = Genf, F = Feldberggebiet, K = Küssaburg, L = Linz, M = München, R = Regensburg, T = Tuttingen, U = Ulm, Z = Zürich.

- VON BRAUN, E. (1953): *Geologische und sedimentpetrographische Untersuchungen im Hochrheingebiet zwischen Zurzach und Eglisau*. *Eclogae geol. Helv.* 46/2, 143–170.
- BREDDIN, H. (1958): *Die regionale tektonische Fossil- und Gesteinsdeformation in der Molasse der Ost- und Mittelschweiz*. *Eclogae geol. Helv.* 51, 378–380.
- BÜCHI, U. P., LEMCKE, K., WIENER, G., ZIMDARS, J. (1965): *Geologische Ergebnisse der Erdölexploration auf das Mesozoikum im Untergrund des schweizerischen Molassebeckens*. *Bull. Verein. Schweiz. Petrol.-Geol. u. -Ing.* 32/82, 7–38.
- CARLÉ, W. (1955): *Bau und Entwicklung der Südwestdeutschen Großscholle*. *Beih. Geol. Jb.* 16, 272 S.
- CICHA, I., FAHLBUSCH, V., und FEJFAR, O. (1972): *Die biostratigraphische Korrelation einiger jungtertiärer Wirbeltierfaunen Mitteleuropas*. *N. Jb. Geol. Paläont. Abh.* 140, 129–145.
- DEHM, R. (1951): *Zur Gliederung der jungtertiären Molasse in Süddeutschland nach Säugetieren*. *N. Jb. Geol. Paläontol.* 1951, Mh., 140–152.
- FAUCIGNY I (1970): *Kurzprofil in: Rapport annuel 1970, Recherches et production d'hydrocarbures en France*. – Ministère du Développement industriel et scientifique, Rueil-Malmaison.
- FISCHER, H., und LUTERBACHER, H. (1963): *Das Mesozoikum der Bohrungen Courtion 1 und Altishofen I*. *Beitr. geol. Karte Schweiz [N.F.] 115*, 40 S.
- GEYER, O. F., und GWINNER, M. P. (1964): *Einführung in die Geologie von Baden-Württemberg*. VII + 223 S. (Verlag E. Schweizerbart, Stuttgart).
- HAUS, H. A. (1952): *Das Molassebecken im südwestdeutschen Gebiet*. *Bull. Verein. Schweiz. Petrol.-Geol. u. -Ing.* 19/57, 25–30.
- JÄCKLI, H. (1958): *Der rezente Abtrag der Alpen im Spiegel der Vorlandsedimentation*. *Eclogae geol. Helv.* 51, 354–365.
- JÄGER, E. (1973): *Die alpine Orogenese im Lichte der radiometrischen Altersbestimmung*. *Eclogae geol. Helv.* 66, 11–21.
- JANKOWSKY, W. (1963): *Diagenese und Ölinhalt als Hilfsmittel für die strukturgeschichtliche Analyse des Nordwestdeutschen Beckens*. *Z. deutsch. geol. Ges.* (1962) 114, 452–460.
- (1970): *Empirical Investigation of some Factors Affecting Elastic Wave Velocities in Carbonate Rocks*. *Geophys. Prospecting*, XVIII, 1, 103–118.
- JANOSCHEK, R. (1961): *Über den Stand der Aufschlußarbeiten in der Molassezone Oberösterreichs*. *Erdöl-Z.* 77, 161–175.
- (1970): *Erdöl und Erdgas in Österreich*. *Katalog Geol. Pal. Linzer Raumes*, 92–106, Linz.
- JEANRICHARD, F. (1972): *Contribution à l'étude du mouvement vertical des Alpes*. *Boll. Geodesia e sc. aff.* 31/1, 17–30.
- KIDERLEN, H. (1931): *Beiträge zur Stratigraphie und Paläogeographie des süddeutschen Tertiärs*. *Neues Jb. Miner. Geol. Paläont., Beil.* 66 B, 215–384.
- KÖWING, K., KRAUS, L., und RÜCKERT, G. (1968): *Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25000, Blatt 7837 Markt Schwaben*. *Bayer. Geol. Landesamt, München*, 147 S.
- KULP, J. L. (1961): *Geologic Time Scale*. *Science* 133, No. 3459, 1105–1114.
- LEMCKE, K. (1955): *Das Kurzprofil der Bohrung Scherstetten I*. *Geologica Bavarica* 24, 10–11.
- (1970): *Epirogenetische Tendenzen im Untergrund und in der Füllung des Molassebeckens nördlich der Alpen*. *Bull. Verein. Schweiz. Petrol.-Geol. u. -Ing.* 37/91, 25–34.
- (1972): *Die Lagerung der jüngsten Molasse im nördlichen Alpenvorland*. *Bull. Verein. Schweiz. Petrol.-Geol. u. -Ing.* 39/95, 29–41.
- (1973): *Zur nachpermischen Geschichte des nördlichen Alpenvorlandes*. *Geologica Bavarica* 69, im Druck.
- LEMCKE, K., und WAGNER, R. (1961): *Zur Kenntnis des vortertiären Untergrundes im Bodenseegebiet*. *Bull. Verein. Schweiz. Petrol.-Geol. u. -Ing.* 27/73, 9–14.
- LOHR, J. (1969): *Die seismischen Geschwindigkeiten der jüngeren Molasse im ostschweizerischen und deutschen Alpenvorland*. *Geophys. Prospecting* 17, 111–125, Den Haag.
- MORNOD, L. (1949): *Géologie de la région de Bulle (Basse-Gruyère), Molasse et bord alpin*. *Beitr. geol. Karte Schweiz [N.F.] 91*. 119 S.
- NATHAN, H. (1949): *Geologische Ergebnisse der Erdölbohrungen im Bayerischen Innviertel*. *Geologica Bavarica* 1, 68 S.
- PHILIPP, W. (1961): *Struktur- und Lagerstättengeschichte des Erdölfeldes Eldingen*. *Z. dt. geol. Ges.* (1960) 112, 414–482.

- RIGASSI, D. (1957): *Le Tertiaire de la Région Genevoise et Savoissienne*. Bull. Verein. Schweiz. Petrol.-Geol. u. -Ing. 24/66, S. 19–34.
- ROLL, A. (1971): *Der Salzstock von Mölme und seine Umgebung*. Beih. Geol. Jb. 117, 109 S.
- SCHROEDER, J. W., und DUCLOZ, CH. (1955): *Géologie de la Molasse du Val d'Illiez (Bas-Valais)*. Beitr. geol. Karte Schweiz (N.F.) 100, XII+43 S.
- SENFTEL, E., und EXNER, CHR. (1973): *Rezente Hebung der Hohen Tauern und geologische Interpretation*. Verh. Geol. Bundesanst. Wien, 1973, 2, 209–234.
- TRÜMPY, R. (1973): *L'évolution de l'orogénèse dans les Alpes Centrales: Interprétation des données stratigraphiques et tectoniques*. Eclogae geol. Helv. 66, 1–10.
- VOLLMAYR, TH. (1971): *Zur Geologie des Feldes Pfullendorf-Ostrach*. Bull. Verein. Schweiz. Petrol.-Geol. u. -Ing. 37/92, 1–20.
- VOLZ, E. (1956): *Die Molassestrukturen Heimertingen und Lauben*. Erdöl-Z. 71 und 72, S. 293–302.
- WAGNER, G. (1929): *Junge Krustenbewegungen im Landschaftsbilde Süddeutschlands*. Erdgesch. landesk. Abh. Schwaben Franken 10, 302 S., Öhringen (Rau).
- WAGNER, G. A., und REIMER, G. M. (1972): *Fission Track Tectonics: The Tectonic Interpretation of Fission Track Apatite Ages*. Earth Planet Sci. Letters 14, 263–268.

