Petrographie der Molasse

Autor(en): **Geiger, E.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Mitteilungen der Thurgauischen Naturforschenden Gesellschaft**

Band (Jahr): **29 (1933)**

PDF erstellt am: **25.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-593957

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

Petrographie der Molasse

Von **E. Geiger**, Sekundarlehrer, Hüttwilen

Die Petrographie oder Gesteinskunde weist in ihren Uranfängen ins Altertum zurück; aber als selbständige wissenschaftliche Disziplin hat sie eigentlich erst spät ihre Daseinsberechtigung erlangt. Indem der Mensch im Laufe der Kulturentwicklung nacheinander die verschiedenen Stoffe der Erdrinde sich nutzbar machte und immer intensiveren Bergbau trieb, wurde er gezwungen, die dabei erscheinenden Erdrindenstücke auseinanderzuhalten und anderseits ihren Verlauf, ihr Auftauchen und Absinken zu studieren. Mit andern Worten: er wurde angehalten, Geologie zu treiben. Diese Wissenschaft kam also zuerst zu selbständiger Bedeutung. Derjenige, welcher den Untersuchungsobjekten der Geologie, also den Erdrindenstücken, nachging, sah bald, daß er nicht etwas chemisch und physikalisch Einheitliches vor sich hatte, sondern etwas Zusammengesetztes, dessen Elementarbestandteile die Mineralien waren. Auch diese konnte der Forscher zum Gegenstand seiner Beobachtungen machen. Damit war ein zweites selbständiges Wissensgebiet, die Mineralogie, abgegrenzt.

Nun ist aber zwischen Erdrindenstück und Mineral noch ein Zwischenglied als Beobachtungsmaterial gegeben, nämlich das Gestein, das in seiner Erscheinung auch als gesondertes Untersuchungsobjekt einer speziellen wissenschaftlichen Disziplin, nämlich der Petrographie, die Aufgaben umschrieben hat. Da aber die Problemstellung entweder von der Geologie oder Mineralogie ausging, stand die Petrographie im Dienst der einen oder andern der genannten Wissenschaften und blieb in ihrer Abhängigkeit und ihnen untergeordnet. Sie mußte noch hinter einer weitern Hilfswissenschaft, der Paläontologie, zurückstehen, da diese in einfacherer und doch noch deutlicherer Weise Antwort auf die Probleme der Geologie zu geben vermochte als die Petrographie. Erst von dem Zeitpunkte an, wo die chemischen und physikalischen Untersuchungsmethoden sichern Boden gewonnen hatten und namentlich das Polarisationsmikroskop die klaren Mineralunterscheidungen möglich gemacht hat, gewann die Petrographie erhöhte Bedeutung, sowohl für die Mineralogie als auch

für die Geologie. In dem Maße, wie das Werden und Vergehen der Gesteine als wichtige Phase in der Geschichte der Erdrindenstücke in den Vordergrund rückte, wurde auch die Petrographie zur selbständigen Wissenschaft. Das will nun nicht heißen, daß sie isoliert ihre Wege gehen kann; sondern nur gleichberechtigt mit der Geologie wird sie mithelfen, die Erkenntnis der stofflichen Veränderungen unserer Erde zu vertiefen.

Die Petrographie hat sich begreiflicherweise zuerst jenen Gesteinen zugewandt, die aus dem schmelzflüssigen Zustand über den Kristallisationsprozeß entstanden sind. Diese trugen eben die Spuren ihres Werdens und ihrer Bildungsfaktoren noch unverwischt im Gesicht. Die rasch sich vervollkommnende Kristalloptik machte eine Diagnose ihrer Gemengteile in den dazu bestimmten Präparaten, in den Dünnschliffen, leicht und einwandfrei. Räumliches und genetisches Gefüge spiegelten in deutlicher Weise den Ablauf des Kristallisationsprozesses und zeigten beginnende Umwandlung oder Metamorphose an. Von Mitte der neunziger Jahre an erschienen die ersten Lehrbücher der Petrographie, wo in den vielen Einzelbeschreibungen so recht die große Mannigfaltigkeit vorkommender, kristalliner Gesteinsarten zur Geltung kamen. Immer wieder neu augefundene Mineralkombinationen, für welche dann oft Gesteinsnamen nach dem lokalen Fundort geprägt wurden, brachten das Bedürfnis, eine natürliche Gruppierung der Gesteine ausfindig zu machen. Von verschiedenen Standpunkten aus suchte man eine Klassifikation der vorkommenden Gesteine zu erreichen; aber die klare, eindeutige Zuteilung einzelner Typen zur einen oder andern Gruppe blieb oft fraglich und befriedigte nicht restlos. Das genetische Prinzip, das in diesem Problem wegleitend sein mußte, konnte natürlich erst zur Geltung kommen, als neben der mikroskopischen Durchforschung auch die chemische Analyse der Gesteine in den Bereich der Gesteinsmerkmale gezogen wurde. Eine Reihe von Werken ist dann auf dieser Grundlage entstanden, wovon ich besonders das von Professor Dr. U. Grubenmann über den kristallinen Schiefer erwähnen möchte. Die lückenlose Einreihung aller kristallinen Gesteinstypen in ein System hat dann seine Krönung erhalten in dem Buche über die Magmentypen von Prof. Dr. P. Niggli. Daß diese Klassifikation auch auf die metamorphen Gesteine anwendbar ist, zeigt Prof. Dr. P. Niggli in dem umgearbeiteten Grubenmannschen Werk von den kristallinen Schiefern. Der Grund, warum die petrographische Forschung sich so lange vom großen Reich der Sedimentgesteine fernhielt, lag anfänglich darin, daß eben die Paläontologie mit ihrer großen Reihe von

Resultaten der Geologie zu Diensten stand. Der Hauptgrund aber ist vor allem der, daß die Sedimente infolge ihrer grundverschiedenen Entstehungsbedingungen ganz andere Verbandverhältnisse aufweisen und die aufbauenden Mineralien in anderm Zusammenhange zu einander stehen. Das bedingt aber andere Behandlungsmethoden, damit man den aufbauenden Elementarbestandteilen beikommen kann. Die Verbandsverhältnisse gestatten in vielen Fällen nur mühselige Herstellung von Dünnschliffen, und wenn man noch solche fertig bringt, so bieten sie auf ihrer Beobachtungsfläche lange nicht so viel Charakteristisches in bezug auf Struktur und Mineralbestand wie ein Dünnschliff durch ein kristallines Gestein. Einmal sind die Gemengteile, vor allem die Mineralien, selten in ihrer Eigengestalt, sondern als Trümmer vorhanden, die eine Diagnose viel schwieriger gestalten. Im Gesichtsfeld eines Dünnschliffs kann eine Mineralart so stark vorherrschen, daß zum Beispiel bei dichtem Kalkstein oder Mergeln keine unterscheidenden Merkmale gefunden werden können, auch wenn die Gesteine verschiedenen Bildungsbereichen angehören. Auch bei Sandsteinen ist diese Eintönigkeit im mikroskopischen Bilde nichts weniger als ermutigend, eine gute Klassifikation durchzuführen. Die chemische Gesteinsanalyse, welche geradezu die Grundlage für die Einordnung magmatischer Gesteine bildet, kann natürlich auch allerlei unterscheidende Merkmale liefern; aber für die Zuordnung kann sie hier nicht entscheidend sein. Das läßt sich auch folgendermaßen begreiflich machen: das Ursprungsmaterial der Eruptivgesteine ist das Magma, und dieses ist ein Stoffsystem, das in erster Linie den chemischen Gesetzen unterworfen ist, und darum wird das daraus hervorgehende Gestein vor allem vom chemischen Standpunkt aus zu beurteilen sein. Anders steht es mit den Sedimentgesteinen. Das Ursprungsmaterial ist ein komplexeres Stoffsystem, herrührend von einer Unsumme einzelner, besonderer physikalischer Vorgänge. Dieses Vorherrschen physikalischer und kolloidchemischer Prozesse bedingt auch eine Gruppierung nach andern Gesichtspunkten.

Wenn es im allgemeinen Aufgabe der Petrographie ist, die Gesteine in ihrer Zusammensetzung, ihrer Entstehung und Umwandlung kennen zu lernen und die Gesetzmäßigkeiten im Zusammenvorkommen bestimmter Mineralkombinationen herauszufinden, so ist diese Aufgabe in Hinsicht der magmatischen Gesteine schon weitgehend gefördert. Aber eben für die Sedimente steckt sie noch im Anfangsstadium, weil nach dem Gesagten eine ganz andere Einstellung notwendig ist.

Das Bedürfnis, die Sedimente petrographisch zu untersuchen, stellte sich ein, als die Schürfung auf Erdöl eine Hauptaufgabe

praktisch tätiger Geologen wurde. An jenen Stellen, wo in den ölführenden Sanden die Fossilien fehlten, wurde es notwendig, andere Charaktermerkmale ausfindig zu machen, und diese Tendenz führte zur petrographischen Untersuchung der Sande.

Sedimentpetrographische Untersuchungsmethoden kamen auch zur Anwendung, als die Challenger-Expedition sich zur Aufgabe machte, die rezenten, ozeanischen Tiefseeablagerungen zu studieren. Die Proben wurden auf organische Reste untersucht, dann der Karbonatgehalt bestimmt, kieselige und kalkige Organismenreste in ihrem gegenseitigen Verhältnis berechnet und im unlöslichen Rückstand die Mineralkörner diagnostiziert. Als bemerkenswerte Tatsache möchte ich erwähnen, daß am Mineralbestand der submarinen Ablagerungen vulkanisches Trümmermaterial wesentlichen Anteil hat. Die Anregung zu weitern Schritten in dieses Forschungsneuland nahm auch Retgers auf, als er die Dünensande von Holland untersuchte und mit Hilfe von schweren Lösungen die Mineralien trennte. Als erstes zusammenfassendes Werk über Sedimentpetrographie erschien 1914 dasjenige von Cayeux, dem Professor für Geologie am Collège de France. Die Untersuchungsmethoden wurden namentlich in England weiter entwickelt, so daß es nicht verwunderlich ist, daß auch dort ein Werk über Sedimentpetrographie im Jahre 1922 von Milner herauskam. Die Weiterentwicklung der Idee zeigt sich in der Weise, daß Cayeux in seinem Werk den Organismusresten noch alle Aufmerksamkeit schenkt und reiches Bildermaterial zusammengestellt hat, wogegen bei Milner den schweren Mineralien das Hauptinteresse zugewendet wird und Fossilreste nur nebenbei erwähnt werden. In deutscher Sprache gibt es noch kein entsprechendes Buch, und nur vereinzelte Spezialarbeiten zeugen von Forscherarbeiten in dieser Richtung.

Es ist namentlich der Anregung von Professor Dr. P. Niggli zu verdanken, daß in gegenwärtiger Zeit für dieses Neuland der petrographischen Forschung das Interesse geweckt wurde. In diesem Sinne sind ja auch die Arbeiten über Gesteinsverwitterung in der Schweiz von Professor Dr. P. Niggli und Dr. M. Gschwind und ebenso die Untersuchungen von Professor Dr. C. Burri über die Tessinsande Schritte in das neue Gebiet. Auch in der Dissertation von W. Liechti über die Molasse zwischen Emme und Ilfis zeigt sich die Tendenz, die Petrographie der Sedimente zur Deutung geologischer Probleme heranzuziehen. Die Arbeiten von Dr. F. de Quervain über Tavapannaxsandstein, kretazische Gesteine und einige Mergel sind ebenfalls hier einzureihen, und schließlich sind auch die Untersuchungsresul-

tate der schweizerischen Tonlager wertvolle Beiträge zur Sedimentpetrographie.

Von der geologischen Kommission der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft mit der geologischen Kartierung der Blätter 56, 57, 58 und 59 beauftragt, habe ich in diesem Gebiete meine Aufmerksamkeit besonders auch dem anstehenden Felsmaterial, d. h. der obern Süßwassermolasse zuzuwenden. Die Fossilarmut dieses Komplexes machte es notwendig, Zusammenhänge der stark wechselnden Schichten mit Hilfe petrographischer Merkmale aufzudecken. Die obere Süßwassermolasse, das Tortonien, besteht bekanntlich aus tonigen Sandsteinen, Mergel, Kalk und Nagelfluh, wobei vom Sandstein zum Mergel und von diesem zum Kalkstein alle möglichen Übergänge zu beobachten sind. Beginnen wir mit dem leichtest erkennbaren Schichtkomplex, der Nagelfluh! Im nordwestlichen Teil des Kantons tritt sie am Seerücken nur in der Höhe von 570—590 m auf. Weiter ostwärts im Mühlberger Tobel greift sie auch tiefer und wechselt mit Sandstein und Mergel ab. Gegen Süden erscheint sie noch tiefer, z. B. südlich der Aumühle schon bei 430 m, und sie ist dann von dort weiter südwärts das stark vorherrschende Molassefelsmaterial, falls es überhaupt unter quartären Ablagerungen noch sichtbar wird. Für den Geologen ist nun die Frage wichtig: „Bedeutet dieser Nagelfluhkomplex ein einheitliches Ablagerungsprodukt oder müssen verschiedene Horizonte oder sogar Zonen unterschieden werden?" Die Geröllgröße gibt wegen geringfügigen Unterschieden keinen Anhaltspunkt. Fossilien sind spärlich und wegen der stattgefundenen Umlagerung keine einwandfreien Zeugen. Es bleibt also einzig noch die petrographische Charakteristik. Für dieses grob zusammengesetzte Stoffsystem kommen begreiflicherweise weder chemische Bauschalanalyse, noch eine allgemeine Mineralbestandesaufnahme in Frage, wie es bei mikroskopischen Untersuchungen üblich ist. Will man also den Nagelfluhkomplex als Sediment erfassen, so besteht keine andere Möglichkeit, als die einzelnen Gerölle petrographisch zu bestimmen und sie den Hauptgesteinstypen zuzuordnen. Geschieht die Geröllbestimmung nur qualitativ, so treten bei den verschiedenen Lokalitäten keine merklichen Unterschiede auf, und damit tritt die Notwendigkeit in den Vordergrund, Mengenverhältnisse der wichtigen Gesteinstypen herauszubringen. Es wird das am besten durch Auszählen gleichgroßer Gerölle in einer Nagelfluhwand erreicht werden können. Dabei wurden rund 300 Gerölle bestimmt und prozentual auf die Gesteinstypen umgerechnet. Die ganze Prozedur petrographischer Charakterisierung der Geröll-

schichten wurde in der Arbeit des letzten Heftes eingehend geschildert und auch die Molassenagelfluh teilweise miteinbezogen, so daß hier nur noch ergänzend beigefügt werden soll, daß die Geröllbestimmung von zwölf Nagelfluhlokalitäten am westlichen Seerücken noch keine augenfälligen Unterschiede ergaben. Das war eigentlich auch nicht zu erwarten, da sie in ziemlich gleichem Horizonte liegen. Die Geröllbestimmung muß also noch auf weitere Aufschlüsse der Nagelfluh, sowohl in östlicher wie auch in südlicher Richtung ausgedehnt werden.

Zur petrographischen Behandlung haben die Sandsteinkomplexe noch am ehesten die geeignete Zusammensetzung, was auch dadurch zum Ausdruck kommt, daß an ihnen zuerst sedimentpetrographische Methoden erprobt worden sind. Die Molassesandsteine eignen sich, wie schon erwähnt, wegen ihres tonigen Bindemittels nicht zur Herstellung von Dünnschliffen, und hat man noch solche, so ergeben sie ein viel zu ungenaues Bild vom Mineralbestand. Bei allen Sedimentgesteinen ist in der Struktur die Korn- oder Trümmergröße ein wichtiger Faktor; denn die Entstehungsverhältnisse stehen besonders damit im Zusammenhang. Bei den Sandsteinen hat man die Aufgabe, eine Trennung nach Korngröße vorzunehmen und den Anteil der Fraktionen zu bestimmen. Dieser wird in Prozenten angegeben. Damit wird ein erster Entscheid über Sandsteine möglich, nämlich der, in welchem Grade ein Sand dem idealen Zustand genähert ist. Das kommt dadurch zum Ausdruck, daß der Anteil einer Fraktion die andern weit überragt. Nun ist vor allem die Festlegung der einzelnen Korngröße wichtig. Sie wird sich nach den verwendeten Trennungsapparaten richten und muß natürlich auch zu Vergleichszwecken auf Vereinbarung beruhen.

Von den verschiedenen Forschern sind Apparate gebaut worden, in denen das Wasser bei der Trennung entweder eine passive Rolle spielt oder eine aktive. Im ersten Fall kommen das Prinzip der Sedimentation und die Fallgeschwindigkeit der Teilchen in Betracht. Für Bodenuntersuchungen, bei denen die Teilchengröße auch eine wichtige Rolle spielt, haben Professor Dr. Wiegner und Dr. Geßner vom agrikulturchemischen Institut der E. T. H. einen Apparat dieser Art gebaut. Er gestattet jede beliebige Teilchengröße quantitativ zu bestimmen. Die zweite Bauart, wo das Wasser aktiv beteiligt ist, beruht auf dem Prinzip, daß durch einen aufsteigenden Wasserstrom von bestimmter Geschwindigkeit einzelne Korngrößen auseinandergehalten werden können. Es ist das die schlämmanalytische Methode, für welche der Apparat von Kopecky am meisten zur Verwendung kommt. Im mineralogisch-petrographischen und im geologischen In-

stitut stehen je zwei solcher Apparate für Schlämmanalysen zur Verfügung.

Von den verschiedenen Sandsteinhorizonten ist es nicht schwer, Proben im Lockerzustande zu bekommen. Durch Sieben wird man zuerst alle Trümmer über 2 mm Durchmesser entfernen, dann kann man das Material der Schlämmanalyse unterwerfen. Der Kopecky-apparat erlaubt eine Trennung in vier Fraktionen. Die feinste enthält die Teilchen unter 0,01 mm; sie wird durch alle drei Zylinder hindurch und weggeschwemmt. Die zweite Fraktion bezeichnet man als Staub. Die Teilchengröße variiert von 0,01—0,05 mm. Sie bleibt im Zylinder von 178 mm Durchmesser zurück. Die dritte Fraktion, der Staubsand, enthält die Teilchen von 0,05—0,1 mm Durchmesser und sammelt sich im zweiten Zylinder mit 56 mm Durchmesser. Die vierte Fraktion, der Sand, mit den Körnern von 0,1—2 mm, bleibt im ersten Zylinder mit 30 mm Durchmesser zurück. Damit für den mindestens drei- bis vierstündigen Wasserdurchlauf gleichmäßig konstante Geschwindigkeit gewährleistet ist, kommt das Spülwasser nicht direkt aus der Wasserleitung, sondern aus einem Trog über dem Apparat. Das Material in der Menge von 50 g wird durch Reiben und Zerstoßen mit dem Finger in einer Abdampfschale vorbereitet. Nachher müssen die lufttrockenen Fraktionen gewogen und prozentual umgerechnet werden. Die Darstellung der gefundenen Werte in Diagrammen erleichtert die Erkennung der Zusammenhänge, welche zwischen verschiedenen Lokalitäten und Horizonten bestehen.

Diese Merkmale in Zahlenwerten werden besonders mithelfen, ein Bild von den physikalischen Absatzbedingungen dieser sedimentären Gesteinsart zu geben. Wenn zum Beispiel an einer Stelle ein Sand mit starker Annäherung an seinen idealen Zustand gefunden wird, so ist die Schlußfolgerung gerechtfertigt, daß diese Sandsteinschicht nach oben oder nach unten eine größere Mächtigkeit haben muß, ohne von starken oder zahlreichen Mergelbändern unterbrochen zu werden. Die schlämmanalytischen Untersuchungen sind allerdings für unsere thurgauische Molasse erst im Anfangsstadium. Wenn dann einmal eine Resultatreihe vorliegt, wird ein Vergleich mit der ost- und westwärts auftauchenden obern Meeresmolasse allerlei Schlußfolgerungen ermöglichen. Sie wird im weitern auch zeigen, daß die Absatzbedingungen nicht bloß in vertikaler, sondern auch in horizontaler Richtung sich ändern. So werden wir verschiedene Zonen innerhalb unseres thurgauischen Molassegebietes unterscheiden können. Diese Behauptung stützt sich auf bereits gemachte charakteristische Unterschiede in bezug auf den Mineralgehalt.

Die Schlämmanalyse wird in notwendigen Fällen auch scharfe Grenzwerte geben zwischen eigentlichen Sandsteinen und Mergelsandsteinen, oder sie wird entscheiden können, ob es sich um einen eigentlichen Mergel handelt. Das Stoffsystem unserer Molassegesteine enthält die drei Hauptkomponenten Quarz, Karbonat und Ton, wobei allerdings dieser letzte wieder ein Stoffsystem für sich darstellt. Die Charakterisierung der Kalk-Dolomitkomponenten erfolgt durch die Karbonatbestimmung, wobei es auf eine Kalkbestimmung hinausläuft, weil Dolomit auf kalte Salzsäure nicht reagiert und andere Karbonate nicht vorkommen. Die Kalkbestimmung kann auf einer Messung des entstandenen CO_2 beruhen, wozu man den Apparat von Passon benützt, oder sie kann als Gewichtsdifferenz bei Salzsäureauszug gefunden werden.

Der Kalkgehalt unserer Sandsteine kann von wenigen Prozenten bis zu 70 % variieren. Wie groß dann sein Anteil einerseits für Bindemittel und anderseits für Körner in Betracht kommt, muß durch eine nochmalige Bestimmung bei den Körnern ermittelt werden. Meistens ist der Kalkanteil in den kleinen, bindenden Teilchen stark vorherrschend gegenüber dem Kalkanteil unter den Körnern. Bei ihnen ist der Dolomitgehalt größer als der des Kalzites. Die Prozentzahl für den Kalkgehalt des Sandsteins wird als Charaktermerkmal auch mithelfen, Sedimentationsfaktoren aufzudecken.

Weil bei den Sandsteinen der Trümmer- oder Körneranteil das Wesentliche des Bestandes und derselbe durchwegs quarzitisch ist, wird die chemische Analyse, also die Zerlegung in die Oxyde der Elemente, wegen ihrer zeitraubenden Durchführung für größere Untersuchungsreihen mehr in den Hintergrund treten und durch eine quantitative Mineralbestimmung ersetzt werden. Die Bauschalanalyse wird dann von Bedeutung werden, wenn man den Sandstein im Verwitterungsprozeß studieren will, oder festzustellen hat, ob metamorphe Gesteine, z. B. Glimmerschiefer, von Sandsteinen abstammen.

Die wichtigste Charakterisierung der Sandsteine liegt in der mikroskopischen Bestimmung der schweren Mineralien. Dazu rechnen wir diejenigen, deren spezifisches Gewicht höher als 3 ist. Von der großen Gruppe derselben kommen für unsere Gesteine die folgenden in Betracht: Magnetit, Biotit, Hornblende, Granat, Clorit, Turmalin, Epidot, Staurolith, Apatit, Rutil, Zirkon, Disthen und Pyrit. Unter diesen sind wieder einzelne sehr selten und andere in starker Verdünnung. Die eigentlich konstituierenden Mineralkörner, wie Quarz, Feldspat, Kalzit und Dolomit, gehören durchwegs in die Reihe der leichten Mineralien. Der Gehalt an schweren Mineralien variiert bei

einer Sandsteinzone aus dem Gebiet des Untersees um 1 %, was schon einen hohen Wert bedeutet. Bei einer andern Gruppe, die Proben vom Wellenberg umschließt, ist der Gehalt nur 0,1 %. Daß bei solchen Verhältnissen das Studium der schweren Mineralien im gewöhnlichen Molassesand nicht möglich ist, ergibt sich eindeutig. Es hat also zuerst eine Anreicherung oder Trennung zu erfolgen. Diesem Zwecke können zwei Verfahren dienen, einmal das Ausschwenken und Schütteln mit Wasser, wie es der Goldwäscher mit goldführenden Sanden macht und zweitens das Trennen mit schweren Flüssigkeiten. Unter diesen ist das am meisten verwendete Bromoform mit dem spezifischen Gewicht 2,9 die geeignetste. Es wird in einen Scheidetrichter eingefüllt und mit einer abgewogenen Menge Sand umgerührt; dann werden die schweren Mineralien absinken und können durch Öffnen des Hahnen in ein Uhrglas abgelassen werden. Die Körner sind dann noch mit Benzol vom anhaftenden Bromoform zu reinigen und darauf für die mikroskopische Untersuchung bereit.

Der Umstand, daß Bromoform teures Material ist und beim Auswaschen mit Benzol sich gesundheitsschädliche Dämpfe bemerkbar machen, hat mich bewogen, nicht dieses Verfahren anzuwenden, sondern das Anreichern der schweren Mineralien mit der Goldwäscherpfanne vorzunehmen. Dieses Gerät ist ein Gefäß aus Eisenblech von konischer Form, 30 cm Durchmesser und 5 cm Tiefe, genau in der Mitte. Der mit dem 2 mm-Sieb gereinigte, lufttrockene Sand wird in einer Portion von 100 g eingefüllt und unter dem schwach fließenden Wasserhahnen geschüttelt, wobei das oberste Material immer wieder ausgeschwenkt wird. Das erste, was dann weggeschwemmt wird, ist Glimmer; auch Mergelkrümel gehen bei weiterm Ausschwenken fort und natürlich auch Quarzkörner. Wenn drei Viertel oder vier Fünftel der Masse ausgeschwenkt sind, kommt ein feiner rosaroter, schwarzer oder grünlicher Bodensatz zum Vorschein, der durch diese Farbe das Vorherrschen von Granat, Magnetit oder Epidot anzeigt. Was im letzten Zehntel noch mit den schweren Mineralien vermischt ist, sind bis zu 90 % Dolomit- und teilweise auch Kalzitkörner. Dieser stark angereicherte Bodensatz von ein paar Gramm wird in ein Becherglas gespült. Dann werden neue Portionen Sand dem gleichen Verfahren unterworfen und jeweils das Konzentrat ins Becherglas gebracht. Ist die Ausbeute groß, so genügen 300 g Sand; bei geringerem Ertrag um 0,1 % herum wird man 500 g nehmen. Die im Becherglas gesammelten Konzentrate werden noch einmal ausgeschwenkt. Es wird so möglich, die leichten Mineralien bis auf

wenige Körner zu entfernen. Man hat dann 0,2—20 g schwere Mineralien. Ist die Menge nicht gerade an der untern Grenze, so werden die Körner in Glasröhrchen von 6 mm Lichtweite und der Ausbeute entsprechender Länge abgefüllt und etikettiert. Einen Teil wird man mit Vorteil schon jetzt auf einen Objektträger in Kanadabalsam einbetten, um ein Dauerpräparat zu haben. Zur mikroskopischen Untersuchung bettet man die Körner vorerst nur in Wasser ein und beobachtet sie bei 60—100facher Vergrößerung im auffallenden und durchfallenden Lichte. Verschiedene schwere Mineralien geben sich schon auf diese Weise durch ihre Eigenfarbe und ihr Relief zu erkennen. Weitere Unterschiede in optischen Merkmalen bringt die Einbettung im Kanadabalsam an den Tag und schließlich das polarisierte Licht mit den Interferenzfarben.

In unsern thurgauischen Molassesandsteinen sind es besonders die sechs folgenden Mineralien, die man immer wieder antrifft: 1. Magnetit, der als eckiges Korn schwarz und opak in der Größe von 0,1—0,2 mm erscheint; manchmal ist er etwas angerostet oder in feinen Spaltblättchen blau durchscheinend. Er fehlt in keiner Probe und kann 10—60 % ausmachen. 2. Granat in rötlich klaren Bruchstücken, nur selten in schön entwickelten Rhombendodekaedern. Es kommt hie und da auch vor, daß er mit limonitischer Substanz verunreinigt ist. Sein Korndurchmesser geht selten unter 0,2 mm. Das 3. Mineral ist Rutil, meist sofort herausstechend durch die tief braunrote Eigenfarbe und oft gut erhaltener Kristallform, einem nach der C-Achse gestreckten Prisma. Auch die Kniezwillinge konnten hie und da bei diesem Mineral beobachtet werden. Die Farbe ist manchmal so intensiv, daß der Rutil im durchfallenden Lichte gern übersehen wird, während er bei auffallendem Lichte sofort kenntlich ist. Das 4. Mineral ist Staurolith. Er sticht aus den andern durch starke Lichtbrechung, charakteristisch gelbe Eigenfarbe und Pleochroismus heraus. Immer sind es nur Bruchstücke von großen Kristallen mit einem Durchmesser von 0,2 mm. Rutil und Staurolith sind in den Präparaten in Mengen von 0,5 bis zirka 5 % anzutreffen. Der Epidot als 5. schweres Mineral bildet meist abgerundete Spaltblättchen. Er zeigt trotz ziemlich hoher Lichtbrechung nicht besonders scharfe Umgrenzung, da der Rand meist ausgefetzt ist. Die lebhaften Interferenzfarben helfen zu seiner Bestimmungen. Blendet man das durchfallende Licht ab, so erscheint dieses Mineral in seiner hellgrünen Eigenfarbe. Die Korngröße geht unter 0,1 mm. 6. Der Zirkon. Die sehr hohe Lichtbrechung gibt dem farblosen Kriställchen eine starke und scharfe Umgrenzung. Etwas abgerundete prismatische

Form ist meist vorherrschend. Die Korngröße um 0,1 mm ist die obere Grenze.

Neben diesen regelmäßig im Präparat auftretenden schweren Mineralien trifft man vereinzelt auch rauchgraue Prismen von Turmalin, grünliche, von Spaltrissen durchzogene Hornblendeblättchen und rundliche tiefgrüne Körner von Glaukonit.

Da die sechs Hauptmineralien in den 80 Sandproben von den verschiedenen Molassehorizonten vom Hörnli bis zum Untersee immer wieder vorkommen, die qualitative Untersuchung also keine charakteristischen Unterschiede für die verschiedenen Höhen und horizontalen Punkte ergab, mußte versucht werden, die Mengenanteile der einzelnen Mineralien festzustellen. Der einfachste Weg in dieser quantitativen Untersuchung war die Auszählung. Durch acht- bis zehnmaliges Verschieben des Gesichtsfeldes im Präparat und jedesmaliges Notieren der Körnerzahl jeder Mineralart bekam man zwischen 500 bis 700 bestimmte Körner und durch Umrechnung die prozentualen Anteile der sechs Mineralien. Es ergibt sich so ein reichhaltiges Zahlenmaterial, das sicher augenfällige Unterschiede gegenüber der marinen Molasse im Westen gegen Andelfingen und den Kohlfirst und im Osten gegen Rorschach aufdecken wird. Aber auch innerhalb unserer thurgauischen Molasse werden die Zahlen Schlußfolgerungen über das Zusammenvorkommen der einen oder andern schweren Mineralien ermöglichen. Anderseits können dann auch bestimmte Sandsteinzonen gegeneinander abgegrenzt werden, die makroskopisch nicht zu unterscheiden sind.

Im Laufe dieses Sommers werden diese Untersuchungen einen gewissen Abschluß erreichen, da dann die noch fehlenden Resultate von den Aufschlüssen im obern Teil des Kantons die Reihe vervollständigen sollen.

Zurzeit ist Herr A. von Moos daran, die Sandsteine der marinen Molasse in der Umgebung von Andelfingen in ähnlicher Weise zu untersuchen, und in gegenseitiger Fühlungnahme werden wir die Vergleichsmöglichkeiten zu schaffen suchen.

Als ich vor zwei Jahren zum erstenmal meine Aufmerksamkeit den schweren Mineralien unserer Molassesandsteine zuwandte, hegte ich die Hoffnung, unter ihnen auch das Gold zu finden, natürlich nicht in Klumpen, sondern nur in vereinzelten, kleinsten Flitterchen. Diese Hoffnung war schließlich berechtigt; denn Herr Professor Dr. Burri teilte mir mit, daß er im Napfgebiet solches gefunden habe, und es ist ja bekannt, daß man besonders aus Sanden der Aare und Emme Gold herausgewaschen hat. Warum sollte nicht auch das ehemalige

Gebirge, aus dessen Verwitterungsmaterial unsere Molasse besteht, von Goldquarzgängen durchsetzt gewesen sein? Aber in den 80 Sandproben von den verschiedensten thurgauischen Lokalitäten ist kein einziges Körnchen oder Splitterchen Gold entdeckt worden. Auch Herr A. von Moos hat in seinen untersuchten Sanden keine Spur von dem begehrten Mineral gefunden. Es ist nicht anzunehmen, daß etwa vorhandenes Gold beim Auswaschprozeß entwischt wäre; denn Mineralsplitter von 0,05 mm Durchmesser und dem spezifischen Gewicht um 4 herum bleiben ja in der Pfanne zurück.

Die dritte Hauptgesteinsart unserer Molasse sind die Mergel. Man trifft sie durch alle Horizonte, oft auf kurze Distanz auskeilend und verschwindend oder rasch wechselnd in Farbe und Festigkeit. Die größte Mächtigkeit erreichen die gelbrötlichgrauen, die bröckelig zerfallen. Unmerkbare Übergänge führen einerseits zu mergeligen Sandsteinen und anderseits zu Mergelkalken. Solche von brauner oder grüner Farbe bilden meist nur zentimeterdicke Lagen. Die Mergel sind aufzufassen als eine Mischung von Kalk- und Tonschlamm, die durch schwächere oder stärkere Diagenese die Stufen vom eigentlichen Mergelstein über bröckelige zu den dichtplastischen Mergeln durchlaufen kann. Gesteine, bei denen das Trümmermaterial ungefähr zu vier Fünfteln aus Partikelchen von weniger als $^1/_{100}$ mm Durchmesser besteht, nennt man Pelite. Bei einem Gestein mit solchen Bauelementen wird der mikroskopische Befund nicht mehr die Hauptrolle spielen und quantitative Bestimmungen durch Auszählen nicht in Frage kommen. Der Teilchengröße entsprechend sind unter den Bildungsvorgängen die kolloidchemischen Prozesse in vorderer Linie, und diese aufzudecken wird nun auf dem Wege der Bauschalanalyse möglich sein. In kolloidalen Stoffsystemen sind es weniger eigentlich chemische Umsetzungen und Umbau bestimmter Molekularkonstitutionen als gewisse Bindungen außerhalb des Molekülverbandes, eine Erscheinung, die man als Adsorption bezeichnet. Es hängt das damit zusammen, daß die freien, in einem Dispersionsmittel schwebenden ultramikroskopischen Teilchen große Oberflächenenergie haben und bestimmte Partikelchen an sich ketten, ohne eine chemische Verbindung zu bilden. Elektrische Ladungen, welche diesen Teilchen auch eigen sind, können Koagulation oder Dispersion, d. h. Zusammenballung oder Verteilung, begünstigen. Mineralogisch sind die Produkte dieser beiden Vorgänge sehr schwer zu erfassen. Die röntgenographische Untersuchung, welche ja Aufschluß über den Atombau solcher Teilchen geben kann, muß hier mithelfen, ein Bild von den Vorstufen des werdenden Kristalls zu schaffen. Im soeben

erschienenen Heft des 13. Bandes der Schweiz. Mineralog. und Petrographischen Mitteilungen gibt uns Professor Dr. P. Niggli mit seinen Mitarbeitern ein Beispiel in diesem Sinne, wo er das Problem der Sericitbildung behandelt. Seit längerer Zeit ist die Tatsache bekannt, daß Mergel- und Tonanalysen einen Überschuß an K und Mg aufweisen, der nicht mehr rechnerisch an eine vorhandene Mineralart angeschlossen werden kann und für den man nun kolloidale Bindung oder eine Hydroxydgruppe annehmen muß. Ob auch das FeO als Analysenkomponente kolloidal an SiO_2 gebunden ist und dann die spezifische Grünfärbung von Mergeln verursacht, ist noch ein offenes Problem. Petrographisch bieten also die Mergel noch eine reiche Fülle von Untersuchungsaufgaben, und noch lange nicht ist ihr Gesicht entschleiert.

Wie bei den Sandsteinen wird auch bei den Mergeln eine Schlämmanalyse notwendig sein. Es zeigt sich dann, daß über 70 % der ersten Fraktion dem Abschlämmbaren angehören und damit drei Viertel der Substanz der mikroskopischen Mineralbestimmung entgehen. Die zweite Fraktion umfaßt noch ein Zehntel bis ein Viertel der Masse. Darin sind besonders die Dolomit- und Kalzitrhomboeder vertreten. Die dritte und vierte Fraktion, die eigentliche Körnerfraktion, zeigt neben vorherrschendem Quarz und etwas trüben Feldspatkörnern hie und da ein Glimmerplättchen. Schwere Mineralien sind nicht mehr zu finden. Diese Feststellungen sind als allgemeine petrographische Merkmale der Mergel wohl interessant; aber da diese in den Profilen von Dezimeter zu Dezimeter meist stark ändern, können jene zu wenig zahlenmäßig faßbaren Resultate nur schwer Gesetzmäßigkeiten andeuten. Die petrographische Charakterisierung der dünnen Mergelschichten sollte noch auf eine einfachere Formel gebracht werden.

Bei den Feldaufnahmen von Mergelprofilen wird man besonders darauf Bedacht nehmen müssen, eine genaue Reihenfolge der sich in Farben und Festigkeiten unterscheidenden Schichten zu notieren, weil möglicherweise in diesem Wechsel ein zyklischer Ablauf, eine Sedimentationsgesetzmäßigkeit, zu suchen ist. Untersuchungen über den Kalkgehalt der Mergel deuten etwas darauf hin. So ergaben eigentliche Mergelsteine einen Gehalt von über 70 %; in absteigender Linie folgten dann die gelblichgrauen, bröckeligen und weiter die bräunlichen und schwärzlichen bis zu den grünen Mergeln mit noch rund 20 % Kalk.

Die schwarzen, grauen und bräunlichen Farben sind natürlich eine Funktion von bituminösen Stoffen, die in feinster Verteilung

im Mergel vorhanden sein können. Bei der Herstellung des Salzsäureauszuges kann sich dann ein spezifischer Ölgeruch bemerkbar machen, wie er auch beim Reiben des Stinkkalkes auftritt. Die Süßwasserkalksteine, die im Molasseprofil nur geringfügig zur Geltung kommen, möchte ich nicht als eine besondere Gesteinsgruppe auffassen, sondern nur als Endglied der Mergelreihe ansehen, für welche die gleichen petrographischen Gesichtspunkte gelten.

Zusammenfassung.

Die vorliegenden Ausführungen sollen dartun, daß die petrographischen Probleme der Sedimentgesteine andere Untersuchungsmethoden als die der magmatischen Gesteine bedingen und daß diese selbst innerhalb der Molasse Verschiedenheiten aufweisen. Es wird auch auseinandergesetzt, wie verhältnismäßig jung dieser Zweig der Gesteinsforschung ist und verschiedene Forschungsmethoden noch mehr oder weniger tastende Versuche in dieses Neuland sind.