Methodik

Objekttyp: **Chapter**

Zeitschrift: **Eclogae Geologicae Helvetiae**

Band (Jahr): **57 (1964)**

Heft 1

PDF erstellt am: **29.03.2024**

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.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Molasse in Tagesaufschlüssen studiert werden können. Durch petrographischen Vergleich lassen sich die Schüttungsrichtungen ermitteln. Erschwerend wirkt dabei der Umstand, dass vor allem Chatt (Oberoligozän) und Aquitan (Untermiozän), welche im Vorland pelitisch und psammitisch entwickelt sind, in der Subalpinen Molasse infolge einer unmittelbar vorausgehenden, wichtigen Gebirgsbildungsphase der Alpen weitgehend aus mächtigen Konglomeraten, den «Nagelfluhen» zusammengesetzt sind.

Für die bereitwillige Überlassung des Kernmaterials und die Erlaubnis zur Veröffentlichung dieser Untersuchungen möchte ich den folgenden Firmen der deutschen und schweizerischen Erdölindustrie meinen verbindlichen Dank sagen: Deutsche Erdöl AG, Deutsche Schachtbau- und Tiefbohr GmbH., Gewerkschaft Brigitta, Gewerkschaft Elwerath, Internationale Tiefbohr K. G., Mobil Oil AG. in Deutschland, Preussische Bergwerks- und Hütten AG., SEAG (AG. für Schweizerisches Erdöl), Société Anonyme des Hydrocarbures und Wintershall AG. Die Untersuchungen der Kernproben fussen auf den geologischen Schichtenverzeichnissen, deren Bearbeiter demnach einen wesentlichen Anteil am Gelingen dieser Arbeit haben.

Der Gewerkschaft Elwerath und speziell Herrn Direktor Dr. Roll gilt mein ganz besonderer Dank für die Möglichkeit, diese Arbeiten durchzuführen. Dem ständigen engen Kontakt mit Herrn Dr. Lemcke (Elwerath) und den zahlreichen Diskussionen mit ihm verdanke ich viele wertvolle Hinweise. Ihm und Herrn cand. geol. Matter (Univ. Bern) danke ich ferner für die kritische Durchsicht dieses Manuskripts.

Für sachkundige Führungen bei der Probennahme in der Gefalteten Molasse danke ich den Herren Dr. Büchi (AG. für Schweizerisches Erdöl), Dr. Oschmann (Mobil Oil), Dr. Vollmayr (s. Z. Bayerisches Geol. Landesamt, jetzt Elwerath) und Dr. Zöbelein (Universität München). Den Herren Dr. Vollmayr, Dr. Wittmann (Elwerath) und Prof. Dr. Zeil (Technische Universität Berlin) bin ich für die Aufsammlung oder Überlassung von Probenmaterial dankbar. Wichtige Hinweise verdanke ich den Herren Dr. Ganss (Bayerisches Geol. Landesamt) und vor allem Dr. Karl (Bergakademie Clausthal), welcher zahlreiche Kristallingerölle makroskopisch begutachtete und die Hornblenden aus der Ostmolasse mikroskopisch untersuchte.

Die Röntgenanalysen wurden ausgeführt von Frau H. Goldschmidt; Herr Dr. Drong untersuchte einige Kristallindünnschliffe, und Herr Dr. Marsal (alle Gewerkschaft Elwerath) beriet mich bei der statistischen Behandlung der Schwermineralanalysen. Die Calcit- und Dolomitbestimmungen führte Herr Chemotechniker Höflich aus, der auch die übrigen Laborarbeiten beaufsichtigte. Ihnen allen gebührt mein herzlicher Dank.

1. Methodik

Probennahme

Das Untersuchungsgebiet umfasst einen nahezu 500 km langen Streifen der Subalpinen Molasse sowie eine etwa 20000 qkm grosse Fläche in der Vorlandsmolasse. Diese Ausdehnung machte

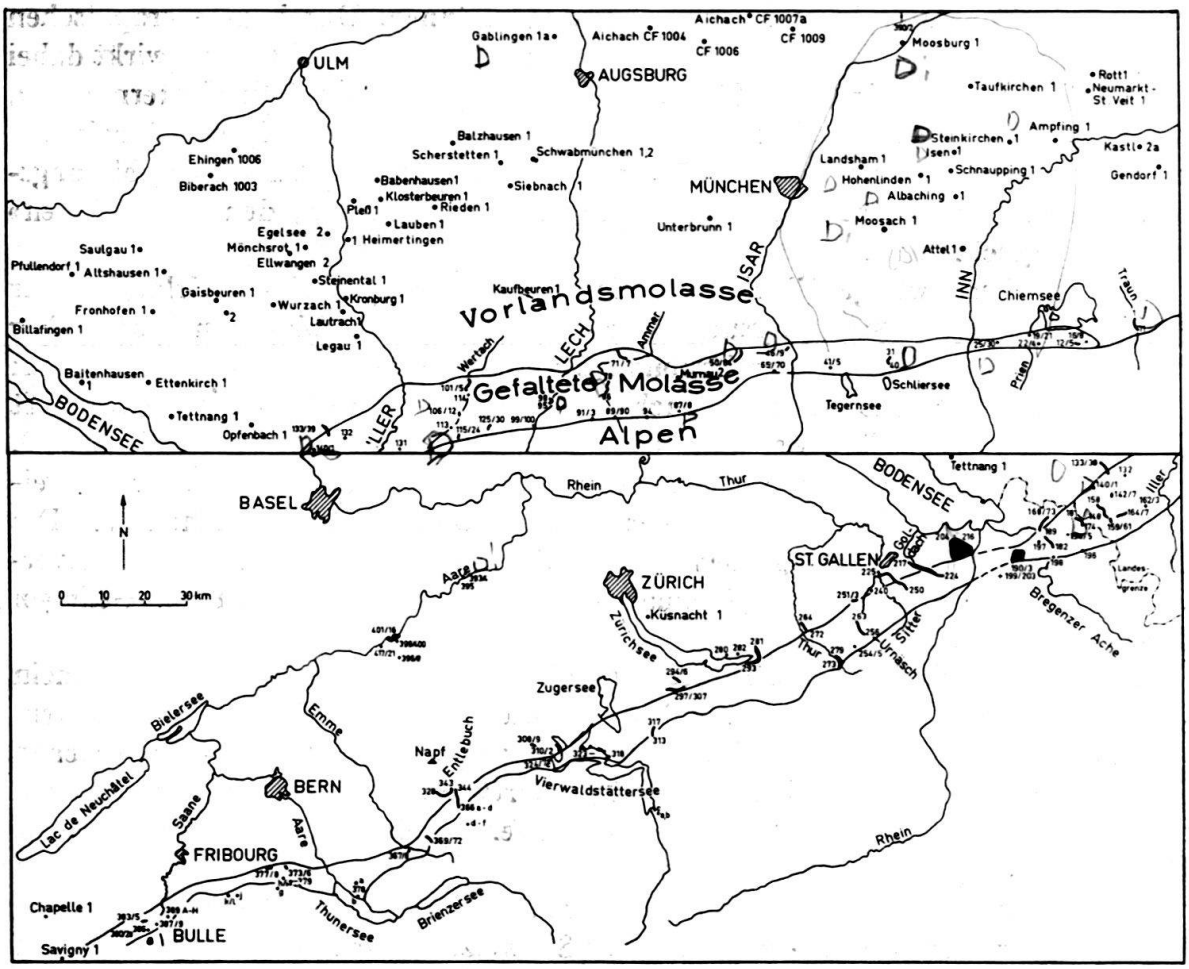


Fig. 1. *Das Arbeitsgebiet:* Oben die Ostmolasse (Deutschland), unten die Westmolasse (Schweiz; zur Verknüpfung s. den Bodensee). Eingetragen sind die petrographisch untersuchten Bohrungen und Oberflächenproben (Nr. 1–421, «12/5» bedeutet Nr. 12–15)

es notwendig, mit einem Mindestmass von repräsentativen Proben auszukommen. Zu diesem Zweck wurde die Probennahme in der Subalpinen Molasse so lange verdichtet, bis sichergestellt war, dass alle unterschiedlichen Mineralfazies-Bereiche eines Gebietes durch mehrere, einander hinreichend entsprechende Proben vertreten waren. Die so gewonnenen Probenkollektive wurden grossenteils mittels des STUDENT-t-Tests gegeneinander abgegrenzt (Abschnitt 2.2.3.1.) und erst dann mit den zum Teil wesentlich dichter untersuchten Bohrprofilen zur Ermittlung der Schüttungsrichtungen verglichen.

Aus der Gefalteten Molasse wurden 514 Oberflächenproben untersucht, aus 76 Bohrungen überwiegend in der Vorlandsmolasse 1064 Proben.

Dabei wurden möglichst nur Kernproben verwendet. Gelegentlich mussten auch Spülproben mit herangezogen werden. Es zeigte sich, dass diese häufig recht verwendbar sind, ab und zu aber – auch über längere Bohrungsabschnitte – völlig abweichende Ergebnisse liefern und somit insgesamt doch unzuverlässig sind, wenn man nicht – in Gebieten, die durch benachbarte, gekernte Bohrungen hinreichend gut bekannt sind – eine Spülprobenauslese durchführen kann (GRIMM 1957).

Bei der Probennahme wurden Psammite bevorzugt. Dies war bei der Auswertung der Resultate zu berücksichtigen, da die untersuchte Schichtenfolge in der Vorlandsmolasse überwiegend pelitisch und in der Subalpinen Molasse häufig psephitisch ist.

Makroskopische Gefügeeigenschaften (Schichtung, Schrägschichtung) lassen sich in Bohrkernen nur selten mit der erforderlichen Genauigkeit und Richtungsabhängigkeit ermitteln. Sie wurden deshalb auch in den Tagesaufschlüssen nur in Sonderfällen berücksichtigt.

Korngrössenanalyse

Die Proben wurden mit einer Spindelpresse vorsichtig zerdrückt. Das dabei entstehende Gesteinsmehl wurde verworfen. Zur Weiterverarbeitung gelangten nur die Bröckchen. Sie wurden mit 10%iger Salzsäure auf dem Sandbad vom Karbonat befreit. Nach Auswaschen der Säurereste wurde auf nassem Wege die Fraktion < 0,06 mm abgesiebt. Hiervon wurde bei einem Teil der Proben im Atterbergzylinder die Fraktion < 0,02 mm abgeschlämmt. Der auf dem Sieb 0,06 mm verbliebene Sand wurde getrocknet und in die folgenden Siebfraktionen zerlegt: > 1,0, — 0,6, — 0,4, — 0,3, — 0,2, — 0,15, — 0,12, — 0,09, — 0,06 mm. Die mikroskopische Überwachung ergab als günstigste Siebzeit 3 Minuten Maschinensiebung + 1,5 min. Handsiebung + 3 min. Maschinensiebung. Die Differenz zwischen dem Gesamtgewicht der Korngrössenfraktionen und der Einwage (~ 50 g), vermindert um einen statistisch ermittelten Siebverlust von 0,3 g, wurde als «Karbonatgehalt» tabelliert (s. Abschnitt 3.3.).

Karbonatbestimmung

In vielen Fällen erwies es sich als nützlich, den Calcit- und Dolomitgehalt gesondert zu ermitteln. Nach der Komplexonmethode wurden dabei die Karbonate zunächst in Salzsäure gelöst. Dann wurden in zwei getrennten Anteilen nach Zugabe von Murexid bzw. Eriochromschwarz «T» Ca bzw. Ca + Mg mit einer Lösung des Dinatriumsalzes der Diäthylendiaminotetraessigsäure titriert (s. auch MÜLLER 1956). Dem in den Tabellen angegebenen Calcit/Dolomitverhältnis liegt die Annahme zugrunde, dass die Zusammensetzung der Karbonate den Idealformeln entspricht. Das ist nach mikroskopischen und röntgenographischen Befunden im allgemeinen der Fall.

Dünnschliffuntersuchung

In den Dünnschliffen wurde vor der Abdeckung der Calcit mit einem Alizarin-S-Farblack nach SCHWARZ (beschrieben in HÜGI 1945) rot angefärbt: Die Dünnschliffe werden dabei nach einer Abänderung von WALGER (1961 a) kurze Zeit durch eine kalte Lösung von 0,1 g Alizarin-S in 100 ml n/25 HCl geschwenkt und dann vorsichtig abgespült und gedeckt.

Porositäts- und Durchlässigkeitsmessung

An einem Teil der Proben wurden routinemässig Porosität und Durchlässigkeit gemessen: An getrockneten und gewogenen Gesteinszylindern 3 × 3 cm wurde die Porosität durch zwei Auftriebsmessungen, und zwar in Quecksilber (nicht eindringend) und Tetrachlorkohlenstoff (nach Evakuierung in alle offenen Poren eindringend) bestimmt. Die Luftdurchlässigkeit wurde an der Bewegung einer Seifenblase durch ein kalibriertes Glasrohr mit der Stoppuhr abgelesen.

Leichtmineraluntersuchung

Von der Fraktion 0,09–0,15 mm wurde etwas Material in einer farblosen und fast geruchlosen Mischung von verdicktem Zedernholzöl und Benzoesäurebenzylester mit einer Lichtbrechung von 1.540 untersucht, und zwar auf den Gehalt an sauren Feldspäten, Hornsteinkörnern, Glimmermineralen sowie in einem Teil der Proben auf Gesteinsbruchstücke und undulös auslöschende Quarze. Die Genauigkeit, die durch Auszählung von 100 Körnern zu erzielen war, wurde als ausreichend erachtet.

Schwermineralanalyse

Hierzu wurde das Material mittels warmer Essigsäure – zur Schonung des Apatits – von Karbonat befreit. Dann wurden von der Fraktion 0,06–0,4 mm die Schwerminerale in Scheidetrichtern nach SINDOWSKI (1953) mit Bromoform der Dichte 2,88 abgetrennt, gewogen und in «Caedax» (n ~ 1,60) eingebettet.

Die Breite der Fraktion macht eine Berücksichtigung der Probenkörnung bei der Auswertung notwendig, birgt jedoch m.E. weniger Fehlerquellen in sich als die Beschränkung auf eine engere Fraktion. Voruntersuchungen zeigten, dass eine Zentrifugentrennung zu den gleichen Ergebnissen führte und keine wesentliche Einsparung an Arbeitszeit brachte. Probeabtrennungen in Acetylentetrabromid (D = 2,97) ergaben ein beträchtlich anderes Schwermineralspektrum. Eine Abtrennung in D = 2,76 zeigte, dass bei der normalen Abtrennung in D = 2,88 etwa $^1/_5$ der Schwer-

mineralkörner mit der leichten Fraktion geht, ohne dass sich hierdurch die prozentuale Zusammensetzung wesentlich ändert. Eine Erhöhung der Dichte von 2.88 auf 2.90 hingegen brachte bereits eine merkliche Verzerrung des Zirkon/Turmalinverhältnisses mit sich.

In den Caedax-Dauerpräparaten wurde zunächst der Anteil transparenter Schwerminerale (ohne Glimmer) abgeschätzt und damit aus dem Gewicht der Schwermineralfraktion der Schwermineralgehalt der Fraktion 0,06–0,4 mm berechnet. Nun wurden etwa 300 Schwermineralkörner bestimmt. Bei der Umrechnung auf Kornzahlprozente wurde der Granatgehalt nicht mit einbezogen, da er vor allem in den gröberen Sandsteinen alle anderen Schwerminerale in den Hintergrund drängt und sich zudem bei der Auswertung als untypisch erwies. Beim Turmalin wurden mittels der «Kleinen Farbmesstafel nach Ostwald» die Farbvarietäten ausgezählt, und zwar nur die reinen Farben, nicht die Grauwerte. Die opaken Schwerminerale wurden nicht ausgezählt, da ihre Menge starken und uncharakteristischen Schwankungen unterworfen ist (z.B. sekundärer Pyrit). Um dennoch einen Überblick zu erhalten, untersuchte im Rahmen eines erzmikroskopischen Gutachtens Herr Dr. E. STUMPFL (s.Z. Mineralogisches Institut der Universität Heidelberg) 15 ausgewählte Proben der vorliegenden Arbeit in Anschliffen (s. Abschnitt 323). Ihm sei für diese eingehende Untersuchung herzlich gedankt.

Für die wesentlichsten Schüttungen wurde in der Subalpinen Molasse mit dem STUDENT-t-Test (s. MARSAL 1949) sichergestellt, dass die Mittelwerte derselben mit mindestens 99%iger Sicherheit voneinander verschieden waren.

Röntgenanalysen

Da in der Vorlandsmolasse Tonmergelsteine überwiegen, konnte im Interesse der Vollständigkeit auf eine Untersuchung der Tonminerale nicht verzichtet werden. Diese wurde von Frau H. Goldschmidt mit einem Philips-Röntgenspektrometer ausgeführt. Dabei konnte gleichzeitig das gegenseitige Mengenverhältnis von Kalifeldspat (Hauptlinie bei d = 3,24) und Plagioklas (Hauptlinie etwa bei d = 3,18 Å) grob abgeschätzt werden.

Innerhalb der Plagioklasreihe wurde mittels der von GOODYEAR und DUFFIN (1954) angegebenen Daten für Tieftemperaturplagioklase differenziert. Dabei wurde der gegenseitige Abstand der Nebenlinien $1\bar{1}1$ (bei Albit: d = 3,85) und $13\bar{1}$ (bei Albit: d = 3,66 Å) verwendet (Fig. 2), allerdings mit gelegentlichen optischen Kontrollen, da nach den Arbeiten von J. V. SMITH (1956 und 1958) die genannte Kurve nur bei genauer Kenntnis der Vorgeschichte der betreffenden Feldspäte angewandt werden darf. Die von SMITH angegebenen Linien sind jedoch zur Identifizierung der Plagioklase in den vorliegenden Proben ungeeignet, da sie entweder zu schwach oder durch andere Substanzen (vor allem Tonminerale) gestört werden. Die Tonminerale und Feldspäte wurden in der Fraktion < 0,06 mm nach Zerkleinerung derselben auf < 0,035 mm bestimmt; gelegentlich wurden die Feldspäte auch in einer gröberen, in gleicher Weise zerkleinerten Fraktion untersucht.

Nomenklatur und sedimentpetrographische Formel

In den Gesteinsnamen bedeuten Hauptwörter oder Steigerungsformen der Adjektive (z.B. «Dolomit-» oder «stark kalkiger ...») Komponenten, die mehr als 25% des Gesteins ausmachen. Das Hauptsubstantiv (z.B. «-sandstein» in «Dolomitsandstein») bezeichnet dabei die Hauptkomponente. Gesteinsanteile von 10–25% werden durch Adjektive, solche unter 10% entweder durch den Zusatz «schwach» bezeichnet (z.B. «Schwach kalkiger Sandstein») oder ganz fortgelassen. (Näheres s. Abschnitt 3.2.2.), (Fig. 3).

Die Korngrössen wurden wie folgt angegeben:

Tonstein	< 0,02	mm ⌀
Feinsandstein	0,02 –0,2	mm ⌀
Mittelsandstein	0,063–0,63	mm ⌀
Grobsandstein	0,2 –2	mm ⌀

Da im Mittelpunkt der vorliegenden Arbeit die Sandsteine stehen, wurde auf eine generelle Untergliederung der feinkörnigen Gesteine in Silt- und Tonsteine verzichtet. Die Worte «Tonstein» und «Sandstein» beziehen sich dabei nur auf silikatische Komponenten. Sollen auch die Karbonate einbezogen werden, so werden die umfassenderen Ausdrücke «Pelit» und «Psammit» verwendet. Werden nur die Karbonate angesprochen, so wird «Arenit» angewandt.

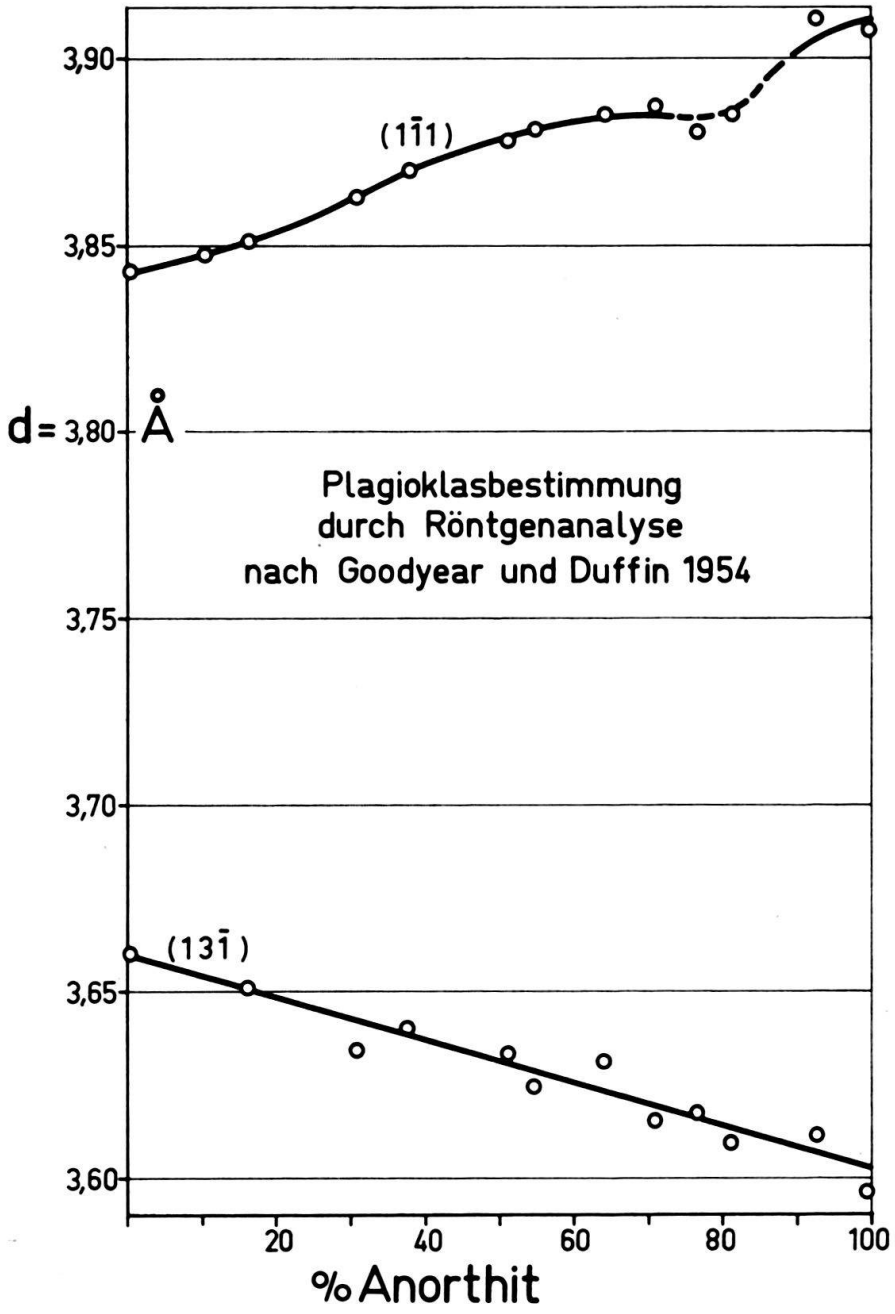


Fig. 2. *Plagioklasbestimmung.* Die hier verwendeten Linien wurden aus der Zusammenstellung von GOODYEAR & DUFFIN nach den Gegebenheiten der Molassegesteine ausgewählt.

Die *sedimentpetrographischen Formeln* dienen der kurzen Zusammenfassung der kennzeichnenden, für die einzelnen Probenkollektive gemittelten Gesteinsmerkmale im Text und auf Übersichtskärtchen.

Die obere Zeile gibt die Schwerminerale wieder. Der Granat (G) wurde für sich gestellt und, wenn er das häufigste Schwermineral war, gross geschrieben, sonst klein. Die übrigen Schwerminerale sind in den Tabellen = 100% gesetzt. Die Hauptgemengteile (> 10%) sind gross, die Nebengemengteile (2–10%) klein geschrieben. Accessorien sind in den Formeln nicht berücksichtigt. Die Minerale sind in der Reihenfolge ihrer Häufigkeit aufgezählt. Es bedeuten A = Apatit, A′ = Anatas, A″ = Andalusit, B = Brookit, D = Disthen, E = Epidot, G′ = Glaukophan, H = Hornblende, M = Monazit, R = Rutil, S = Staurolith, S′ = Spinell, T = Turmalin, T′ = Titanit, Z = Zirkon. In Klammern steht dahinter die Anzahl der gemittelten Proben.

Die untere Zeile enthält Angaben über die Leichtminerale, und zwar bedeutet:

1. Zahl = Feldspatgehalt
2. ,, = Hornsteingehalt } in Kornzahlprozenten der Fraktion 0,09–0,15 mm
3. ,, = Karbonatgehalt (Gew.-%)
4. ,, = Calcit/Dolomitverhältnis

(Das letztere wurde logarithmisch (graphisch) gemittelt). Liegt keine Messung vor, so ist ein Strich vermerkt. Gelegentlich ist als 5. Zahl der Anteil undulös auslöschender Quarze (in % aller Quarze) angegeben.

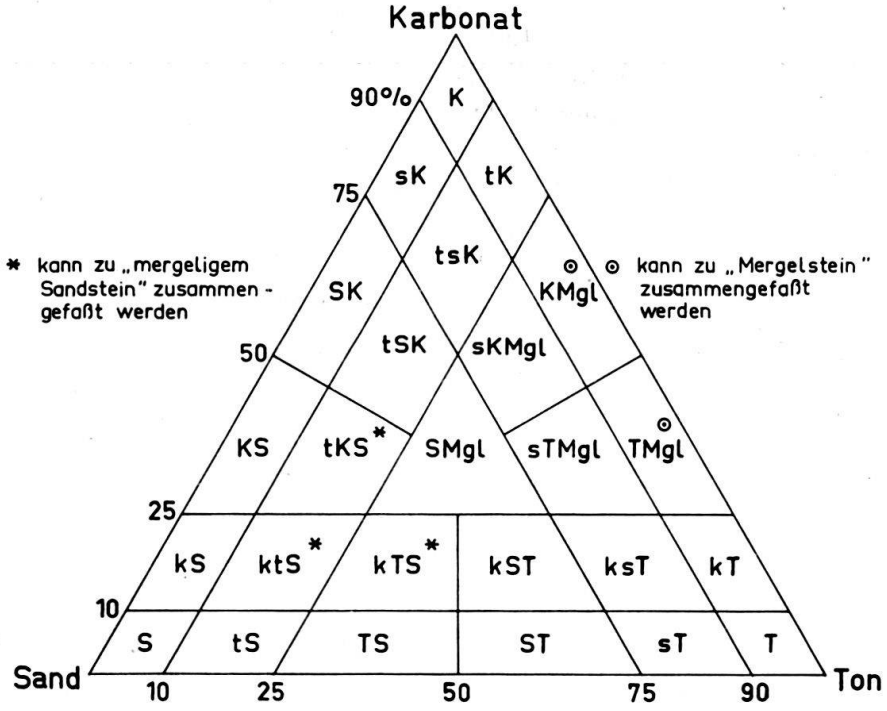


Fig. 3. *Grunddiagramm* Sand-Ton-Karbonat nach FÜCHTBAUER und MÜLLER (aus FÜCHTBAUER, 1959). S = Sandstein, Sand- oder stark sandig, s = sandig, K(D) = Kalkstein(Dolomit), Kalk-(Dolomit-) oder stark kalkig (dolomitisch), k = kalkig (dolomitisch), T = Tonstein, Ton- oder stark tonig, t = tonig, Mgl = Mergelstein.

2. Regionale Ergebnisse

2.1. Oberflächenprofile am südlichen und nördlichen Beckenrand

(von Osten nach Westen, s. Fig. 1).

Innerhalb jedes Gebietes werden die Proben entsprechend ihrer Numerierung vom Hangenden zum Liegenden besprochen. In jedem Abschnitt wird zu Beginn kurz die Tektonik skizziert und angegeben, aus welchen tektonischen Einheiten die Proben stammen.

2.1.1. *Traungebiet*

Eine gefaltete Molasse fehlt im Trauntalprofil (GANSS & SCHMIDT-THOMÉ 1955, HAGN und HÖLZL 1952). Die Vorlandsmolasse grenzt steil aufgerichtet unmittelbar an das Helvetikum.

Burdigal (Proben 1–3) g,EHAts (3)
24. 1. 46. 2,6

Diese verhältnismässig feinkörnige Serie unterscheidet sich vom Liegenden am auffälligsten durch das Überwiegen des Calcits und den hohen Gehalt an