

Über die Aventurin-Oligoklase von Tvedestrand und Bjordam (Norwegen)

Autor(en): **Kraeft, Uwe / Saalfeld, Horst**

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **47 (1967)**

Heft 1: **Feldspäte**

PDF erstellt am: **24.04.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-36949>

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 die Aventurin-Oligoklase von Tvedestrand und Bjordam (Norwegen)

Von *Uwe Kraeft* und *Horst Saalfeld* (Hamburg)*)

Mit 3 Textfiguren

Zusammenfassung

Es wurden die Einschlüsse der Aventurin-Oligoklase von Tvedestrand und Bjordam in Norwegen nach ihrer kristallographischen Beschaffenheit und ihrer Textur innerhalb der Feldspat-Flächen, in denen sie liegen, untersucht. Ein Teil der eingelagerten Lamellen konnte mit konzentrierter Salpetersäure isoliert werden. Sie sind wahrscheinlich zum grössten Teil Einkristalle aus α -Fe₂O₃ und β -Fe₂O₃. Dieses Resultat folgt aus Elektronenbeugungs-Aufnahmen. In den am dichtesten mit Einschlüssen belegten Feldspat-Flächen sind die lamellenförmigen Einlagerungen in einer oder zwei Lagen statistisch angeordnet.

Abstract

The inclusions of the aventurine oligoclases from Tvedestrand and Bjordam in Norway have been studied gathering knowledge about their crystallographic nature and their texture on the feldspar planes on which they are situated. Part of included lamellae were isolated with concentrated nitric acid. They probably are for the most part single crystals of α -Fe₂O₃ and β -Fe₂O₃. This results from electron-diffraction experiments. On those oligoclase planes crowded with inclusions the lamellae are statistically situated in one or two positions.

EINFÜHRUNG

Seit der grundlegenden Bearbeitung der Aventurin-Feldspäte von ANDERSEN (1915) haben sich insbesondere die nachstehenden Autoren mit diesem Thema beschäftigt: DIVLJAN (1960), ISSHIKI (1958), NEU-

*) Mineralogisch-Petrographisches Institut der Universität, Grindelallee 48, 2000 Hamburg 13.

MANN und CHRISTIE (1962), MELLIS (1965), TOMISAKA, SHIBUYA und NAKAMURA (1957) (cf. VULTEE, 1952). Folgende Fragen wurden noch nicht überzeugend geklärt: 1. die kristallographische Beschaffenheit der Einschlüsse der Aventurin-Feldspäte, 2. die Textur der eingelagerten Lamellen innerhalb der Verwachsungsflächen mit dem Feldspat und 3. die Entstehung der Aventurin-Feldspäte. Diese Arbeit will mit der Untersuchung von Aventurin-Oligoklasen von Tvedestrand (DIVLJAN, 1960) und von Bjordam (NEUMANN und CHRISTIE, 1962) einen Beitrag zur Klärung der ersten beiden der eben erwähnten Fragen geben.

I. DER AVENTURIN-OLIGOKLAS VON TVEDESTRAND

1. Untersuchung der Einschlüsse

a) Struktur und Textur der Einschlüsse

Im unverzwilligten Oligoklas zeigen sich im wesentlichen drei Arten von Einlagerungen: 1. rot- bis gelbgefärbte, durchscheinende, 2. schwarzgefärbte, opake und 3. wasserklare.

1. (Fig. 1.1, 1.2.) Diese Einschlüsse besitzen meist einen dünntafeligen Habitus mit rautenförmig verzerrtem, hexagonalem Umriss. Ihre Farbe ist rot bis grünlichgelb. Sie sind meist angewittert. Nur die sehr gut erhaltenen Lamellen besitzen Kantenwinkel von 120° bzw. 60° . Nach der Tafelebene sind die Einlagerungen optisch isotrop. Es wurde die Textur der Lamellenkanten in Dünnschliffen nach den Feldspat-Flächen (112), $(1\bar{5}0)$ und (150) (Fig. 1.3) mit dem U-Tisch untersucht. Auf allen drei Flächen liegen die Einschlüsse mit geringer Schwankung gut geordnet (Fig. 1.4). Die mittleren Lagen der Kantenpole auf (112) und $(1\bar{5}0)$ ergeben sich aus den stereographischen Projektionen der Fig. 3. Die relative Häufigkeit der eingemessenen Kanten wurde halbquantitativ durch die Dicke der zugehörigen Kantenpole angedeutet. In den stereographischen Projektionen der Fig. 3 sind die unkorrigierten optischen Richtungen des Oligoklases angegeben (cf. TRÖGER, 1959). Die eingelagerten Lamellen liegen auf (112) und $(1\bar{5}0)$ in jeweils zwei gegeneinander verdrehten Stellungen. Soweit beobachtet wurde, finden sich die besprochenen Einschlüsse auf (150) in einer Stellung. Die roten, durchscheinenden Lamellen bleiben beim Tempern (35 h bei 920°C oder 7 d bei 700°C) optisch unverändert.

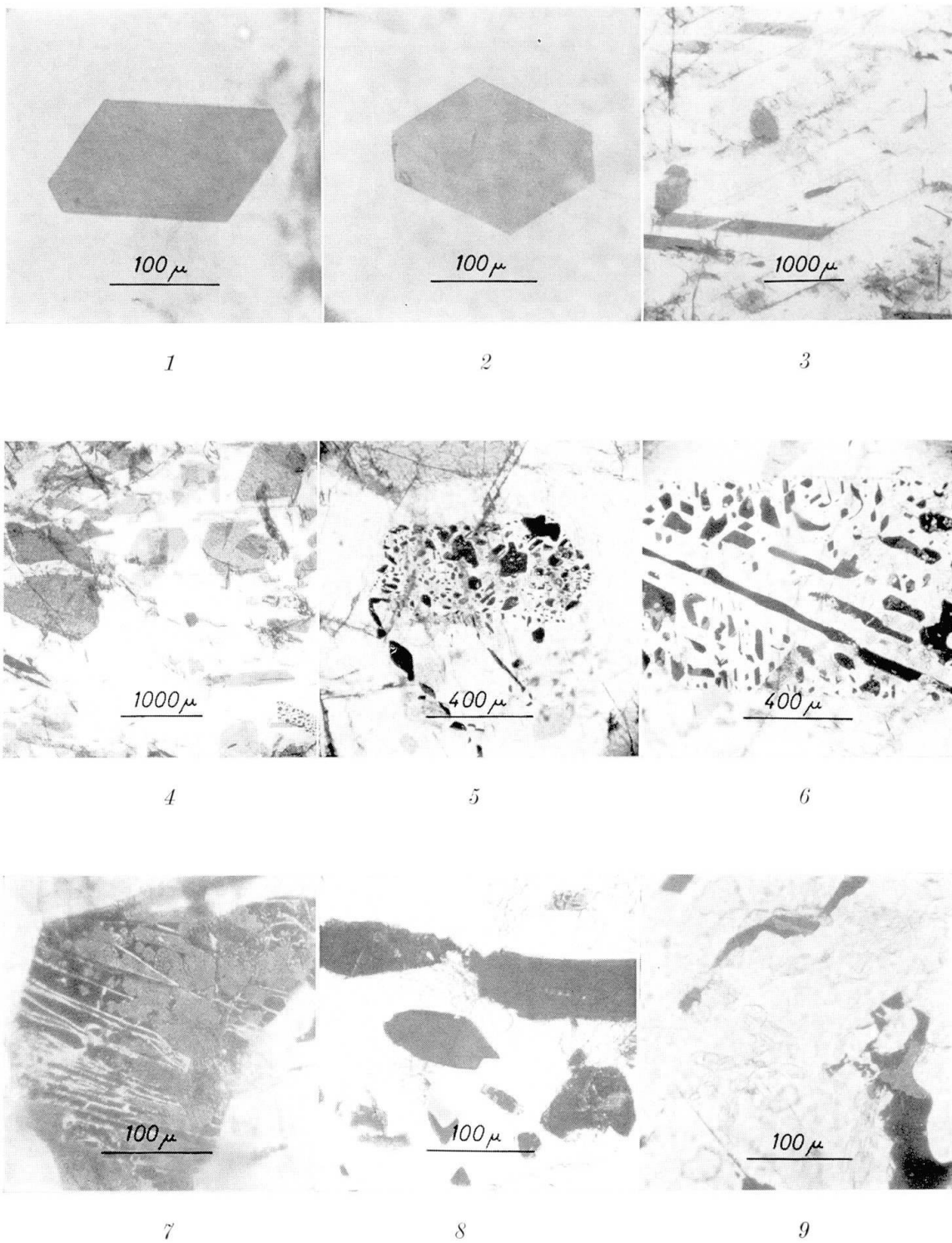


Fig. 1. Aventurin-Oligoklas von Tvedestrand. Einschlüsse auf (112) und ($\bar{1}\bar{5}0$).

Erläuterungen im Text

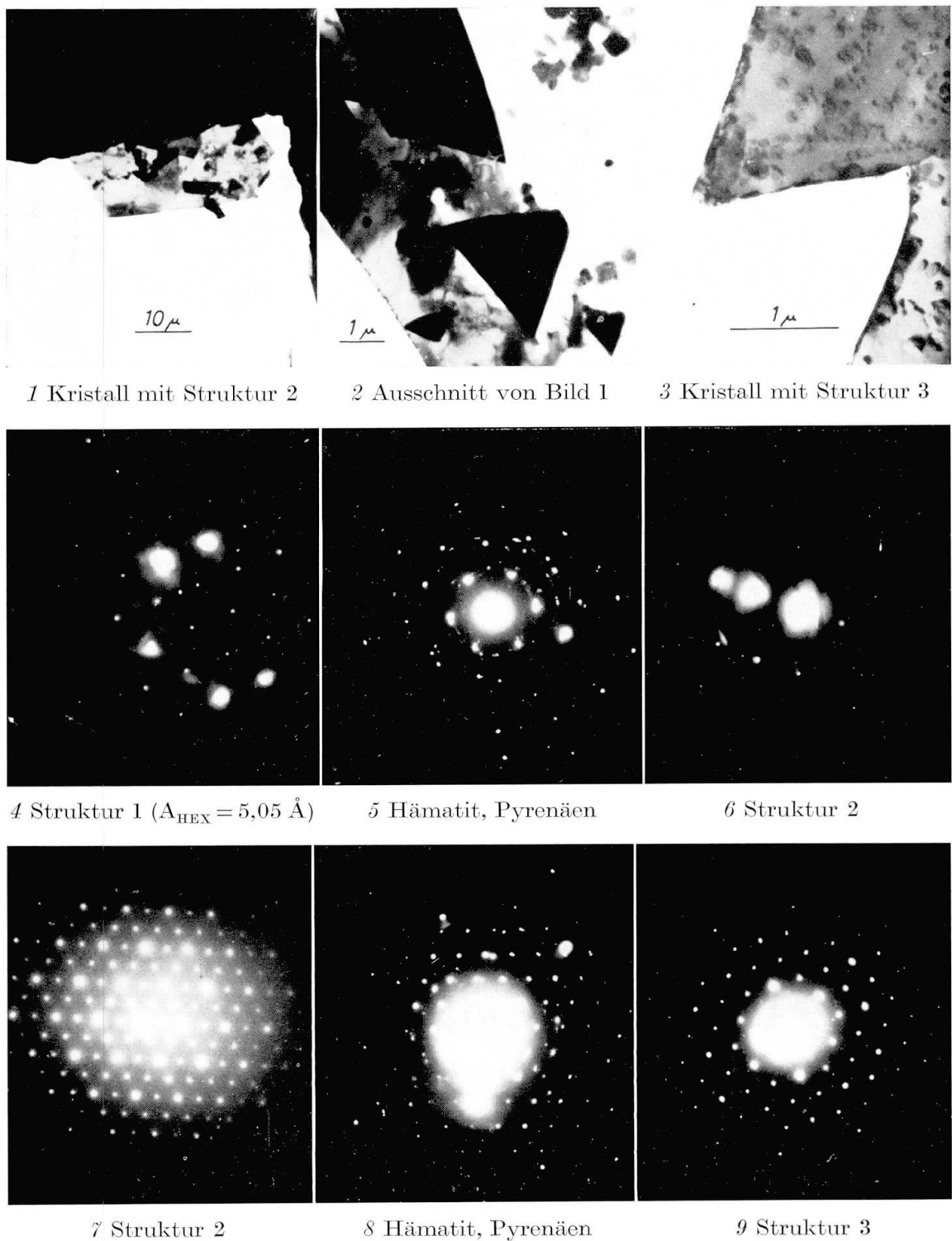


Fig. 2. Elektronenmikroskopische Aufnahmen von roten Lamellen aus dem Aventurin-Oligoklas von Tvedestrand und von vergleichbaren Kristallen.

1—3 Elektronenoptische Aufnahmen. 4—9 Elektronenbeugungs-Aufnahmen
Erläuterungen im Text

2. (Fig. 1.5, 1.6.) Die opaken Einlagerungen sind schwarzbraun und enthalten teilweise rot durchscheinende, nach der Tafelebene optisch isotrope Partien (Fig. 1.7: rot $\hat{=}$ hellgrau, schwarz $\hat{=}$ dunkelgrau). Sie treten meist in Komplexen gehäuft auf. Ihre begrenzenden Kanten liegen auf (112) etwa in der Hauptstellung der roten, durchscheinenden Lamellen (dicke Punkte in Fig. 3). Auf ($\bar{1}\bar{5}0$) sind sie gegen die Hauptlage etwas verdreht und finden sich auch in der zweiten Stellung. Wenn ein Stück Aventurin-Feldspat eine Woche lang bei 700°C getempert wird, werden die schwarzen Einschlüsse rot bis braun durchscheinend. Nach zwei Tagen Temperung bei 1250°C ist der Feldspat milchig weiss, und alle farbigen Einlagerungen sind verschwunden. Der Feldspat bleibt dabei im Inneren ein Einkristall.

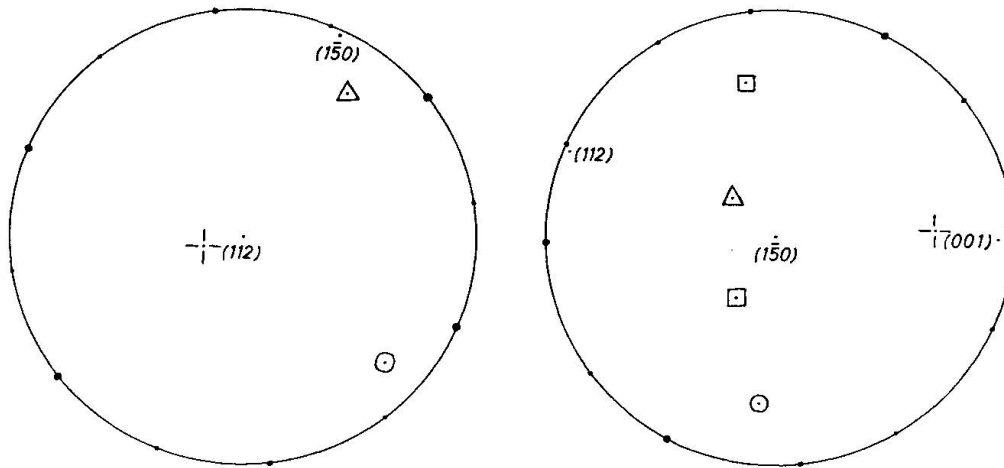


Fig. 3. Aventurin-Oligoklas von Tvedestrand. Orientierung der Kanten der eingelagerten roten Kristalle. Auf (112) und ($\bar{1}\bar{5}0$).

Erläuterungen im Text

3. (Fig. 1.8, 1.9.) Die wasserklaren Kristalle treten zusammen mit den opaken, schwarzen Lamellen auf. Sie wurden nicht genauer untersucht.

b) Röntgenographische Untersuchungen

Sowohl die schwarzen, opaken als auch die roten, durchscheinenden Einschlüsse des Aventurin-Oligoklasses von Tvedestrand beugen Röntgenstrahlen nicht messbar mit den üblichen Methoden (Guinier-, Schwenk- und Precession-Methode). Es wurden elf Oligoklas-Einkristalle mit deutlich erkennbaren Einschlüssen und vier Pulverpräparate des gleichen Stoffes untersucht. Abgesehen von zufälligen „Schmutzeffekten“ wurden

nur Feldspat-Reflexe beobachtet. Die Oligoklas-Einkristalle und Pulver wurden dann zum Teil getempert, und zwar 4 d bei 450°C oder 7 d bei 700°C oder 35 h bei 920°C. Wieder wurden auf den Röntgenfilmen ausser „Schmutzeffekten“ nur Oligoklas-Reflexe beobachtet.

c) Untersuchungen mit dem Elektronenmikroskop (Elektronenbeugung)

Mit der nachfolgend beschriebenen Methode gelang es, die roten, durchscheinenden Lamellen vom Feldspat zu isolieren.

Ein Spaltstück des Aventurin-Feldspates wird in etwa $\frac{1}{2}$ mm grosse Bröckchen zerkleinert. Unter dem Binokular werden solche Feldspat-Stückchen herausgesucht, auf deren Oberfläche rote Lamellen erglänzen. Etwa fünf so präparierte Kristalle werden auf einem gläsernen Objektträger fünfmal mit jeweils einem Tropfen konzentrierter Salpetersäure (HNO_3 65%-ig) eingedampft. Unter dem Binokular sind jetzt auf dem Objektträger die vom Feldspat getrennten roten Flitterchen zu erkennen. Eventuell muss das Verfahren mehrmals wiederholt werden. Mit einer spitz geschliffenen Nadel, an der die Lamellen haften, werden diese auf einen sauberen Objektträger gelegt und mit einem Tropfen Aceton benetzt. Bei dessen Verdampfen werden die Flitterchen durcheinandergewirbelt und mechanisch von eventuell lose anhaftenden Verunreinigungen getrennt.

Die weiteren Untersuchungen wurden hauptsächlich mit einem Siemens-Elmiskop I bei 80 kV und 5–8 μA Strahlstrom durchgeführt. Die roten, durchscheinenden Einlagerungen des Aventurin-Oligoklases wurden vermittels einer spitzen Nadel mit der Lamellenbasis auf ein mit einer Kohlenstoff-Folie bedampftes Kupfernetzchen gelegt und möglichst ohne Erschütterungen in das Elektronenmikroskop eingeschleust. Es wurden dreizehn rote Lamellen untersucht, die sich fast alle als Einkristalle erwiesen (Fig. 2). Anhand der Elektronenbeugungs-Bilder können mindestens drei verschiedene Kristallstrukturen unterschieden werden.

Struktur 1:

Eine rote Lamelle lieferte ein Beugungsbild (Fig. 2.4), das dem Bild der $a_1^*a_2^*$ -Ebene von $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ gleicht (Fig. 2.5), wenn von den Intensitäten der Beugungspunkte abgesehen wird. Die Struktur 1 ist möglicherweise $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ (Hämatit), das dünntafelig nach (0001) ist, mit $a_H = 5,05 \pm 0,03 \text{ \AA}$.

Struktur 2:

Die meisten roten Einschlüsse liefern Beugungsbilder wie Fig. 2.6 und Fig. 2.7, wobei die von 2.6 am häufigsten auftreten. Wenn vorausgesetzt

wird, dass die Struktur 2 eine einfach primitiv hexagonale Elementarzelle besitzt, dann ergibt sich folgendes: Die Kristalle mit der Struktur 2 sind tafelig nach (0001), und die Gitterkonstanten in Richtung der a-Achsen sind $a = 5,03 \pm 0,02 \text{ \AA}$. Zum Vergleich bietet sich $\beta\text{-Fe}_2\text{O}_3$ an, das 1957 von FINCH und SINHA beschrieben wurde. Die Elementarmaschen der a_1^* - a_2^* -Ebenen von $\beta\text{-Fe}_2\text{O}_3$ und von Struktur 2 sind gleich, wenn die Intensitäten der reziproken Gitterpunkte nicht berücksichtigt werden. Diese Intensitäten schwanken innerhalb eines Kristalls ganz unregelmässig. Ausserdem sind meist Kikuchi-Linien erkennbar. An einem Kristall mit der Struktur 2 wurde beobachtet, dass die morphologischen Kristallkanten etwa parallel zu den Kanten der reziproken, einfach primitiv hexagonalen Elementarmaschen verlaufen.

Zu erwähnen ist, dass $\beta\text{-Fe}_2\text{O}_3$ vermutlich dem natürlichen Hämatit beigemengt ist (Fig. 2.8). Der untersuchte Hämatit aus den Pyrenäen zeigt jedoch in der Guinier-Aufnahme nur Linien von $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$.

Struktur 3:

Zwei rotbraune Lamellen zeigten bei der Elektronenbeugung das Beugungsbild Fig. 2.9 der Struktur 3, wie sie benannt wurde. Nach ihren Beugungsbildern zu schliessen, ist die Struktur 3 besser kristallin, als es die Strukturen 1 und 2 sind. Unter der Annahme, dass die Kristalle mit der Struktur 3 eine einfach primitiv hexagonale Elementarzelle besitzen, ist $a = 5,92 \pm 0,03 \text{ \AA}$. Die Kristalle sind dann tafelig nach (0001). Das Beugungsbild der Struktur 3 ist mit keinem reziproken Gitter der bekannten Eisenoxide (DONNAY und DONNAY, 1963) interpretierbar. An einem Kristall mit der Struktur 3 wurde beobachtet, dass die langen Diagonalen der reziproken, einfach primitiv hexagonalen Elementarmaschen parallel zu den morphologischen Kristallkanten verlaufen. Erwähnenswert ist ausserdem das elektronenoptische Bild der Struktur 3 (Fig. 2.3, cf. Fig. 2.1 und 2.2). Die Oberfläche des Kristalls scheint mit zahlreichen Grübchen versehen.

Ausser den oben erläuterten Bildern wurden gelegentlich andere Beugungsbilder beobachtet, die hier jedoch nicht diskutiert werden, da sie jeweils nur einmal aufgetreten sind.

d) Untersuchungen mit der Elektronensonde

Die folgenden Untersuchungen wurden mit einer Cambridge-Elektronensonde durchgeführt. Auf deren zylindrischen Araldit-Präparat-träger wird Graphit feinkörnig aufgedampft. Auf diese Schicht werden

die zu untersuchenden Kristalle mit einer spitzen Nadel gelegt und mit einem Tropfen Aceton benetzt. Bei dessen Verdampfen saugen sich die lamellenförmigen Kristalle fest an die Graphit-Schicht, und zwischen beiden entsteht ein leitender Kontakt. Damit wird ein elektrisches Aufladen der Kristalle verhindert.

Als chemischer Hauptbestandteil der Kristalle mit den Strukturen 2 und 3 wurde Fe gefunden. Quantitative Aussagen lassen sich nicht machen, da bei dünnen Schichten (wenige hundert Å dick) die Intensität der erzeugten Röntgenstrahlung ausser von der Konzentration des betreffenden Elementes in starkem Masse von der Dicke der durchstrahlten Schicht abhängig ist. In den rotbraunen Lamellen mit der Struktur 3 sind nach Untersuchungen mit der Elektronen-sonde höchstens in Spuren vorhanden: K, Mg, Ca, Al, Si, Cu, Ti, V, Cr, Mn, Co, Ni.

2. Untersuchung des Feldspates

Bei dem untersuchten Feldspat handelt es sich um einen weitgehend optisch unverzwilligten, basischen Oligoklas. Sein unkorrigierter optischer Achsenwinkel beträgt $2 V_\gamma = 95^\circ$ (U-Tisch).

Spektralanalyse des Aventurin-Oligoklasses von Tvedestrand (Dr. S. K. Datta)

Na	5,89 · 10 ⁰	Gew.-%	(flammenphotometrisch)
Li	2 · 10 ⁻²	„	(wie folgende Elemente be-
K	1 · 10 ⁰	„	stimmt mit dem Spektro-
Be	1 · 10 ⁻⁴	„	graphen UV Q-24-Jena)
Mg	2 · 10 ⁻³	„	
Ca	3,7 · 10 ⁰	„	
Sr	2 · 10 ⁻¹	„	
Tl	2 · 10 ⁻²	„	
P	2 · 10 ⁻²	„	
Bi	· 10 ⁻²	„	
Ti	5 · 10 ⁻²	„	
Cr	2 · 10 ⁻³	„	
Mn	3 · 10 ⁻³	„	
Fe	1,3 · 10 ⁻¹	„	
Ni	1 · 10 ⁻⁴	„	

Aus dem Gehalt des Feldspates an Na, K und Ca ergibt sich folgende chemische Zusammensetzung: Ab 68, An 25, Or 7 Mol-%.

Der Oligoklas besitzt folgende röntgenographisch ermittelten Achsenabschnitte: $a = 8,17 \text{ Å}$, $b = 12,89 \text{ Å}$, $c = 7,15 \text{ Å}$. Diese Daten sind nicht sehr genau, da die Feldspat-Reflexe meist verschmiert aufgespalten sind. Der unbewegte Aventurin-Oligoklas beugt monochromatisches Röntgen-

licht diffus in bestimmte Richtungen. Hieraus folgt, dass die Oligoklas-Struktur fehlgeordnet ist. Auf einer Precession-Aufnahme ist zu erkennen, dass der Feldspat submikroskopisch nach dem Albit-Gesetz verzwillingt ist.

II. DER AVENTURIN-OLIGOKLAS VON BJORDAM

Zum Vergleich mit den Aventurin-Oligoklasen von Tvedestrand wurden Aventurin-Oligoklas-Andesine von Bjordam (NEUMANN und CHRISTIE, 1962: Ab 77,9, An 21,8, Or 0,2 bis Ab 66,1, An 33,4, Or 0,5), das im Kreis Bamble im norwegischen Land Telemark liegt, untersucht. Diese Aventurin-Feldspäte enthalten orange bis grünlichgelb gefärbte, durchscheinende, lamellenförmige Einlagerungen („rote“ Einschlüsse).

Sieben mit konzentrierter Salpetersäure freipräparierte rote Lamellen aus zwei Aventurin-Feldspäten von Bjordam wurden mit dem Elektronenmikroskop untersucht. Sie sind vermutlich mehr oder weniger homogene, nach (0001) tafelige Einkristalle aus α -Fe₂O₃ und β -Fe₂O₃. Dieses Resultat folgt aus Elektronenbeugungs-Aufnahmen. Folgende Gitterkonstante von α -Fe₂O₃ wurde bestimmt: $a_H = 5,024 \pm 0,017$ Å. An einer Lamelle aus β -Fe₂O₃ wurde beobachtet, dass die Kanten der reziproken, einfach primitiv hexagonalen Elementarmaschen etwa parallel zu den morphologischen Kristallkanten verlaufen.

Die roten Einschlüsse des Aventurin-Oligoklases von Bjordam beugen Röntgenstrahlen nicht messbar. Es wurden zwei Feldspat-Kristalle mit deutlich erkennbaren roten Einlagerungen untersucht. An einem Dünnschliff nach der am dichtesten mit Einschlüssen belegten, gegen (001) um etwa zwanzig Grad geneigten Fläche eines Aventurin-Oligoklases von Bjordam wurde durch Messung auf dem U-Tisch beobachtet, dass die roten Lamellen (Kanten) mit geringer Schwankung in zwei um ungefähr 31° gegeneinander verdrehten Lagen angeordnet sind.

Wir danken den Herren Prof. Dr. H. Neumann (Oslo) und Prof. Dr. H. U. Bambauer (Münster) für die Überlassung von einigen Proben von Aventurin-Feldspäten. Das Forschungsinstitut der Feuerfest-Industrie in Bonn ermöglichte dankenswerterweise die Untersuchungen mit der Elektronensonde.

LITERATUR

- ANDERSEN, O. (1915): On Aventurine Feldspar. Amer. J. Sci. 4th ser. 40, 351—399.
— (1922): Über Avanturinfeldspäte (deutsche Übersetzung der voranstehenden Schrift). Z. Krist. 56, 553—580.

- DIVLJAN, S. (1960): The Results of Field and Laboratory Studies of Aventurine Plagioclases from some Norwegian Pegmatites. 21st Int. Geol. Congr. Reports 17, 94—101.
- DONNAY, J. D. H. and DONNAY, G. (1963): Crystal Data. Amer. Cryst. Ass. Monograph 5.
- FINCH, G. I. and SINHA, K. P. (1957): An Electron-Diffraction Study of the Transformation α -Fe₂O₃ to γ -Fe₂O₃. Proc. Roy. Soc. A 241, 1—8.
- ISSHIKI, N. (1958): Red Coloration of Anorthite from Hachijojima. J. Geol. Soc. Japan 64, 644—647.
- MELLIS, O. (1965): Der Labrador von Ylämaa in Finnland. Kurzref. der 43. Jahrestg. der Deutschen Miner. Ges., 39—40.
- NEUMANN, H. and CHRISTIE, O. H. J. (1962): Observations on Plagioclase Aventurines from Southern Norway. Norsk Geol. Tidsskr. 42-2, 389—393.
- TOMISAKA, T., SHIBUYA, G. and NAKAMURA, H. (1957): Structural Changes of Schiller-Feldspar due to the Heat Treatment (II) (Abstract in Min. Journ. Japan). J. Miner. Soc. Japan 3, 146—157.
- TRÖGER, W. E. (1959): Optische Bestimmung der gesteinsbildenden Minerale, Teil 1. E. Schweizerbartsche Verlagsbuchhdlg., Stuttgart.
- VULTEE, J. v. (1952): Die orientierten Verwachsungen der Mineralien. Fortschr. Mineral. 29—30, 297—370.

Manuskript eingegangen am 30. Juni 1966.