

**Dr. G. Kathrein:** Einiges über die Vorbedingungen der Verwendbarkeit von Gesteinsanalysenergebnissen zu theoretisch oder praktisch bedeutsamen Folgerungen, aufgezeigt am Beispiel Diallag-Amphibolit des mittleren Kamptales.

P. Niggli<sup>1)</sup> hat in einem umfangreichen Werke einen Überblick über den Chemismus der Magmen und die aus diesen jeweils entstehenden Eruptiva gegeben. Die chemische Analyse zeigt sich hier als ein wichtiges Hilfsmittel petrologischer Forschung. Niggli wendet der Auswahl der Analysen, welche er für seine Schlußfolgerungen heranzieht, größte Aufmerksamkeit zu und gibt einen eingehenden Bericht über die Grundsätze, welche ihn dabei leiten.<sup>2)</sup> Völlig einwandfreie Analysen sind älteren Veröffentlichungen nur selten zu entnehmen, und man sieht sich fallweise auch gezwungen, unvollständig oder auch teilweise unrichtige Ergebnisse der chemischen Prüfung dem Zwecke dienstbar zu machen. Ist die Verlässlichkeit einer Analyse dargetan, so kann diese unter Umständen noch immer recht wenig sagen und allein statistischen Zwecken dienstbar sein, wenn nichts Näheres über die Entnahme und Menge der gezogenen Probe mitgeteilt wird. Auch der Analysengang sollte zumindest in jenen Teilen, wo verschiedene Methoden nebeneinander gebräuchlich sind, wenigstens schlagwortartig definiert sein. Daß der Mineralbestand und der Freiheitsgrad desselben bei der Beurteilung einen Wertmesser abgeben, ist selbstverständlich. Leider wird infolge viel zu geringen Flächenmaßes der der mineralogischen Untersuchung zugrunde liegenden Dünnschliffe die rechnerische Kontrolle der Analyse aus dem Mineralbestand, abgesehen von anderen Schwierigkeiten (zutreffende Annahmen über die chemische Zusammensetzung der Minerale), öfters recht problematisch.

Selbst in dem Fall, daß Probenahme und Probemenge für eine bestimmte Örtlichkeit völlig einwandfrei erfolgte, ist damit noch nicht die Frage berührt, ob man das sich in der Folge ergebende Analysenergebnis als Ausdruck der chemischen Zusammensetzung eines Gesteinskörpers von vielleicht vielen Kilometern Durchmesser werten darf. Die öfters als oberflächlich angesehene Praxis ist in einem solchen Falle weit skeptischer als rein wissenschaftliche Kreise, weil ein Zuwenig an ausgeführten Analysen sich hier schon oft als Ursache späterer großer materieller Einbußen gezeigt hat. Dementsprechend spielen die nach genauen Regeln in bestimmten, den örtlichen Verhältnissen und dem Wert des in Frage stehenden mineralischen Stoffes entsprechenden zahlreichen Einzelproben und ausgeführten Einzelanalysen bei Bewertung von Lagerstätten eine große Rolle. Noch unangebrachter als die Verwertung nur einer Analyse bei petrologischen Studien erscheint es, von verschiedenen, über den ganzen Gesteinskörper verteilten Entnahmestellen stammende Proben zu einer Gesamtprobe zu vereinen und dann zu analysieren. Zur chemischen Charakterisierung z. B. eines langgestreckten Gesteinszuges werden mehrere Analysen aus verschiedenen Teilen seines Vorkommens nötig sein. War es nicht möglich, die chemische Untersuchung über einen genügend großen Bereich des Vorkommens zu erstrecken, so muß im Ausweis der

<sup>1)</sup> Gesteins- und Mineralprovinzen, Band I, Berlin 1923.

<sup>2)</sup> l. c., S. 238 ff.

Analyse auf jeden Fall und nachdrücklich auf diesen Mangel hingewiesen werden. Allerdings kann es mittels geometrischer Dünnschliffanalyse von als charakteristisch angesehenen Gesteinsproben wahrscheinlich gemacht werden, daß die betreffende Analyse den Chemismus des Gesteinsvorkommen bis zu einem gewissen Grade richtig zum Ausdrucke bringt.

Die Schwierigkeiten ordnungsgemäßer Probenahmen sind übrigens häufig keine geringen, und genaue Ortskenntnis und ausreichende Erfahrung sind zur Ziehung eines geeigneten Durchschnittsmusters erforderlich. Selbst weniger ausgedehnte Aufschlüsse, wie kleinere Steinbrüche u. dgl., lassen es häufig nicht zu, mit nur einer Durchschnittsprobe das Auslangen zu finden. Die Bewertung von natürlichen Gesteinen für bautechnische Zwecke hat die Bedeutung fachmännischer Probenahme — in erster Linie allerdings für physikalische Untersuchungen — auch in weiteren Kreisen bekannt gemacht, und es sind z. B. im österreichischen Normwerke hierfür entsprechende Anleitungen gegeben.<sup>1)</sup>

Für den Wert von Gesteinsanalysen ist auch insbesondere die zur Herstellung des Analysengutes verwendete Probemenge maßgebend. Die das fragliche Gestein mit einem bestimmten relativen Fehler wiedergebende Größe der Gesteinsprobe ist durch den sogenannten Elementarwürfel für richtungslos körnige, bzw. das Elementarprisma für geschichtete Gesteine festgelegt.<sup>2)</sup> A. Schmölzer<sup>3)</sup> berechnet auf Grund einer von Mader für ein Idealgestein entwickelten Formel, daß die chemische Analyse eines grobkörnigen Granits von Roggendorf, falls die gepulverte Probemenge einem Würfel der Kantenlänge von 6 cm, d. h. etwa einem  $\frac{1}{2}$  kg schweren Gesteinstück entspricht, allein infolge der Grobkörnigkeit des Ausgangsmaterials mit einem relativen Fehler von 10% belastet erscheint. Sollte dieser auf 2% herabgedrückt werden, so müßte ein würflicher Gesteinsblock von 44 cm Seitenlänge dem Analytiker zur Verfügung gestellt werden! Wenn auch diese Studie von A. Schmölzer nicht darauf abzielt, den Chemikern solche Riesenproben zur Zerkleinerung und gründlichen Durchmischung aufzuzwingen, so gibt doch die Größenordnung der Blöcke zu denken. A. Schmölzer hat erstmalig rechnerisch nachgewiesen, daß im allgemeinen die Gesteinsanalytiker sich viel zu kleine Proben als ausreichend denken; hiedurch erscheinen viele Analysendaten entwertet und der genaueste Analysengang kann nichts mehr gutmachen.

Welche Willkür bei der Auffassung über das, was als verlässliche Analyse zur chemischen Charakterisierung eines großen Gesteinskörpers heranzuziehen ist, noch immer herrscht, ist deutlich aus einer Arbeit von A. Marchet<sup>4)</sup> „Die chemische Zusammensetzung des Diallag-Amphibolits vom mittleren Kamptal“ zu ersehen. Es soll daher auf dieses lehrreiche Beispiel näher eingegangen werden. Der Diallag-Amphibolit wurde erstmalig von F. Becke<sup>5)</sup> kurz charakterisiert und später von

<sup>1)</sup> Önorm B. 3102.

<sup>2)</sup> R. Grengg, Tschermaks Mineralogische u. Petrographische Mitteilungen, Bd. 38, 1925, S. 479.

<sup>3)</sup> Die Steinindustrie 1926, Heft 22.

<sup>4)</sup> Mineralogische und Petrographische Mitteilungen, Bd. 39, Heft 1, 2, 1928, p. 35 ff.

<sup>5)</sup> LXXXIV. Bd. der Sitzungsberichte der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften, 1881.

R. Grengg<sup>1)</sup> eingehend beschrieben. Von letzterem stammt auch eine im Jahre 1907 ausgeführte Analyse, die, wie schon die Summenformel 98·11 zeigt, auf keine übermäßige Genauigkeit Anspruch erhebt. Das Analysenmaterial stammte ungefähr aus der Mitte des rund 10 km langen, an der Entnahmestelle etwa 300 m breiten Gesteinszuges. Ob das Material wenigstens für das Diallag-Amphibolitprofil an der Straße Steinegg—St. Leonhard als richtiges Durchschnittsmuster gelten kann, ist eher zu verneinen als zu bejahen, da die Probe laut eingezogener Erkundigung nur die Größe eines Handstückes besaß und vor allem getrachtet wurde, ein recht frisch aussehendes Muster zu erhalten. Es standen nicht die Hilfsmittel zur Verfügung, um richtig in den frischen Felsen hineinzukommen; außerdem war infolge Bewaldung die sichtbare Gesteinsoberfläche keine große.

Anschließend an eine Abhandlung „Zur Kenntnis der Amphibolite des niederösterreichischen Waldviertels“ ist A. Marchet auch der chemischen Zusammensetzung des Diallag-Amphibolits nachgegangen. Leider enttäuscht aber der Inhalt seiner diesbezüglichen Studie. Die auf 99·61 ausgehende Analyse (Analytiker H. Schumann) ist anscheinend recht genau, doch werden keine Hinweise auf den eingehaltenen Analysengang gegeben. Die Hauptursache, warum die Schlußfolgerungen der Marchet'schen Studie nicht recht überzeugen, liegt im Analysenmaterial. Anstatt dem jetzigen Stande unserer Anschauungen über den Wert entsprechender Probenahme als Grundlage für alles weitere Beginnen durch eine neuerliche genaue Probenahme Rechnung zu tragen, wurde ein Gesteinspulver (unversiegelte Probe), welches sich bei den Überbleibseln der Aufsammlungen Grengg's aus den Jahren 1905—1908<sup>2)</sup> befand, verwendet. In der Übersicht, welche weiter unten gegeben wird, sind die von Grengg ausgeführte, bzw. die von Marchet veranlaßten Analysen mit 9, bzw. 9 a bezeichnet.

Um zu einer gesicherten Kenntnis der chemischen Zusammensetzung des Diallag-Amphibolits zu gelangen, erscheint daher nur ein Weg gangbar, nämlich die Ausführung neuer Analysen. An drei verschiedenen Orten, welche die Erstreckung des Amphibolituzuges kennzeichnen — Schauenstein, Steinegg und Wanzenau —, wurden im Sommer 1928 anlässlich einer Kauptalexkursion Proben gezogen. Aus gut erhaltenen größeren Blöcken wurde Analysenmaterial in der Form von 1 bis 5 kg schweren Stücken entnommen. Die Auswahl der Stücke war derart, daß selbe, soweit dies makroskopisch erkennbar war, die Diallag-Amphibolitvorkommen der obigen Örtlichkeiten möglichst vollständig verkörperten. Am ungünstigsten war die Probenahme bei Wanzenau (Anschnitt des Diallag-Amphibolitrückens durch die Straße Eitzmannsdorf—Wanzenau), wo nur bereits seit langem an der Tagesoberfläche befindliches Gestein zur Verfügung stand. Am günstigsten war die Ört-

<sup>1)</sup> Tschermak's Mineralogische und Petrographische Mitteilungen, 29. Bd., 1. u. 2. Heft, 1910.

<sup>2)</sup> Nachdem, wie auch aus einer Bemerkung in der Diallag-Amphibolitarbeit von Grengg hervorgeht, die Absicht bestand, die Untersuchungen weiter, besonders in Richtung auf die den Diallag-Amphibolit begleitenden Gesteine fortzusetzen, wurde das hiefür tauglich erscheinende Material schon vor Jahren an die Technische Hochschule hinübergenommen und ist auch dort noch aufbewahrt.

## Zusammen-

	Ergebnisse der Analysen									
	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	FeO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	CaO	MgO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	S
alte Analyse von R. Grengg Nr. 9	45.92	0.45	9.83	6.19	14.39	0.16	5.05	12.28	Spur	--
Analyse H. Schumann Nr. 9a <sup>1)</sup>	45.99	2.66	10.98	2.51	14.21	0.26	11.29	7.96	0.18	0.12
Diallag-Amphi- bolit von Wanzenau (Dr. Anders) <sup>2)</sup>	43.45	0.55	9.18	9.04	14.15	0.38	12.00	6.27	0.27	0.26
Diallag-Amphi- bolit von Steinegg (Dr. Anders) <sup>2)</sup>	43.77	0.32	7.46	5.87	18.11	0.44	10.18	7.60	0.26	0.28
Diallag-Amphi- bolit von Schauenstein (Dr. Anders) <sup>2)</sup>	47.09	0.39	9.87	6.70	17.24	0.32	9.70	3.43	0.21	0.57

<sup>1)</sup> Bezogen auf bei 110° getrocknete Substanz.  
<sup>2)</sup> Bezogen auf lufttrockene Substanz.  
<sup>3)</sup> Mit Ausnahme der Analyse 9 für bei 110° getrocknete Substanz berechnet.  
<sup>4)</sup> Zur Berechnung der  $\lambda$ -Werte wurde der Glühverlust als H<sub>2</sub>O + 110° angenommen.

lichkeit zur Gewinnung einer frischen Durchschnittsprobe am Schauenstein, wo infolge einer in letzter Zeit erfolgter Wegverbreiterung sich fester, frischer Fels angeschnitten zeigte.

Die chemische Analyse wurde von Dr. Ing. E. Anders im Sommer und Herbst 1928 ausgeführt und ergab die in der Zusammenstellung angeführten Ergebnisse. Der Analysengang entsprach den üblichen Methoden; die Bestimmung der Alkalien geschah nach der Flußsäuremethode von Berzelius, die Trennung der Alkalien nach der Perchloratmethode von Schlösing-Wense. Die Abtrennung des Titans geschah nach der Methode von Gooch.

Aus der chemischen Analyse wurden sodann die Projektionswerte nach Niggli berechnet und Koordinaten der Tetraederprojektion (Würfelprojektion) nach F. Becke hieraus abgeleitet. (Siehe ebenfalls die Zusammenstellung.)

## stellung.

in Gewichtsprozenten				Projektionswerte <sup>3)</sup> nach	
Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O + 110°	H <sub>2</sub> O < 110°	Niggli	Becke
1.92	0.37	1.55		$alk = 4.4$ $si = 97$ $al = 17.9$ $ti = 0.71$ $fm = 66.3$ $k = 0.11$ $c = 11.4$ $mg = 0.58$	$\xi = 22.3$ $\eta = 29.3$ $\zeta = 15.8$
2.55	0.33	0.61	0.12 <sup>2)</sup>	$alk = 5.8$ $ti = 4.3$ $al = 18.0$ $h = 4.4$ $fm = 50.1$ $k = 0.08$ $c = 26.1$ $mg = 0.51$ $si = 99$	$\xi = 24.0$ $\eta = 44.0$ $\zeta = 32.0$
4.06	0.29	Glühverlust 0.15	0.13	$alk = 8.3$ $ti = 0.83$ $al = 16.8$ $h^A) = 1.0$ $fm = 48.9$ $k = 0.05$ $c = 26.0$ $mg = 0.39$ $si = 88$	$\xi = 25.1$ $\eta = 42.8$ $\zeta = 34.3$
4.23	0.31	Glühverlust 0.77	0.36	$alk = 8.9$ $ti = 0.50$ $al = 22.1$ $h^A) = 5.3$ $fm = 46.4$ $k = 0.05$ $c = 22.6$ $mg = 0.51$ $si = 91$	$\xi = 31.0$ $\eta = 44.7$ $\zeta = 31.5$
3.73	0.59	Glühverlust 0.19	0.21	$alk = 9.2$ $ti = 0.67$ $al = 23.5$ $h^A) = 1.5$ $fm = 43.2$ $k = 0.09$ $c = 24.1$ $mg = 0.28$ $si = 109$	$\xi = 32.7$ $\eta = 47.6$ $\zeta = 33.3$

Deutlich läßt sich erkennen, daß Probe 9 sich am weitesten von den neuen Amphibolitanalysen entfernt. Aber auch 9a gibt keineswegs den durchschnittlichen Diallag-Amphibolit wieder, wie man bei Ausführung der Becke'schen Projektion leicht erkennen wird. Der darstellende Punkt von Marchet's Analyse 9a liegt am nächsten demjenigen der neuen Analyse von Wanzenau, jedoch etwas oberhalb und außerhalb dem durch die darstellenden Punkte der neuen Analysen gegebenen Bereich. Wie vorauszusehen war, ist die chemische Zusammensetzung in größerem Maße schwankend, als der vereinzelt Analysenwert 9a zeigen konnte. Insbesondere auffällig ist das Schwanken des Wassergehaltes ( $h$ -Werte); die Amphibolite von Schauenstein und Wanzenau gleichen diesbezüglich den wasserarmen Eklogiten. Weiters ist auch der hohe  $ti$ -Wert der Probe 9a vereinzelt gegenüber den verschiedenen Werten der übrigen Analysen.