

# Über logarithmische Rechenmittel zum Gebrauch in Mineralogie und Petrographie

Autor(en): **Burri, Conrad**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische mineralogische und petrographische Mitteilungen  
= Bulletin suisse de minéralogie et pétrographie**

Band (Jahr): **24 (1944)**

Heft 1-2

PDF erstellt am: **23.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-20465>

## **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.

# Über logarithmische Rechenmittel zum Gebrauch in Mineralogie und Petrographie

Von *Conrad Burri* (Zürich)

## ZUSAMMENFASSUNG

Es wird daran erinnert, welche der in Mineralogie und Petrographie öfters vorkommenden Rechenprobleme sich vorteilhaft mit logarithmischen Rechenmitteln lösen lassen. Darauf wird ein für Mineralogen und Petrographen besonders geeigneter Speziialschieber vorgeschlagen und anschliessend darauf aufmerksam gemacht, wie sich bekannte handelsübliche Modelle von Rechenschiebern und -scheiben leicht den hier auftretenden Problemen anpassen lassen.

## A. EINLEITUNG

Wie in allen andern Wissenschaften, in denen die Auswertung von Beobachtungen numerische Rechnungen erfordert, spielen die logarithmischen Rechenmittel auch in der Mineralogie und Petrographie eine grosse Rolle. Sie erfreuen sich als zeitsparende Hilfen mit Recht einer grossen Verbreitung und möchten wohl von niemandem, der sie je angewandt hat, vermisst werden. Je nach der verlangten Genauigkeit bedient man sich dabei des Rechenschiebers, eventuell seiner auf dem gleichen Prinzip beruhenden konstruktiven Abarten, der Rechenscheibe oder der Rechenwalze, oder auch der Logarithmentafel. Während für Rechnungen, bei denen eine Genauigkeit von 3 Stellen (Wertziffern) genügt, der übliche Rechenschieber von 25 cm Länge oder eine entsprechende Rechenscheibe das gegebene Instrument darstellt, muss bei einer geforderten Genauigkeit von 4—6 Wertziffern die Rechenwalze von 15—24 m Skalenlänge oder eine 5—7stellige Logarithmentafel angewandt werden. Letztere braucht man auch bei allen trigonometrischen Berechnungen, bei denen es auf Minuten-Genauigkeit ankommt, also vor allem bei der eigentlichen Kristallberechnung auf Grund reflexionsgoniometrischer Messungen. In besondern Fällen, wo nur teilweise eine Genauigkeit von 4 Wertziffern gefordert wird, wie z. B. bei der chemischen Gesteins- und Mineralanalyse, kann bei hinreichender Übung und Vertrautheit mit dem Instrument auch ein 25 cm langer Rechenschieber vom Typus „Präzision“ der Firma A. NESTLER A.-G. in Lahr (Baden)

verwandt werden, dessen Genauigkeit infolge sinnreicher Anordnung der Skalen derjenigen eines Schiebers doppelter Länge gleichkommt. Dem Mineralogen und Petrographen begegnen im Laufe seiner Arbeit etwa folgende Probleme, zu deren Lösung sich der Rechenschieber vorteilhaft verwenden lässt:

I. Die Umrechnung von Gesteinsanalysen auf die von verschiedenen Autoren vorgeschlagenen Parameter, in neuerer Zeit besonders etwa auf die von P. NIGGLI: si, al, fm, c, alk, k, mg etc. (sog. „NIGGLI-Werte“), sowie „Basis“ und „Molekularnorm“<sup>1)</sup>). Diese Aufgabe, die vor allem die Division der gewichtsprozentischen Analysenwerte durch die entsprechenden Molekulargewichte, in Fällen wo keine entsprechenden Tabellen zur Verfügung stehen, ferner die Berechnung einer gewissen Anzahl von Posten auf die Summe 100, sowie gelegentlich auch Proportionen und Dreisätze umfassen, lassen sich mit den üblichen Rechenschiebern von 25 cm Länge befriedigend lösen. Über das zweckmässigste Vorgehen bei solchen Rechnungen, sowie über gewisse Anpassungen der Rechenmittel an diese Aufgaben soll weiter unten noch Näheres ausgeführt werden. Rechnerisch ähnliche Probleme wie bei der Umrechnung von Analysen stellen sich auch bei der Auswertung der Ergebnisse von Schliffvermessungen mittels des Integrationstisches auf Volum- oder Gewichtsprozente.

II. Probleme in Verbindung mit mikroskopischen Methoden:

- a) Die Umwandlung von konoskopisch gemessenen Zentraldistanzen in Winkelwerte nach den Beziehungen  $\sin E = kd$  ( $k =$  MALLARD'sche Konstante), resp.  $\sin V = \frac{\sin E}{n_\beta} = \frac{kd}{n_\beta}$ .
- b) Die Bestimmung des Gangunterschiedes mit dem Kompensator nach M. BEREK unter Benützung der von diesem Autor<sup>2)</sup> gegebenen Tabelle der 10000fachen Werte der Kompensatorfunktion.
- c) Die Auswertung der MALLARD'schen Formeln zur Bestimmung des wahren optischen Achsenwinkels aus dem Verhältnis zweier Hauptdoppelbrechungen, z. B.

$$\sin V_\gamma = \sqrt{\frac{n_\beta - n_\alpha}{n_\gamma - n_\alpha}}$$

<sup>1)</sup> P. NIGGLI, Über Molekularnormen zur Gesteinsberechnung. Schweiz. Min. Petr. Mitt. 16 (1936), 295—317.

<sup>2)</sup> M. BEREK, Mikroskopische Mineralbestimmung mit Hilfe der Universal-drehtischmethoden. Berlin (1924) 164

- d) Die Korrektur für die unterschiedliche Lichtbrechung von Mineral und Segment beim U-Tisch oder beim ADAM'schen Achsenwinkelapparat nach der Formel  $\sin \alpha_M = \frac{n_s}{n_M} \sin \alpha_s$ .
- e) Die Ermittlung der Schliffdicke nach der Methode des DUC DE CHAULNES auf Grund der Beziehung  $d = d' \frac{n}{\mu}$ , wobei  $d'$  = scheinbare Dicke, gemessen mit der Mikrometerschraube des Mikroskopes,  $n$  = Lichtbrechung des Minerals,  $\mu$  = Lichtbrechung des Mediums zwischen Objekt und Objektiv.

Alle diese Aufgaben lassen sich sehr gut mit den üblichen Rechenschiebern lösen. In bezug auf Problem a) mag daran erinnert werden, dass die bekannte SCHWARZMANN'sche Achsenwinkel-Skala zur Ermittlung von  $2E$  auf konoskopischem Wege <sup>3)</sup> eigentlich nichts anderes ist als ein für eine bestimmte MALLARD'sche Konstante fix eingestellter Rechenschieber. In vielen Fällen, wo eine grössere Genauigkeit erwünscht ist, als sie die trigonometrischen Teilungen des Rechenschiebers zulassen, benützt man mit Vorteil eine Tafel der betreffenden Funktion in Verbindung mit dem Schieber, wie dies z. B. auch von M. BEREK für Aufgabe b) empfohlen wird.

In diesem Zusammenhang sei kurz erwähnt, dass die modernen Rechenschieber „System Darmstadt“, wie sie vom Institut für praktische Mathematik an der Technischen Hochschule Darmstadt vorgeschlagen wurden und von verschiedenen Firmen gebaut werden, eine Ablesung der  $\sin$  von Winkeln nahe  $90^\circ$ , resp. der  $\cos$  kleiner Winkel auf 3—4 Stellen genau gestatten, also in dieser Hinsicht ein bedeutend genaueres Resultat ergeben als die ältern Schieber gleicher Länge. Dies wird erreicht durch Anbringung einer zusätzlichen Skala (sog. Pythagoras-Skala), die der Funktion  $\sqrt{1-x^2}$  entspricht und die Anwendung der Beziehung  $\cos^2 x + \sin^2 x = 1$  gestattet.

III. Die Ermittlung von angenäherten kristallographischen Achsenverhältnissen aus der stereographischen Projektion, sowie, darauf basierend, die Indizierung von eingemessenen Wachstums- und Spaltflächen, sowie Zwillingselementen. Auch die Umkehrung dieser Aufgabe stellt sich gelegentlich: die Eintragung von Flächen in die stereographische Projektion auf Grund ihrer gegebenen Indices.

Im Gegensatz zu den unter I und II erwähnten Problemen sind die unter III angeführten nicht ohne weiteres mit dem Rechenschieber

<sup>3)</sup> M. SCHWARZMANN, Hilfsmittel um die Ausrechnung der Mallard'schen Formel zu ersparen. N. Jb. f. Min. etc. (1896) I. 52—56



zu lösen, zum mindesten nicht ohne Notierung von Zwischenresultaten. Bei rechtwinkligen kristallographischen Achsen führen sie auf Ausdrücke von der Form  $\frac{\operatorname{tg} \varepsilon'}{\operatorname{tg} \varepsilon}$ <sup>4)</sup>, die nicht direkt eingestellt werden können, oder es handelt sich darum, die zu den multiplen Tangenten eines gegebenen Winkels gehörigen Winkelwerte zu ermitteln. Dieses Problem lässt sich nur unter der einschränkenden Bedingung lösen, dass alle in Betracht kommenden Winkel grösser oder kleiner als  $45^\circ$  sind. Bekanntlich erstreckt sich die Tangentenskala der üblichen Rechenschieber nur von  $\operatorname{arctg} 0,1 = 5^\circ 42'$  bis  $\operatorname{arctg} 1 = 45^\circ$ . Tangentenwerte der Winkel von  $45^\circ - 84^\circ 18'$  werden auf Grund der Beziehung  $\operatorname{tg} x = \frac{1}{\operatorname{tg} (R - x)}$  ermittelt, während für die Tangenten kleiner Winkel eine besondere Skala besteht („S + T“), die hier jedoch keine Rolle spielt. Was hier benötigt wird, ist eine fortlaufende Tangentenskala von  $5^\circ 42' - 84^\circ 18'$ , damit beim Überschreiten des  $45^\circ$ -Wertes keine Komplikationen auftreten.

Bei schiefwinkligen Achsenkreuzen treten Ausdrücke von der Form  $\frac{\sin \varepsilon'}{\sin \varepsilon}$  auf, die sich zwar direkt ermitteln lassen, wenn auch nicht sehr bequem. In bezug auf das Auffinden der zu den multiplen Sinus gehörigen Winkel liegen die Verhältnisse besser als bei den Tangenten, da sich die Sinusteilung von  $\operatorname{arcsin} 0,1 = 5^\circ 44'$  bis  $\operatorname{arcsin} 1 = 90^\circ$  fortlaufend erstreckt.

Zusammenfassend ist somit zu konstatieren, dass die üblichen Rechenschieber zwar für den Mineralogen und Petrographen von grossem Nutzen sind, dass sich jedoch nicht alle Probleme damit lösen lassen, für die es wünschenswert wäre. Es erhebt sich daher die Frage, ob es nicht möglich wäre, einen Spezielschieber zu konstruieren, der dies ermöglichen würde und der so dazu beitragen würde, dem Rechenschieber bei Mineralogen und Petrographen eine noch grössere Verbreitung zu verschaffen.

Der Autor hat sich schon seit längerer Zeit mit dem Entwurf eines solchen Instrumentes beschäftigt und ist dabei zu einem gewissen Abschluss gelangt. Unter den gegenwärtigen Zeitumständen muss es zwar als ausgeschlossen gelten, dass sich irgend eines der in Betracht kommenden Unternehmen für die Herstellung eines solchen Spezialinstrumentes interessiert, weshalb die Beschäftigung mit dem Gegenstande zur Zeit als reichlich müssig erscheinen mag.

<sup>4)</sup> Vgl. z. B. P. NIGGLI, Lehrbuch der Mineralogie und Kristallchemie I, 3. Aufl., Berlin (1942) 161—163

Der Autor hält es aber trotzdem für angebracht, seinen Vorschlag zur Diskussion zu stellen, damit sich die Fachgenossen dazu äussern und eventuelle Verbesserungs- und Ergänzungsvorschläge anbringen können. In der Hoffnung, dass solche recht zahlreich eingehen, damit das Instrument, wenn es dereinst doch noch gebaut werden sollte, möglichst vollkommen gestaltet werden kann, wird daher der nachstehende Vorschlag veröffentlicht.

Fig. 1 zeigt schematisch die vorgeschlagene Anordnung der Skalen.

#### B. ENTWURF EINES SPEZIALRECHENSCHIEBERS FÜR MINERALOGEN UND PETROGRAPHEN

Die üblichen Rechenschieber<sup>5)</sup> weisen fast alle 4 Hauptskalen auf. Zwei davon, eine obere  $O_1$  und eine untere  $U_1$  befinden sich in bezug auf ihre gegenseitige Lage fixiert auf dem Stabkörper, die beiden andern  $O_2$  und  $U_2$ , ebenfalls starr miteinander verbunden, auf einer gegenüber dem Stabkörper beweglichen Zunge. Allgemein findet man heute die zuerst durch den Pariser Fabrikanten TAVERNIER eingeführte Anordnung, nach welcher sowohl die beiden obern Skalen  $O_1$  und  $O_2$ , wie auch die unter  $U_1$  und  $U_2$  je gleiche Teilung aufweisen. Dabei sind die untern Teilungen im doppelten Masstabe aufgetragen, sie umfassen somit nur eine logarithmische Einheit gegenüber den obern Skalen, die deren zwei umfassen. Diese Anordnung, welche bekanntlich das Quadrieren, sowie das Ausziehen der Quadratwurzel in einfacher Weise gestattet, wird beibehalten. Damit wird erreicht, dass diese Operationen, wie auch Multiplikation und Division wie bei den handelsüblichen Schiebern vor sich gehen und kein Umlernen nötig ist.  $O_1$  und  $O_2$  umfassen somit die Logarithmen der

<sup>5)</sup> Über Rechenschieber im allgemeinen siehe u. a.:

W. MEYER ZUR CAPELLEN, Mathematische Instrumente. Leipzig (1941) 32—44.

A. ROHRBERG, Theorie und Praxis des logarithmischen Rechenstabes. Math.-Physikalische Bibl. No. 28 Leipzig u. Berlin. 3. Aufl. (1925).

— Die Anpassung des Rechenschiebers an den Rechenbedarf der Gegenwart. Z. f. Instrumentenkunde 56 (1936) 322—328.

FR. A. WILLERS, Mathematische Instrumente. S'g. Göschen No. 922 (1926) 6—19.

Ausserdem sind von verschiedenen Firmen, welche Rechenschieber herstellen, ausführliche Gebrauchsanleitungen herausgegeben worden, so z. B. von A. NESTLER A.-G. in Lahr (Baden): Der logarithmische Rechenschieber und sein Gebrauch, 3. Aufl. (1941); ferner A. W. KRON, Der Aristo-Rechenschieber, System Darmstadt D und seine Anwendung, Dennert & Pape, Hamburg-Altona (1940) etc.

Zahlen von 1—100,  $U_1$  und  $U_2$  diejenigen von 1—10. Zusätzlich wird nun den obern Skalen je eine Tangentenskala (eventuell in roter Farbe) beigegeben und zwar im Umfange von  $5^{\circ}44' - 84^{\circ}18'$ , entsprechend dem Intervall von  $\text{arctg } 0,1 - \text{arctg } 10,0$ . Gibt man den beiden obern Skalen eine Überteilung bei, wie dies heute vielfach üblich ist, so lässt sich das Intervall erweitern auf  $\text{arctg } 0,8 = 4^{\circ}35' - \text{arctg } 12,0 = 85^{\circ}12'$ . Die Zahlen der Skalen  $O_1$  und  $O_2$  geben somit die 10fachen Werte der Funktionen an. Dies bedeutet gegenüber den üblichen Rechenschiebern keinen Unterschied, da z. B.

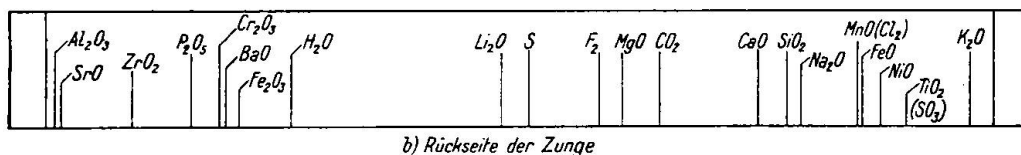
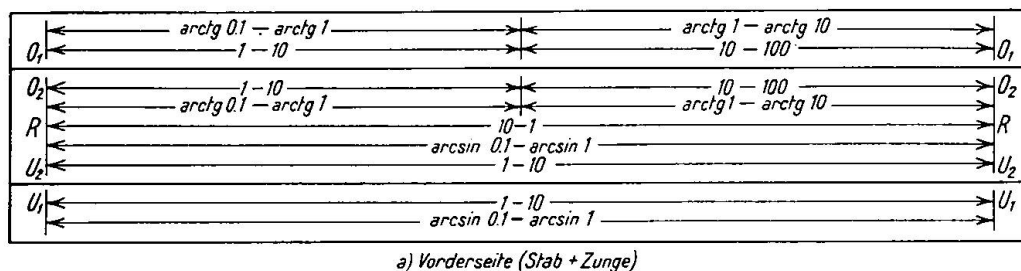


Fig. 1.

bei dem viel gebrauchten „Kubusschieber System Rietz“ die Skala „T“ zwar mit der untern Skala zusammenarbeitet, dafür aber nur die Winkel des Intervalls  $5^{\circ}44' - 45^{\circ}$  umfasst, sodass ebenfalls die 10fachen Werte der Funktion angezeigt werden. Die vorgeschlagene Anordnung der Tangentenskalen gestattet ohne weiteres das Ablesen des  $\text{tg}$ -Wertes zu jedem Winkel innerhalb des gegebenen Intervalles, sowie die Berechnung der Ausdrücke  $\frac{\text{tg } \epsilon'}{\text{tg } \epsilon}$ . Handelt es sich um die

Indizierung relativ komplizierter Flächenanlagen, z. B. von Vizinalen, so lässt sich sehr rasch ersehen, welche ganzzahligen Verhältnisse dem betreffenden Tangentenverhältnis am nächsten kommen. Da das Intervall der Tangentenskala gegenüber den üblichen Rechenschiebern von 25 cm Länge verdoppelt wird, ist die Ablesegenauigkeit entsprechend geringer. Wenn man aber in Betracht zieht, dass der Gebrauch in Verbindung mit der stereographischen Projektion gedacht ist, und dass die Ablesegenauigkeit bei den üblichen WULFFschen Netzen von 20 cm Durchmesser nur im besten Falle  $0,5^{\circ}$  erreicht, meist jedoch geringer ist, so darf man die erreichbare Genauigkeit der Ablesung als durchaus genügend bezeichnen.

In gleicher Weise, wie den beiden Teilungen  $O_1$  und  $O_2$  je eine Tangententeilung zugegeben wird, erhalten die beiden untern Teilungen  $U_1$  und  $U_2$  je eine Sinusteilung zugeordnet. Diese entspricht der üblichen Teilung „S“ und umfasst das Intervall  $\arcsin 0,1 = 5^{\circ}44' - \arcsin 1,0 = 90^{\circ}$ . Diese Teilungen gestatten ohne weiteres die Berechnung der bei schiefwinkligen Achsenkreuzen benötigten Ausdrücke  $\frac{\sin \epsilon'}{\sin \epsilon}$ , wie auch selbstverständlich das Aufsuchen des sin-Wertes zu einem beliebigen Winkel innerhalb des angegebenen Intervalls. Dabei ist auch hier zu beachten, dass die Skalen U den 10fachen Wert der Funktion liefern, was jedoch gegenüber den üblichen Schiebern nichts Neues bedeutet. Für die Bildung der sin-Verhältnisse ist dieser Punkt natürlich ohne Bedeutung, wie dies auch für die tg-Verhältnisse so ist.

Die Anbringung der vorgeschlagenen zusätzlichen Tangenten- und Sinusskalen beansprucht zusätzlichen Raum, obwohl sie sehr schmal gehalten werden können. Wie die bei den meisten Rechenschiebern in der Zungenmitte vorhandene Reziprokskala „R“ zeigt, dürfte eine Breite von 2 mm durchaus genügen, andererseits kann zur Raumersparnis sehr wohl auf die vielfach am oberen Stabrand vorhandene Kubusteilung, sowie auf die log-Teilung verzichtet werden. Die „R“-Teilung auf der Zungenmitte soll jedoch beibehalten werden, da sie bei der Ausführung zusammengesetzter Multiplikationen und Divisionen vorteilhaft ist. Eine geringe Verbreiterung des Schiebers wird somit nicht zu umgehen sein. Dies dürfte jedoch nicht sehr ins Gewicht fallen, indem neuere Modelle, wie z. B. „Darmstadt D“ von DENNERT & PAPE in Altona auch eine Breite von 5 cm aufweisen, ohne dass dadurch die Handlichkeit beeinträchtigt wird. Ob an der Stabkante eine Teilung „S + T“ für die sin und tg kleiner Winkel im Intervall  $\arcsin = \operatorname{arctg} 0,01 = 0^{\circ}34' - \arcsin = \operatorname{arctg} 0,1 = 5^{\circ}44'$  angebracht werden soll, ist in erster Linie eine Frage der dadurch bedingten Mehrkosten. Wie aus den gemachten Vorschlägen hervorgeht, wurden alle Neuerungen so eingeführt, dass keine prinzipiellen Veränderungen an den traditionellen Skalen vorgenommen wurden, wie sie sich schon seit langem als praktisch eingebürgert haben. Es wird dadurch erreicht, dass jedermann, der mit einem der handelsüblichen Rechenschieber umzugehen versteht, sich auch mit dem neuen Modell zurechtfindet.

Andererseits wurde durch die vorgeschlagene Anordnung der Skalen erreicht, dass die Rückseite der Zunge, auf der sich gewöhnlich trigonometrische oder  $\log(\log)$ -Teilungen (Potenzteilungen) be-

finden, freigehalten werden konnte. Auf diesem noch freien Raume sollen die Molekulargewichte der wichtigen gesteinsbildenden Oxyde  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}_2$ , eventuell auch  $\text{BaO}$ ,  $\text{SrO}$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ,  $\text{ZrO}_2$  etc. oder auch noch weitere wichtige Molekulargewichte aufgetragen werden. Auf diese Weise können dieselben bei Umkehren der Zunge in bequemer Weise als Divisoren gebraucht werden, wodurch die Berechnung von Molekularproportionen von Gesteins- und Mineralanalysen rasch erfolgen kann. Damit wird auch, zum mindesten für petrographische Zwecke, der Gebrauch der bekannten Tabellen von H. S. WASHINGTON<sup>6)</sup> und H. v. PHILIPSBORN<sup>7)</sup> überflüssig. Dies dürfte umso erwünschter sein, als die erstern sehr voluminös und ausserdem vergriffen sind, die letztern für petrographische Zwecke aber etwas umständlich im Gebrauch, da sie in erster Linie zur Berechnung von Mineralanalysen, bei denen es auf höhere Genauigkeit ankommt, gedacht sind.

H. S. WASHINGTON berechnete seine Tabellen bekanntlich auf Grund abgekürzter Molekulargewichte ( $\text{SiO}_2 = 60$  statt 60,06,  $\text{Al}_2\text{O}_3 = 102$  statt 101,94 etc.), was für die angestrebten Ziele durchaus zulässig ist, obwohl sein Vorgehen seinerzeit heftige Kritik von massgebender chemischer Seite erfuhr. In unserm Falle dürfte es sich jedoch empfehlen, die genauen Molekulargewichte zu verwenden, damit das Instrument auch für die Berechnung von Mineralanalysen gebraucht werden kann. Ausserdem fällt ja der Hauptgrund für die Verwendung abgekürzter Werte, die Vereinfachung der Rechnungen, beim Rechnen mit dem Rechenschieber weg.

Es soll hier nicht unerwähnt bleiben, dass auf dem Markte bereits Rechenschieber existieren, die neben der üblichen Skala mit den Logarithmen der Zahlen von 1—10 auch diejenigen zahlreicher Molekulargewichte aufweisen. Ein Beispiel hierfür ist z. B. der bekannte Schieber „Chemiker“ der Firma A. NESTLER A.-G. in Lahr (Baden). Dieses Modell ist jedoch so sehr auf die Bedürfnisse des Analytikers zugeschnitten und die Auswahl der aufgetragenen Molekulargewichte entspricht so wenig den Anforderungen des Petrographen und Mineralogen, dass es hier nicht in Betracht kommt.

Es mag auch noch kurz darauf hingewiesen werden, dass sich ein

<sup>6)</sup> H. S. WASHINGTON, Chemical Analyses of Igenous Rocks published from 1884 to 1913 inclusive. U. S. Geol. Surv. Prof. Pap. 99 (1917) 1166—1170.

<sup>7)</sup> H. v. PHILIPSBORN, Tabellen zur Berechnung von Mineral- und Gesteinsanalysen. Leipzig (1933).

Rechenschieber zur Berechnung von Gesteins- und Mineralanalysen mit relativ einfachem konstruktivem Aufwand im Anschluss an die schon bestehenden Modelle schaffen liesse. Dazu wäre nur notwendig, dass zu den üblichen Schiebern eine zweite, mit der normalen austauschbare Zunge mit den Molekulargewichten geliefert würde. Da in diesem Falle beide Seiten der Zunge zur Verfügung ständen, könnte die Auswahl ziemlich reichhaltig getroffen werden, z. B. auf der einen Seite die petrographisch wichtigen, auf der andern diejenigen zur Berechnung von Mineralanalysen. Bei dem anerkannt hohen Stand von Präzision und Standardisierung, die die Rechenschieber der führenden Firmen heute erreicht haben, dürfte die Lieferung einer solchen austauschbaren Zunge durchaus möglich sein. Ein auf diese Weise ergänzter Schieber würde sich somit zur bequemen Lösung aller unter I und II angeführten Aufgaben eignen, nicht jedoch für die unter III genannten, für die die vorgeschlagenen zusätzlichen Sinus- und Tangententeilungen benötigt werden.

Es besteht übrigens die Möglichkeit, sich behelfsmässig einen Schieber mit aufgetragenen Molekulargewichten selbst herzustellen und zwar vermittels des einfachen und wenig kostspieligen Modells „Schüler No. 3“ der Firma NESTLER A.-G. Bei diesem sind aus Gründen der Niedrighaltung des Preises nur die 4 Hauptskalen vorhanden, und die Zungenrückseite ist einfach mit weissem Zelluloid belegt, in welches sich vermittels einer Nadel Strichmarken für die gewünschten Molekulargewichte einritzen lassen. Ein derartig abgeänderter Schieber, mit auf der Zunge abgetragenen Molekulargewichten, analog Fig. 1b, hat sich in der Praxis des Verfassers seit längerer Zeit gut bewährt.

#### C. DIE LOGARITHMISCHE RECHENSCHLEIBE „LOGA 30“ DER LOGA-CALCULATOR A.-G.

Wie schon erwähnt, erlauben es die Zeitumstände nicht, den eben skizzierten Rechenschieber für Mineralogen und Petrographen zu bauen. Es besteht jedoch die Möglichkeit, die dem Vorschlag zu Grunde liegenden Prinzipien auf andere Weise zu erproben, und den Schieber, wenn auch in etwas veränderter Form, gleichwohl zu realisieren. Auf diese Weise lassen sich Erfahrungen sammeln, welche der definitiven Ausführung, wenn sie dereinst doch möglich werden sollte, von Nutzen sein werden.

Die durch ihre logarithmischen Rechenwalzen und Rechenscheiben bestbekannte Firma LOGA-CALCULATOR A.-G. in Uster (Kt. Zürich) bringt nämlich seit kurzem eine logarithmische Rechenscheibe



auf den Markt, welche in verschiedener Hinsicht bemerkenswert ist und auch die Aufmerksamkeit der Mineralogen und Petrographen verdient.

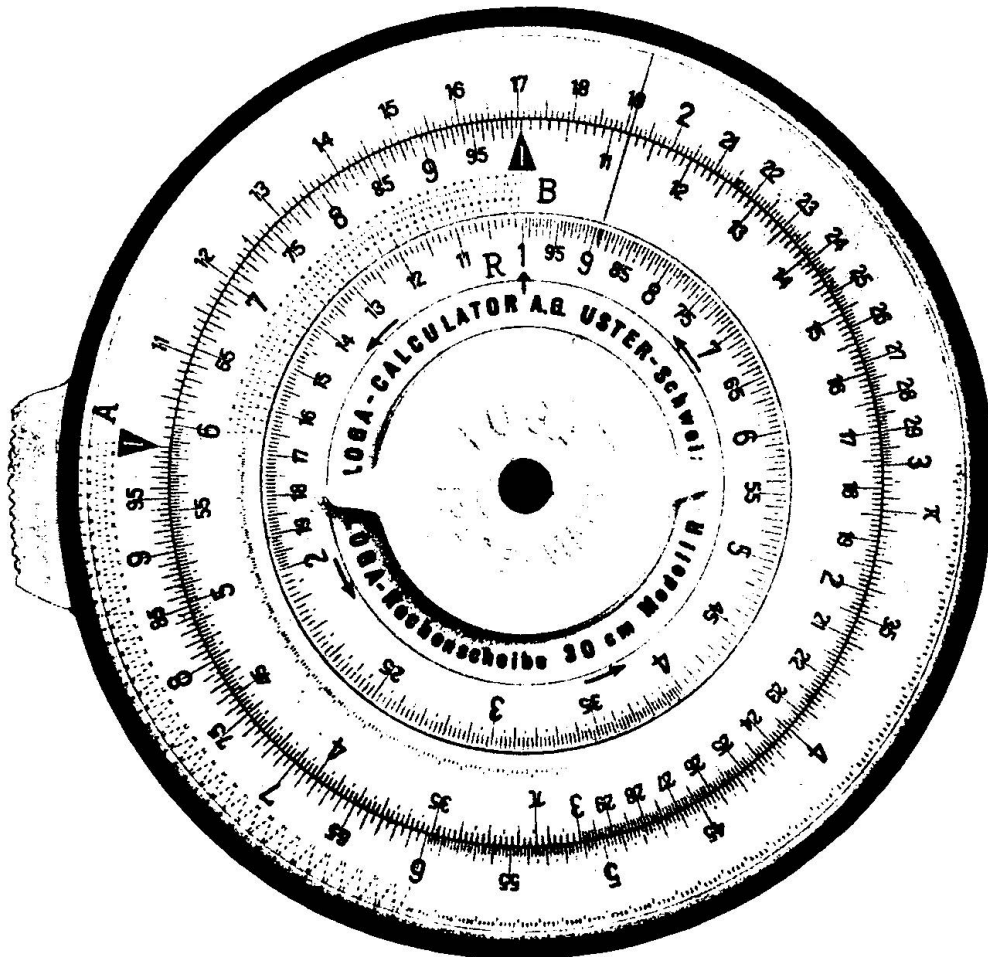


Fig. 2.

Die Scheibe, welche nur 12,5 cm Durchmesser aufweist und daher sehr handlich ist, besitzt 2 miteinander übereinstimmende logarithmische Skalen von 30 cm Länge. Die äussere „A“ ist mit dem Rahmen der Scheibe fest verbunden, die innere „B“ ist vermittlems eines über den Rand der Scheibe herausragenden Hebels drehbar. Durch eine sinnreiche Präzisionsteilung mit übereinander gestaffelten Intervallen ist durchgängig eine direkte Ablesung ohne Interpolation von 3 Wertziffern gewährleistet, was sonst bekanntlich nicht einmal bei Rechenschiebern von 50 cm Länge zutrifft. Für Zahlen, die mit der Ziffer 1 beginnen, lässt sich die vierte Stelle gut schätzen. Würde die erwähnte Präzisionsteilung auch im Intervall 1—2 angebracht, was ohne weiteres möglich wäre, könnte hier auch die vierte Stelle ohne

Schätzung abgelesen werden. Mit der innern drehbaren Skala „B“ ist eine im entgegengesetzten Sinne verlaufende Reziprokteilung „R“ fest verbunden. Alle Skalen sind sehr präzise und gut leserlich in Metall ausgeführt und durch eine transparente Deckfolie geschützt. Diese trägt eine dem Strich des Glasläufers beim Rechenschieber entsprechende Marke in roter Farbe. Diese kann durch eine Fixierschraube im Zentrum der Scheibe mit den beiden innern Teilungen „B“ und „R“ gekuppelt werden. Durch Festhalten mit dem Daumen während des Drehens von „B“ kann sie auch mit „A“ fest verbunden werden (vgl. Fig. 2). Das Rechnen mit der Rechenscheibe gestaltet sich prinzipiell genau gleich wie mit dem Schieber. Da jedoch Anfang und Ende der Skalen zusammenfallen, kann bei Divisionen immer an der gleichen Stelle der drehbaren Scheibe (die Anfang und Ende der Zunge des Rechenschiebers zugleich entspricht) abgelesen werden. Dieser Vorteil der kreisförmigen Anordnung der Teilungen macht sich besonders vorteilhaft bemerkbar, wenn es sich darum handelt, eine beliebige Anzahl von Posten auf die Summe 100 zu berechnen, wie dies z. B. bei der Berechnung der NIGGLI-Werte oder der Basis der Fall ist, oder wenn eine vorliegende Analyse z. B. H<sub>2</sub>O- oder CO<sub>2</sub>-frei berechnet werden soll. Man stellt zu diesem Zwecke „1“ der innern Skala „B“ unter die betreffende Summe auf „A“ und findet die gewünschten Prozentgehalte auf „B“ jeweils unter den betreffenden Posten auf „A“. So kann man die Werte si, al, fm, c, alk, ti, p, oder auch die 10 und mehr Basismoleküle einer Basis mit einer einzigen Einstellung erhalten, was besonders bei der Umrechnung von grösseren Analysenserien eine beträchtliche Zeitersparnis bedeutet und die Zahl der möglichen Fehlerquellen bedeutend herabsetzt.

Es ist selbstverständlich möglich, mit dem Rechenschieber prinzipiell gleich vorzugehen, statt, wie dies sehr oft geschieht, alle Divisionen mit dem gleichen Divisor einzeln auszuführen. Man stellt zu diesem Zwecke z. B. das Zungenende von U<sub>2</sub> über die Summe c der auf 100 zu bringenden Posten auf U<sub>1</sub>. Dann liefern die einander gegenüberstehenden Ziffern auf U<sub>1</sub> und U<sub>2</sub> eine Tabelle der Wertepaare, die der Funktion  $y = \frac{x}{c}$  genügen, wobei x auf U<sub>1</sub> und y, resp. dessen 100facher Wert auf U<sub>2</sub> abgelesen werden können. Man erhält somit die gesuchten Prozentwerte auf U<sub>2</sub> unmittelbar über den betreffenden Werten auf U<sub>1</sub>. Da jedoch beim Rechenschieber Anfang und Ende der Teilungen nicht zusammenfallen wie bei der Scheibe, so kann man nur die Prozente zu Zahlen ablesen, die mit keiner höhern



Kennziffer beginnen als die auf  $U_1$  eingestellte Summe  $c$ . Für die andern Werte muss die Operation wiederholt werden, indem man die Zunge durchschiebt und statt des Zungenendes den Anfang über  $c$  einstellt. Theoretisch kommt man somit beim Rechenschieber für Prozentrechnungen mit zwei Zungenstellungen aus, gegenüber einer bei der Rechenscheibe. In der Praxis zieht man es meist vor, die Prozentzahlen in einer gewissen Reihenfolge zu gewinnen und nicht in zwei Gruppen, entsprechend den beiden Zungenstellungen. Man wird daher sehr bald wieder dazu übergehen, jede Division einzeln durchzuführen, wobei für jeden Posten eine Einstellung notwendig wird. Bedenkt man, dass eine Basis, wie sie als Ausgang zur Gewinnung der Molekularnormen errechnet werden muss, im allgemeinen ca. 10 Moleküle umfasst, wozu noch die Berechnung von  $\pi$  und  $\gamma$  kommt, so erfordert dies mit dem Rechenschieber  $10 \div 2 = 12$  Einstellungen, mit der Scheibe aber nur  $1 \div 2 = 3$ . Bei grösseren Analysenserien ermöglicht somit die Verwendung der Rechenscheibe für derartige Rechnungen eine bedeutende Zeitersparnis, mit der zugleich auch eine nicht zu unterschätzende Verminderung der Fehlerquellen Hand in Hand geht.

Folgendes Beispiel mag dies erläutern:

Berechnung der Basis von Katungit, Chamakumba-Krater, SW-Uganda (Anal. W. H. HERDSMAN in A. HOLMES, Min. Mag. 26 (1942) 212.

Die nach den geltenden Regeln (vgl. P. NIGGLI loc. cit. 1936) durchgeführte Berechnung ergab die unter a) aufgeführten Basis-moleküle mit der Summe 1706,0, woraus die unter b) gegebenen Prozentzahlen resultieren:

	Cp	Ru	Kp	Ne	Cal	Cs	Fs	Fa	Fo	Q	Summe
a)	40	76	222	144	102	333	126	121,5	454,5	87	1706,0
b)	2,3	4,5	13,0	8,4	6,0	19,5	7,4	7,1	26,7	5,1	100,0

1. Berechnung der Prozentzahlen mit dem Rechenschieber:

Man stellt den Anfang der untern Zungenteilung  $U_2$  über den Summenwert 1706 auf der untern Stabteilung  $U_1$ , worauf die Prozentwerte für Cp, Ru, Kp, Cs, Fo und Q auf  $U_2$  unmittelbar über den betreffenden Zahlen, wie unter a) angegeben, auf  $U_1$  abgelesen werden. Für die übrigen Moleküle Ne, Cal, Fs, Fa wiederholt man die Operation, indem man das Ende der Zungenteilung über den Wert 1706 auf  $U_1$  einstellt. Es sind somit zwei Zungenstellungen notwendig.

Wünscht man jedoch die Prozentzahlen in irgend einer bestimmten Anordnung, z. B. alphabetisch, nach Grösse, Wichtigkeit

oder dergleichen, so wird man im allgemeinen jede Division einzeln durchführen, wodurch sich die Zahl der notwendigen Einstellungen auf 10 erhöht.

Würde man statt der beiden untern Skalen  $U_1$  und  $U_2$  mit den beiden obern  $O_1$  und  $O_2$  arbeiten, so würde man auch beim Rechenschieber mit einer einzigen Einstellung auskommen. Allerdings reicht bei diesem Vorgehen die Ablesegenauigkeit vielfach nicht mehr aus. Abhilfe könnte hier nur die Verwendung eines 50 cm langen Instrumentes schaffen, welches aber in den wenigsten Fällen zur Verfügung steht und zudem nicht sehr handlich ist.

## 2. Berechnung der Prozentzahlen mit der Rechenscheibe:

Man stellt „1“ der Skala „B“ auf die Zahl 1706 der Skala „A“ und liest unmittelbar unter den Einzelwerten, wie sie unter a) gegeben wurden, auf „B“ die zugehörigen Prozentwerte ab. Man kommt somit mit einer einzigen Einstellung aus und kann die Ablesungen in beliebiger Reihenfolge vornehmen. Die Abbildung Fig. 2 zeigt gerade die erwähnte Einstellung, so dass die Ablesungen des behandelten Beispiels nachgeprüft werden können.

Die Brauchbarkeit der „Loga 30“ beruht aber noch auf andern Vorteilen, als nur auf denen, die sich auf Grund der kreisförmigen Anordnung der Teilungen ergeben. Der Hebelarm, mit dem die kreisförmigen Teilungen „B“ und „R“ fest verbunden sind, ist aus einem glasartigen Kunststoff hergestellt und weist eine feine, radial verlaufende Strichmarke auf. Ein in dieser angebrachtes Nadelloch gestattet die Übertragung und Fixierung beliebiger Spezialwerte auf die mit Zeichenpapier belegte Rückseite. Es können somit beliebige zusätzliche Skalen und Werte (Sinus-, Tangens-, Molekularwerte, Mallardsche Konstanten etc.) mit den auf der Vorderseite angebrachten logarithmischen Teilungen koordiniert aufgetragen werden<sup>8)</sup>. Es besteht somit die Möglichkeit, sich mit geringer Mühe einen Spezialrechenschieber nach persönlichen Bedürfnissen selbst herzustellen, und zwar mit einer Genauigkeit, wie dies bis jetzt kaum möglich gewesen sein dürfte.

Der Verfasser hat mit einer „Loga 30“ Rechenscheibe, auf deren Rückseite die Molekulargewichte der petrographisch wichtigsten Oxyde, sowie eine Tangentenskala aufgetragen worden waren, die besten Erfahrungen gemacht. Die Tangentenskala wurde dabei auf zwei konzentrischen Kreisen, entsprechend den Intervallen  $\arctg 0,1$  —  $\arctg 1,0$  und  $\arctg 1,0$  —  $\arctg 10,0$  aufgetragen, wobei Ende der

<sup>8)</sup> Die Firma liefert zur bequemen Herstellung derartiger Skalen einen geeigneten Zeichenapparat leihweise.

ersten und Anfang der zweiten Skala auf denselben Radius fallen. Dadurch wurde der gleiche Vorteil erreicht, wie wenn man auf dem Rechenschieber in der weiter oben vorgeschlagenen Weise die Tangentenskalen von  $\arctg 0,1$  bis  $\arctg 10,0$  in Korrespondenz mit den Skalen  $O_1$  und  $O_2$  auftragen würde. Infolge der bei der Rechenscheibe vorhandenen Möglichkeit die rote Strichmarke auf dem transparenten Deckblatt nach Belieben frei zu bewegen oder mit der innern Kreisteilung „B“ zu kuppeln, lassen sich auch Ausdrücke von der Form  $\frac{\operatorname{tg} \varepsilon'}{\operatorname{tg} \varepsilon}$  berechnen, wenn auch etwas weniger bequem als mit dem vorgeschlagenen Rechenschieber. Durch Auftragen einer Sinusskala für das Intervall  $\arcsin 0,1$  —  $\arcsin 1,0$ , wofür eine einzige Umdrehung genügt, liessen sich auch gleicherweise Ausdrücke von der Form  $\frac{\sin \varepsilon'}{\sin \varepsilon}$  berechnen.

Die logarithmische Rechenscheibe „Loga 30“ kann somit als ein für Mineralogen und Petrographen äusserst geeignetes Rechenmittel bezeichnet werden.

Zürich, Mineralogisch-Petrographisches Institut E. T. H.

30. März 1944.