

DIE OPTISCHE ORIENTIERUNG VON HT-LABRADORIT AUS HYALOBASALT DES ERCIYAS-GEBIETES (ZENTRALANATOLIEN)

Bahattin AYRANCI

Inst. für Kristallographie und Petrographie der Eidgenössischen Technischen Hochschule

A. EINLEITUNG

Die für die Beschreibung und Klassifikation kristalliner Gesteine ausserst wichtige mikroskopische Plagioklashestimmung krankte lange Zeit daran, dass sie zwar methodisch ausgezeichnet entwickelt war, dass jedoch die Unterlagen, auf welchen die Bestimmungsdiagramme basierten, den gestellten Anforderungen kaum genügen vermochten. Dieser Mangel bezog sich sowohl auf unsere Kenntnisse vom Verlauf der Migrationskurven der Hauptschwingungsrichtungen und der optischen Achsen in den Zeit Federow, Michel-Le'vy und Becke üblichen Stereogrammen, wie auch auf deren Kalibrierung hinsichtlich des An-Gehaltes. Hier brachte erst die Yerwendung der Euler-Winkel (Burri, 1956; Parker, 1961) zur Definition der räumlichen Lage optischer Richtungen an Stelle der bisher verwendeten Kugelkoordinaten einen Fortschritt. Neue chemische Analyseverfahren (Komplexometrische Titration, Flammenphotometri, Elektronenmikrosonde), kombiniert mit verfeinerten U.Tischmethoden (Burri, 1968) machten es zudem auch möglich gesteinsbildende Plagioklase im Dünnschliff zur Gewinnung neuer Fixpunkte für die Bestimmungsdiagramme heranzuziehen. Dies bedeutete insofern einen Fortschritt, als die bisher zuverlässigsten Methoden zur Bestimmung der optischen Orientierung von Plagioklasen, diejenigen von Becke und Wülfing, auf grossere Individuen, welche Herstellung orientierter Schriffe erlaubten, angewiesen waren. Eine Neukonstruktion des grundlegenden Stereogramms der optischen Orientierung der Plagioklase (Burri; Parker; Wenk, 1967), verbunden mit einer kritischen Sichtung des gesamten vorhandenen Unterlagen, zeigte, dass sich zwar gegenüber früher, die situation bedeutend gebessert hatte, dass jedoch immer noch Lücken bestanden und weitere exakte Bestimmungen der optischen Orientierung frischer, nicht zonarer Plagioklase von bekannter chemischer Zusammensetzung erwünscht sind.

In diesem Sinne wurde auf Vorschlag von Herrn Prof. Burri die Untersuchung eines geeigneten HT-Labradorits aus Hyalobasalt des von mir bearbeiteten Erciyas-Vulkangebietes (des Argaios der Antike) in Zentral-Anatolien (B. Ayranci, Diss. 1969, z.Z. im Druck) unternommen.

Herrn Prof. Burri danke ich auch an dieser Stelle für die Anregung und für seine Anteilnahme an der Arbeit. Herrn Prof. Schwander in Basel bin ich für die Bestimmung des An-Gehaltes der untersuchten Plagioklase mit Hilfe der Mikrosonde zum Danke verpflichtet.

B. METHODIK

Die angewandte Methodik ist die von Burri (1968) vorgeschlagene. Entsprechend dem Vorgehen von Tertsch-(1943/44) wird auf die direkte Einmessung morphologischer Bezugselemente

wie Spaltrisse und Verwachsungsflächen, welche immer mit gewissen Fehlern behaftet ist, gänzlich verzichtet. Als morphologisches Bezugssystem wird vielmehr ein rechtwinkliges Koordinatensystem XYZ benutzt, dessen X-Achse durch die ZA des Albit-Karlsbad Komplexgesetzes (Roc-Tourne-Gesetz), dessen Y-Achse durch die ZA des Albit-Gesetzes d.h. durch die Norniale auf (010) und dessen Z-Achse durch die kristallographische c-Achse bzw. die ZA des Karlsbad-Gesetzes gebildet wird. Bedingung für die Anwendung dieses Systems, welches schon Federow und Nikitin bekannt war, ist allerdings, dass von den drei erwähnten Zwillingsgesetzen mindestens deren zwei realisiert sind.

Da es sich beim Einmessen der optischen Symmetrieebenen mit dem U.-Tisch immer wieder zeigt, dass die optische Achsenebene und damit die Position von $(n_b)^1$ mit einem grosseren Fehler behaftet ist, als diejenigen von (n_a) und (n_g) so wird auf einen Ausgleich hinsichtlich der Orthogonalität der drei Schwingungsrichtungen in der sonst üblichen Weise verzichtet, da auf diese Weise nur der grossere Fehler für (n_b) die besseren Messungen von (n_a) und (n_g) ungünstig beeinflussen würde. Es wird vielmehr nur auf die Messwerte der beiden Bisektrizen abgestellt und deren auf 90° ausgeglichen. Die Position von (n_b) wird hierauf rein rechnerisch als Normale auf die Ebene $(n_a), (n_g)$ ermittelt. Die Untersuchungen von Burri am Labradorit von Khuchire (Burri, 1968) haben die Zweckmassigkeit eines derartigen Vorgehens erwiesen.

Für die Feststellung der optischen Orientierung der Koçdağ-Labradorite wurden 7-Zwillinge, die nach Karlsbad- Roc-Tourne-, und Albit-Gesetz verzwillingt sind, ausgesucht und vermessen. Die Bestimmung der Zwillingsgesetze erfolgte nach Rittmann'schen Zonenmethode (A. Rittmann 1929).

C. UBER DIE LABRADORIT-EINSPRENGLINGE VOM KOÇDAĞ

Der Koçdağ-Vulkan, der ostlich vom Erciyas-Zentralvulkan im Erciyas-Hochplateau liegt, besteht zum Teil aus Hyalobasalten. Er durfte der «Mittleren Eruptionsphase» des Erciyas angehören (B. Ayrancı, Diss. 1969, Würzburg).

Makroskopisch sind diese Vulkanite dunkelgrau bis schwarz, sehr frisch und sie fallen durch ihre porphyrischen Strukturen auf.

Mikroskopisch lassen sich in der sehr glasreichen Grundmasse sehr fein verteilte Magnetitkornen (z. T. mit Ilmenitmischungslamellen) sowie viele und grosse Apatite und selten Zirkon-Nadeln beobachten. Weiterhin kommen in den Hyalobasalten Pseudotachylite vor. Sie sind besonders häufig in den Hyalobasalten mit Quarzeinschlüssen und können als das Endprodukt einer extremen von Fusion begleiteten Mylonitisierung erklärt werden.

An dunkeln Mineralien kommen Orthopyroxene und zurücktretend Klinopyroxene vor. Die Orthopyroxene sind meist idiomorph, zonarggebaut mit einem En-Reiche Kern; die Klinopyroxene sind durch Augit-Ferroaugit vertreten.

Die hellen Gemengteile umfassen 3 unterscheidbar Plagioklastypen:

¹ Nach dem Vorschlag von Burri, Parker, Wenk (1967) werden die Schwingungsrichtungen, der Wellen mit der Lichtbrechung n_a, n_b, n_g (Hauptschwingungsrichtungen bzw. Symmetrieachsen der Indikatrix) mit $(n_a), (n_b), (n_g)$ bezeichnet und n_a, n_b, n_g ausschliesslich für die Brechungsindizes reserviert.

1. Ziemlich grossere stark zonargebaute Plagioklas-Einsprenglinge, die feine Zwillingsslamellen besitzen und oft schlechtidiomorph sind. Sie haben im Kern bis zu 78% An-Gehalt, der in der Hülle bis auf 50 % An-absinkt.

2. In den Plagioklas-Pyroxen Akkumulaten vorhandene, schwach-zonargebaute, nach dem Karlsbad-, Albit- oder den Albit-Karlsbad-(Roc-Tourne-) Komplex-Gesetz verzwillingte Einsprenglinge.

3. Intensiv verzwillingte, mehr oder weniger zonargebaute Plagioklas-Einsprenglinge.

Ausserdem kommt als helle Gemengteile etwas Quarz vor.

Als modalen Mineralbestand eines typischen Koçdağ-Hyalobasalt wurde gemessen:

	Vol. %		Vol. %
		51,8 Grundmasse	
		besteht aus:	
Grundmasse	51,8		
Plagioklas	12,6 (grosse Einsprenglinge)	Glas-Anteil	40,0
Plagioklas	18,5 (kleine Einsprenglinge)	Plagioklas	16,0
Pyroxen	10,2	(Mikrolith)	
Quarz	0,1	Pyroxen	38,0
Akkumulate	0,8	Erz, Apatit	6,0
Erz	5,0		

Die hier untersuchten nur sehr schwach Zonarbau zeigenden Labradorite wurden aus Gruppe 2) und 3) ausgewählt. Es wurden je sieben Karlsbad-, Roc-Tourne- und Albit-Zwillinge vermessen. Die Kohler-Winkel wurden über die Zwillingssachse gezählt und durch Halbierung der Kohler-Winkel (K_x K_y K_z) wurden die Federow-Winkel (F_x , F_y , F_z) für die Hauptschwingungsrichtungen $[n_a]$, $[n_b]$, $[n_c]$ gebildet. Diese entsprechen deren Richtungswinkeln in Bezug auf das morphologische System XYZ.

Es wurde gemessen:

Kx - (Roc-Tourné-Gesetz)

$[n_\alpha]$	107	112	109	105	108,5	109	105,5
$[n_\beta]$	80	80	79	85	77	79	83
$[n_\gamma]$	152	144	149	148	155	147	151

Ky - (Albit-Gesetz)

$[n_\alpha]$	151	152	155	152	148	152	148
$[n_\beta]$	120,5	121	120	120	121	120	120,5
$[n_\gamma]$	68	68	66	68	68	66	68

Kz - (Karlsbad-Gesetz)

$[n_\alpha]$	82	78,5	84	86	83	89	76,5
$[n_\beta]$	128	122	120	118	123	116	125
$[n_\gamma]$	121	122	124	124	124	123	122

Mittelwerte:

	<i>Kx (Roc-Tourné-Gesetz)</i>	<i>Ky (Albir-Gesetz)</i>	<i>Kz (Karlsbad-Gesetz)</i>
$[n_\alpha]$	$108^\circ \pm 2,39^\circ$	$151,1^\circ \pm 2,50^\circ$	$82,7^\circ \pm 4,09^\circ$
$[n_\beta]$	$80,3^\circ \pm 2,56^\circ$	$120,4^\circ \pm 0,45^\circ$	$121,7^\circ \pm 4,10^\circ$
$[n_\gamma]$	$149,4^\circ \pm 3,59^\circ$	$67,4^\circ \pm 0,97^\circ$	$123,1^\circ \pm 1,22^\circ$

Federow-Winkel:

	$[n_\alpha]$	$[n_\beta]$	$[n_\gamma]$
F _x	$-54,00^\circ \pm 1,20^\circ$	$40,15^\circ \pm 1,28^\circ$	$74,70^\circ \pm 1,79^\circ$
F _y	$-75,55^\circ \pm 1,25^\circ$	$-60,20^\circ \pm 0,23^\circ$	$33,70^\circ \pm 0,48^\circ$
F _z	$41,35^\circ \pm 2,03^\circ$	$60,85^\circ \pm 2,05^\circ$	$61,55^\circ \pm 0,61^\circ$

Nach der Ermittlung der Federow-Winkel wurde zum notwendigen Ausgleich der Messfehler $\sum \cos^2 F_i$ berechnet.

Somit Differenz gegen 1:

$$[n_\alpha] = 0,02870 \quad , \quad [n_\beta] = 0,06850 \quad , \quad [n_\gamma] = 0,01127.$$

Nach dem durch Parker (Burri; Parker; Wenk, S. 143) vorgeschlagenen Verfahren werden die Abweichungen auf die 3 Winkel jeweils gleichmässig verteilt. Daraus ergeben sich die korrigierten neuen Federow-Winkel; in Klammern stehen die Ausgangsdaten, die aus Köhler-Winkel ermittelt worden sind.

	$[n_\alpha]$	$[n_\beta]$	$[n_\gamma]$
F _x	$= -53,32^\circ$ ($-54,00^\circ$)	$41,61^\circ$ ($40,15^\circ$)	$74,42^\circ$ ($74,70^\circ$)
F _y	$= -74,87^\circ$ ($-75,55^\circ$)	$-61,66^\circ$ ($-60,20^\circ$)	$33,42^\circ$ ($33,70^\circ$)
F _z	$= 40,67^\circ$ ($41,35^\circ$)	$62,31^\circ$ ($60,85^\circ$)	$61,27^\circ$ ($61,55^\circ$)

Wie aus den Ergebnissen ersichtlich, ist die Abweichung der $\sum \cos^2 F_i$ bei $[n_\beta]$ wesentlich grösser als bei $[n_\alpha]$ oder $[n_\gamma]$.

Nach den korrigierten Federow-Winkeln können für die $[n_\alpha], [n_\beta], [n_\gamma]$ die Goldschmidt'schen (φ, ρ) -Werte berechnet werden.

$$\operatorname{tg} \Delta = \frac{\cos F_x}{\cos F_y} \quad \rho_\alpha = F_z \quad \dots \dots \dots [n_\alpha]$$

$$\rho_\alpha = 40,67^\circ$$

$$\varphi_\alpha = \Delta + 180^\circ$$

$$\varphi_\alpha = 246,40^\circ$$

$$\varphi_\beta = 180^\circ - \Delta \quad \rho_\beta = F_z \quad \dots \dots \dots [n_\beta]$$

$$\rho_\beta = 62,31^\circ$$

$$\varphi_\beta = 122,41^\circ$$

$$\operatorname{tg} \Delta = \frac{\cos F_x}{\cos F_y} \quad \rho_\gamma = F_z \quad \dots \dots \dots [n_\gamma]$$

$$\rho_\gamma = 61,27^\circ$$

$$\varphi_\gamma = \Delta$$

$$\varphi_\gamma = 17,84^\circ$$

Eine Prüfung auf Orthogonalität der 3-Hauptschwingungsrichtung ergibt:

$$[n_\alpha, n_\beta] = 89,83^\circ; \quad [n_\alpha, n_\gamma] = 90,77^\circ \quad ; \quad [n_\beta, n_\gamma] = 89,84^\circ$$

Es ist somit erforderlich, eine weitere Korrektur vorzunehmen. Diese Ausgleich wird auf einfachsten Wege mit Hilfe Burri'schen Verfahren (Burri, 1950, 1968) vektoranalytisch vorzunehmen:

$$A = -\cos(53,32^\circ) i - \cos(74,87^\circ) j + \cos(40,67^\circ) k$$

$$C = \cos(41,61^\circ) i + \cos(61,66^\circ) j + \cos(62,31^\circ) k$$

Aus A und C errechnet sich B wodurch die neue Lage von $[n_\beta]$ gegeben ist:

$$B = 0,75854 i - 0,49085 j + 0,428487 k$$

Daraus folgt:

$$F_x = 40,67^\circ$$

$$F_y = -60,60^\circ$$

$$F_z = 64,63^\circ$$

$$\dots \dots \dots [n_\beta]$$

$$\varphi_\beta = 122,91^\circ$$

$$\rho_\beta = 64,63^\circ$$

Euler-Winkel II

$$R = \varphi_\beta = 122,91^\circ$$

$$I = \rho_\beta = 64,63^\circ$$

Die Differenz dieser neuen Federow-Winkel gegenüber den auf $\sum \cos^2 F_i = 1$ ausgeglichenen Messwerten für $[n_\beta]$ betragen: $0,94^\circ, 1,06^\circ, 2,32^\circ$.

Jetzt steht $[n_\beta]$ senkrecht auf $[n_\alpha]$ bzw. $[n_\gamma]$ aber die Abweichung zwischen $[n_\alpha]$ und $[n_\gamma]$ muss auch ausgeglichen werden. Zu diesem Zweck benötigt man den dritten Euler-Winkel II,

L_α aus der Abb. I ergibt sich folgende Beziehung:

$$\cos(n_\alpha, K) = \sin \rho_\alpha \cos(\varphi_\alpha - \varphi_K) = 57,09^\circ$$

$$\cos(n_\gamma, K) = \sin \rho_\gamma \cos(\varphi_\gamma - \varphi_K) = 147,86^\circ$$

Gleicht man die Differenz $147,86^\circ - 57,09^\circ$ auf 90° aus, so resultiert,

$$L_\alpha = 57,09^\circ - 0,38 = 57,47^\circ \quad \text{Damit lautet Euler-Winkel II wie folgt:}$$

$$R = 122,91^\circ$$

$$I = 64,63^\circ$$

$$L_\alpha = 57,47^\circ$$

Die Euler-Winkel I und Euler-Winkel III lassen sich nach Parker (Burri, Parker, Wenk 1967, S. 123 und 124) folgendermassen berechnen:

$$\Phi = R - \Delta \quad \text{wobei} \quad \operatorname{ctg} \Delta = \operatorname{ctg} I \operatorname{ctg} L_\gamma \quad \text{wobei} \quad L_\gamma = L_\alpha + 90^\circ$$

$$\cos \Theta = \sin I \cos L_\gamma$$

$$\operatorname{tg} \varphi_\beta = \operatorname{tg} I \sin L_\gamma$$

Euler-Winkel I lauten somit:

$$\Phi = 66,80^\circ$$

$$\Psi = 41,41^\circ$$

$$\Theta = 40,38^\circ$$

Euler-Winkel-III

$$D = \Phi - \Delta = R + 180^\circ$$

$$\cotg \Delta = \cos \Theta \cotg \varphi_\beta$$

$$\Delta = 49,18$$

$$D = 66,80^\circ - 49,18^\circ = 17,62^\circ$$

$$\cos N = \sin \Theta \cos \varphi$$

$$N = 60,93^\circ$$

$$\operatorname{tg} K_\alpha = -\operatorname{tg} I \sin L_\alpha$$

$$K_\alpha = 60,64^\circ$$

$$180^\circ - K_\alpha = 119,36^\circ$$

Euler-Winkel-III lauten somit:

$$D = 17,62^\circ$$

$$N = 60,93^\circ$$

$$180^\circ - K = 119,36$$

Die Lage der optischen Achsen kann nach der aus Abb.I ersichtlichen Beziehung wie folgt berechnet werden:

$$\text{gemessen } 2V (+) = 78,14^\circ \pm 0,78^\circ$$

$$V_\alpha = 50,93^\circ$$

$$\rho_\alpha = \Theta = 40,38^\circ$$

$$\varphi = 41,41^\circ$$

$$V_\gamma = 39,07^\circ$$

Positionen der A-Achse:

Aus der Abbildung I lassen sich im $\triangle KA_\alpha$ ($L_A = L_\alpha - V_\alpha = 6,09^\circ$) sowie im $\triangle ZA_n_\alpha$ nach dem Kosinussatz:

$$\cos \rho_A = \cos V_\alpha \cos \rho_\alpha + \sin V_\alpha \sin \rho_\alpha \cos (180^\circ - \varphi) \quad \rho_A = 84,09^\circ$$

Nach dem Sinussatz ist im gleichen Dreieck:

$$\sin \varepsilon = \frac{\sin (180^\circ - \varphi)}{\sin \rho_A} \sin V_\alpha$$

$$\varepsilon = 31,08^\circ$$

$$\varphi_A = \varphi_\alpha - \varepsilon$$

$$\varphi_A = 215,72^\circ$$

Positionen der B-Achse:

Im $\triangle ZB_n$, ist wiederum nach dem Kosinussatz:

$$\cos \rho_B = \cos \rho_\alpha \cos V_\alpha + \sin \rho_\alpha \sin V_\alpha \cos \Psi \text{ woraus } \rho_B = 30,98^\circ$$

und nach dem Sinussatz:

D. ZUSAMMENGEFASSTE ERGEBNISSE UND AUSGANGSDATEN
KOÇDAĞ-LASRADORIT

Die Köhler- und Euler-Winkel I (gemessen) sowie An-Gehalt

1. KÖHLER WINKEL	$\left[\frac{n_\alpha}{n_\alpha} \right]$	An- Gehalt	$\left[\frac{n_\beta}{n_\beta} \right]$	An- Gehalt	$\left[\frac{n_\gamma}{n_\gamma} \right]$	An- Gehalt	EULER WINKEL I	An- Gehalt
K _x -Roc- Tourné- Gesetz	108° ± 2,39°	57 %	80,3° ± 2,56°	57 %	149,4° ± 3,59°	59 %	TT	Θ=40° ± 1,82°
K _y -Albit- Gesetz	151,1° ± 2,50°	57,5 %	120,4° ± 0,45°	57 %	67,4° ± 0,97°	57,5 %		Ψ=39,6 ± 1,98°
K _z -Karls- bad- Gesetz	82,7° ± 4,09°	54,8* %	121,7° ± 4,10°	53,9* %	123,1° ± 1,22°	56 %		φ=63,3° ± 2,27°
2. TURNER-WINKEL		ZA / $\left[n_\alpha \right]$	An-Gehalt	ZA / $\left[n_\beta \right]$	An-Gehalt			
K _x -Roc-Tourné- Gesetz	53°/54,5° ± 1,81°-1,76°		56-57 %	40°/42° ± 2,78°-1,96°	57,5-57 %			
K _y -Albit- Gesetz	75°/76,5° ± 2,08°-1,87°		59-57 %	60,5°/60,5° ± 1,08°	59,5-59 %			
K _z -Karlsbad- Gesetz	38/39,5° ± 2,93°-1,78°		59-57 %	68°/66° ± 2,87°-3,37°	59-57 %			

3. FEDEROW- und GOLDSCHMIDT-WINKEL

Hauptschwingungsrichtungen:

	FEDEROW - WINKEL			GOLDSCHMIDT - WINKEL	
	F_x	F_y	F_z	φ	ρ
$\left[n_\alpha \right]$	-53,32° (-54,00)**	-74,87° (-75,55)	40,67° (41,35)	246,40°	40,67° (41,35)
$\left[n_\beta \right]$	40,67° (41,61)	-60,60° (-60,20)	64,63° (62,31)	122,91° (122,41)	64,63° (62,31)
$\left[n_\gamma \right]$	74,42° (74,70)	33,42° (33,70)	61,27° (61,55)	17,84°	61,27° (61,55)

4. EULER-WINKEL (korrigiert):

Euler-Winkel I	An-Gehalt	Euler-Winkel II	An-Gehalt	Euler-Winkel III	An-Gehalt
Θ=40,38°	57,0 %	R=122,91°	57,5 %	D=17,62°	54* %
Ψ=41,41°	56,5 %	I=64,63°	57,0 %	N=60,93°	59,5 %
φ=66,80°	57,5 %	Lα=57,47°	55,0* %	180°-Kα=60,64°	56,5 %

Bestimmung mit d. Mikrosonde: 58,0 % An-Gehalt (von H. Schwander, in Basel).
Die Positionen der optischen Achsen lauten :

Goldschmidt'schen Koordinate		Becke'sche Koordinaten	
		A-Achse	B-Achse
$\varphi_A = 215,72^\circ$	$\varphi_B = 340,74^\circ$	$\varphi^* = 53,86^\circ$	$\varphi^* = 29,07^\circ$
$\rho_A = 84,09^\circ$	$\rho_B = 30,98^\circ$	$\lambda = 79,96^\circ$	$\lambda = 11,20^\circ$

Achsen-Winkel: $2V_z = 78,14^\circ \pm 0,78^\circ$

Vergleich mit der Literatur: Linosa-Labradorit aus Montagna Rossa, Linosa (Burri, Parker, Wenk, S. 261, 1967) zeigt eine Ähnlichkeit mit Koçdağ-Labradorit.

Linosa-Labradorit aus Montagna Rossa, Linosa :

$\Theta = 39,7^\circ$	$\psi = 41,3^\circ$	$\varphi = 67,4^\circ$	Euler-Winkel I
$R = 123,3^\circ$	$I = 65,0^\circ$	$L = 58,0^\circ$	Euler-Winkel II
$D = 18,6^\circ$	$N = 61,3^\circ$	$K = 118,8^\circ$	Euler-Winkel III
$L_A = 6,4^\circ$	$L_B = 109,6^\circ$	$2V_z = 76,8^\circ$	

An-Gehalt 57,5 %

Manuscript received July 8, 1971

L I T E R A T U R

- AYRANCI, B. (1969) : Zur Petrologie und Geologie des Erciyas Vulkan-Gebietes bei Kayseri in Zentralanatolien Türkei (auf Grund quantitativer Untersuchungen). *Diss. Würzburg* (z. Z. im Druck).
- BURRI, C. (1950) : Anwendung der Vektorrechnung einige häufig auftretende kristalloptische Probleme. *SMPM* 30, 258-302.
- (1956) : Charakterisierung der Plagioklasoptik durch drei Winkel und Neuentwurf des Stereogramms der optischen Orientierung für konstante Anorthit-Intervalle. *SMPM* 36, 539-592.
- (1968) : Die optische Orientierung von HT-Labradorit aus Andesit von Khuchie (Iran), zugleich ein Beitrag zur U-Tischmethodik. *SMPM* 48, 782-801.
- ; PARKER, L. R. & WENK, Ed. (1967) : Die optische Orientierung der Plagioklasse. *Birkhauser*, Basel.
- PARKER, R.L. (1961) : Betrachtungen über die Wahl von Winkeln zur Charakterisierung der Plagioklas-Optik. *SMPM* 41, 433-442.
- RITTMANN, A. (1929) : Die Zonenmethode. Ein Beitrag zur Methodik der Plagioklasbestimmungen mit Hilfe des Theodolithischen. *SMPM* 9, 1-46.
- TERTSCH, H. (1943/44) : Die Ermittlung der Kristallographischen Orientierung der Plagioklasoptik ohne Verwendung von Spaltrissen oder Flachenspuren, *Z. Krist.* 105, 330-334.