

## Korunde aus dem Umba-Tal, Tansania

H. A. HÄNNI, Basel

### Zusammenfassung

Die Korunde vom Umba-Tal zeigen eine große farbliche Vielfalt, die hervorgerufen wird durch unterschiedliche Anteile der farbgebenden Spurenelemente Fe, Ti, Cr, V. Es konnten mit energie-dispersiver Röntgenfluoreszenzanalyse weder Ni noch Co nachgewiesen werden. Eine reichhaltige innere Paragenese zeichnet die Steine aus, bei der die Mineralien Zirkon, Rutil(?), Apatit, Hämatit, Glimmer, Monazit, Calcit, Pyrrhotin, Graphit, sowie Heilungsrisse, Negativkristalle, Farbzonierung und Zwillingslamellierung mit Schnittpuren und Boehmit(?)leisten gefunden wurden. Die Methoden der Einschlußbestimmung werden diskutiert. Die physikalischen Eigenschaften Dichte ( $3,98-4,01 \text{ g/cm}^3$ ) und Lichtbrechung ( $n_e: 1,761-1,769$ ;  $n_o: 1,768-1,778$ ) wurden ebenfalls ermittelt. Spektroskopische Eigenschaften werden angegeben.

### Abstract

Corundums from Umba valley show a big variability in colour, which is produced by varying proportions of the transition elements Fe, Ti, Cr, V. The presence of Ni or Co could not be proved by energy dispersive X-ray fluorescence analysis. A rich internal paragenesis distinguishes the stones. The following minerals and growth characteristics were found: zircon, rutile(?), apatite, haematite, mica, monazite, calcite, pyrrhotite, graphite, healed fractures, negative crystals, colour zoning, intersecting twin-lamellae with lath-like boehmite particles.

Techniques for the identification of inclusions are discussed. The physical properties density ( $3.98-4.01 \text{ g/cm}^3$ ) and refractive indices ( $n_e: 1.761-1.769$ ,  $n_o: 1.768-1.778$ ) were also determined. Spectroscopic features are given.

### Einleitung

Von den vielen und zum Teil einmaligen Edelsteinen aus Ost-Afrika gehören die Korunde zu den wirtschaftlich bedeutendsten. Verschiedene Rubinvorkommen in Kenia und Tansania (Longido, Lossogonoi, Mangari, Morogoro) liefern seit einiger Zeit Material in die Schleifereien. Aber bezüglich farblicher Vielfalt steht das Korundvorkommen im Umba-Tal einmalig da.

Ziel dieser Arbeit ist es, die Merkmale und Eigenarten der Korunde von Umba in einem Überblick zusammenfassend darzustellen, wobei verschiedene Angaben aus früheren Publikationen durch eigene Resultate ergänzt oder bestätigt werden.

Rubine aus eluvialen Lagerstätten wurden 1960 nahe am Umba-Fluß, im Nordosten Tansanias entdeckt (SOLESBURY, 1967). Unweit dieser Stelle konnte das eigentliche Muttergestein der Korunde gefunden werden. Es besteht nach SOLESBURY aus einem

0343-7892/86/0035-0001 \$ 3.25

© 1986 E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, D-7000 Stuttgart 1

Pegmatit, der graugrünen Serpentin durchdrungen hat. Der Pegmatit zeigt verschiedene Variationen, aber dort, wo er Korund enthält, führt er Calcium-reichen Plagioklas und Vermiculit. In jene geologische Situation einbezogen sind noch weitere Gesteine wie Gneisse (z. T. Graphit-führend), Amphibolite und Marmore. Korund soll auch im Marmor vorkommen, die guten Qualitäten finden sich jedoch in pegmatitischen Gesteinen. Zur geologischen Rahmensituation hat sich SOLESBURY (1967) ebenfalls geäußert. Das Zutagetreten dieser Gesteine und die Bildung eluvialer Lagerstätten ist dem Umba-Fluß zuzuschreiben. Dieser hat viele Kristalle aus dem ursprünglichen Gesteinsverband herausgelöst und in Taschen und Senken angereichert.

### Physikalische Eigenschaften

Die Dichten von Korund variieren nur in relativ engen Grenzen, einen stärkeren Einfluß könnten spezifisch leichtere oder schwerere Einschlüsse ausüben. Tabelle 1 zeigt eine Zusammenstellung von Dichte- und Lichtbrechungswerten aus der Literatur und von eigenen Bestimmungen. Auch die Lichtbrechungswerte zeigen keine starke Variation, wenngleich die erreichten Maximalwerte zu den Extremen für Korund gehören. Die höchsten Zahlen wurden von einem orangefarbenen Stein erreicht (vgl. auch BANK, 1970).

Tabelle 1. Physikalische Daten der Korunde vom Umba-Tal, Tansania.

	vorliegende Arbeit	ZWAAN (1974)	GUNAWARDENE (1984)
Dichte [g/cm <sup>3</sup> ]	3,980–4,010	3,975–3,993	3,99–4,06
Lichtbrechung $n_o$	1,761–1,769	1,760–1,765	1,763–1,765
$n_o$	1,768–1,778	1,768–1,774	1,771–1,773

### Spektroskopische Eigenschaften

Die Absorptionsspektren widerspiegeln die farbliche Vielfalt der Korunde, sie sind Kombinationen der drei Grundspektren des Rubins, des Saphirs und des gelben Korunds. Auch ganz geringe Cr-Gehalte lassen noch eine Fluoreszenzdoulette bei 693 nm erscheinen. Andererseits sind Vanadium wie auch Titan, wenn sie kombiniert mit weiteren Chromophoren auftreten, im Spektrum schwer zu sehen (BOSSHART, 1981). Die häufig auftretenden Gehalte von  $Fe^{3+}$  in blauen und blaugrünen Steinen bewirken eine starke Bande bei 450 nm. In orangefarbenen Steinen kann sie so stark sein, daß sie mit der Absorptionsschulter im Violett verschmilzt. Das bedeutet, daß im Spektroskop bei solchen Steinen ab 470 nm nach dem violetten Ende des sichtbaren Spektralbereichs Dunkelheit herrscht.

Vier typische Farbvarietäten von Umba zeigen die folgenden Absorptionsspektren, die Linien- und Bandenpositionen wurden mit einem Spektralphotometer Pye-Unicam SP 8–100 aufgezeichnet. Schwache Linien sind in Klammern gesetzt, starke Linien sind fett gedruckt. Die letzte Zahl bezeichnet den Beginn der allgemeinen Absorption (alle Angaben in nm).

orangefarben: 700, 693, 688, 674, 657, 554 (breit), 470 allg. Abs.  
 blaugrün: (693), 560 (breit), 466, 450, 388, 376, 360 allg. Abs.  
 oliv: (693), 650, 468, 456, 450, 388, 376, 360 allg. Abs.  
 hellviolett: 693, 657, (560 breit), (466), 450, 388, 373, 320 allg. Abs.

### Form und Farbe der Kristalle

Die Kristalle bzw. Kristallfragmente zeigen meist tafelig hexagonalen Habitus ohne Pyramidenflächen. Im allgemeinen scheinen die Basisflächen korrodiert und wie die Prismenflächen löcherig durch eingewachsene Vermiculitpakete. Über die Basisflächen ziehen sich kreuzende Gräben, die oft regelmäßige Dreiecke bilden. Sie entstehen, wenn sich die Spuren der Rhomboederflächen in den Basisflächen schneiden. Diese Schnittspuren sind Austrittstellen der dünnen Zwillingslamellen, welche ebenfalls parallel zu den Rhomboederflächen liegen. In vielen Beziehungen gleichen die Korunde von Umba denjenigen aus dem Vorkommen am Missouri-River in Montana (USA), besonders was Farben, Form und Einschlußbilder anbetrifft. Bei den Umba-Korunden sind jedoch die unterschiedlichen Farbschattierungen besonders vielfältig. Es treten alle erdenklichen Mischfarben zwischen blau, rot, gelb und farblos auf (POUGH, 1972; NAFTULE, 1982). Reine Farben sind jedoch kaum zu finden, sondern vorwiegend helle Pastelltöne bis hin zu eher düsteren Farben in blaugrün, blaugrau, violett, rosa, gelbgrün, braungelb, orange oder braun. Die Kristalle zeigen in Richtung ihrer c-Achsen die beste Farbe, häufig sind sie im Kern blasser und am Rand stärker gefärbt. Teilweise treten am gleichen Kristall zonar auch verschiedene Farben auf.

Es gibt zwei Farbvarietäten unter den Umba-Korunden, die besondere Aufmerksamkeit gefunden haben. Es sind dies einerseits die leuchtend orangen bis gelbbraunen Steine und andererseits die farbwechselnden alexandritartigen Varietäten (NAFTULE, 1982). An dieser Stelle soll hervorgehoben werden, daß sich die prächtigen orangefarbenen Korunde vom Umba-Tal hinsichtlich ihres farblichen Aussehens (Ton und Sättigung) wie auch hinsichtlich der Farburgsache von den ceylonesischen Padparadschas unterscheiden. Bei den orangefarbenen Umba-Korunden sind vor allem die Spurenelemente Chrom (Cr) und Eisen (Fe) für die Farbe verantwortlich, wobei  $\text{Cr}^{3+}$  den roten Farbanteil bewirkt und  $\text{Fe}^{3+}$  den gelben. Die ceylonesischen Padparadschas verdanken ihre Farbe einer Kombination von Cr und Gitterbaufehlern als Farbzentren (und allenfalls geringen Spuren von Fe). Hier bewirkt Cr ebenfalls den roten Farbanteil, aber der gelbe Anteil der Mischfarbe orange stammt von Farbzentren (SCHMETZER et al., 1982). Da sich diese beiden Korundvarietäten im Aussehen wie auch in den Farburgsachen unterscheiden, besteht kein Anlaß, die orangefarbenen Steine vom Umba-Tal als Padparadschas zu bezeichnen (vgl. auch GUNAWARDENE, 1984).

### Farburgsachen und chemische Angaben

Die Untersuchung der Farburgsachen bei Korunden hat schon verschiedene Forscher beschäftigt (HARDER, 1969; LEHMANN & HARDER, 1970; SCHMETZER et al., 1981). Wir entnehmen der Arbeit von HARDER (1969), der mit wellenlängendispersiver Röntgenfluoreszenz eine größere Anzahl verschiedenfarbiger Korunde aus aller Welt untersucht hat, die in Tabelle 2 zusammengestellten Daten für Korunde vom Umba-Tal.

Tabelle 2. Farbgebende Spurenelemente in Korunden vom Umba-Tal; alle Angaben nach HARDER, 1969 [in Gew.-%].

	Cr	V	Fe	Ti
rot	0,03	—	0,05	0,006
violett	0,04	0,002	0,1	0,009
blautichig	0,014	—	0,6	0,006
gelbgrünlich	0,007	—	0,5	0,006
grünstichig	0,002	—	0,4	0,009

Wie aus dieser Tabelle ersichtlich ist, können in Umba-Korunden die Hauptspurenelemente in den unterschiedlichsten Konzentrationen zusammen vorkommen. Der Oxydationszustand von Eisen sowie allfälligen Partnern spielen für die Farbbildung eine wichtige Rolle. Vereinfachend und nach der Darstellung in SCHMETZER & BANK (1981) kann für das Auftreten der Mischfarben folgendes gelten:

*Gelbe* Korunde können durch dreiwertige Eisen-Ionen  $Fe^{3+}$  oder durch Gitterdefekte gefärbt sein. In *blauen* Saphiren ist das Eisen zur Hauptsache zweiwertig und bildet zusammen mit vierwertigem Titan  $Fe^{2+}/Ti^{4+}$  als Paare blaue Farbürsache. In *grünen* Korunden können die Farbürsachen für blau und gelb gleichzeitig vorliegen und es entsteht die Mischfarbe. *Rote* Korunde, also Rubine, enthalten dreiwertiges Chrom und oft auch Vanadium und Eisen. Bei *violetten* Steinen können wir eine Mischung von Cr mit Fe und Ti erwarten, denn violett kann man als Mischung von rot und blau verstehen. Bei farbwechselnden (alexandritartigen) Korunden spielt Vanadium eine hervortretende Rolle. Oft wird aber bei natürlichen Steinen seine Farbwirkung von begleitenden Spurenelementen maskiert, so daß eine andere Farbe vorherrscht.

Besonders bei den Korunden vom Umba-Tal stellt man ein Zusammenwirken von gleichzeitig mehreren Spurenelementen fest, die je nach Art und gegenseitigem Mengenverhältnis eine reiche Palette von Mischfarben hervorbringen. An zwölf sich farblich stark unterscheidenden Umba-Korunden wurde von W. B. STERN (Basel) die Anwesenheit der vier Spurenelemente Cr, V, Fe, Ti geprüft und untereinander verglichen. Bei dieser Untersuchung konnten die Befunde von HARDER (1969) durch energiedispersive Röntgenfluoreszenzanalyse (vgl. STERN & HÄNNI, 1982) jedenfalls qualitativ bestätigt werden. Insbesondere wurden weder meßbare Kobalt- noch Nickelgehalte nachgewiesen. Bei einigen Steinen traten Signale von Zr, Pb, Cu und Zn auf. Sie sind bei einschlußreichen Proben angetroffen worden. Grund für das Auftreten sind im einen Fall (Zr, Pb) Zirkonkörner, die z. T. massenhaft an der Oberfläche angeschnitten sind und ebenfalls angeregt wurden. Die Cu- und Zn-Signale mögen von Metallresten der Schleif- und Polierscheiben stammen, die in Rissen und offenen Einschlußbetten zurückblieben.

### Die Einschlußminerale und ihre Bestimmung

Von den im Umba-Tal vorkommenden Edelsteinen sind die Granate bezüglich ihrer Einschlüsse eingehender untersucht worden. Aus den Arbeiten von SCHUBNEL (1972), ZWAAN (1974) und GÜBELIN (1981) ergibt sich folgende Aufstellung von Einschlußmineralien in den Granaten der Pyrop-Almandin-Spessartin-Grossular Mischkristalle:

Apatit, Monazit, Zirkon, Rutil, Pyrit, Pyrrhotin, Quarz.

Alle diese Mineralien, mit Ausnahme von Quarz, und einige weitere dazu können auch in den Korunden gefunden werden. ZWAAN (1974) bestimmte sie hauptsächlich mit Röntgen-Pulverdiagrammen oder visuell und machte folgende Aufzählung:

Apatit, Graphit, Pyrrhotin, Rutil, Spinell, Vermiculit, Zirkon.

Ein Teil dieser Beobachtungen sind schon von EPPLER (1973) publiziert worden. Aus der Literatur ist leider häufig nicht zu ersehen, auf welche Weise eine Einschluß-Identifikation zustande kam. Es stehen uns heute mehrere Methoden zur Verfügung, die gebräuchlichsten sollen kurz erläutert werden.

*Röntgen-Pulverdiagramme:* Für diese relativ einfache Untersuchung muß meistens eine geringe Menge an Probenmaterial entnommen und pulverisiert werden (Herausbrechen von Einschlußkörnern an der Oberfläche oder Abschaben von Pulver mittels einer Diamantfeile). Die charakteristischen Diffraktionsmuster und Intensitätsverteilungen lassen eine Bestimmung der Mineralart über ihre Struktur zu.

*Mikro-Röntgenspektrometrie:* Zwei komplexere Geräte mit ähnlicher Funktionsweise, das Raster-Elektronenmikroskop (REM) und die Elektronen-Mikrosonde (EMS) können der Untersuchung kleinster Bereiche eines an der Oberfläche liegenden Einschlusses dienen. Durch einen feinen Elektronenstrahl kann der ausgewählte Teil eines Einschlusses zur Emission von Röntgenstrahlung angeregt werden. Alle getroffenen Atome senden charakteristische Strahlungen im Röntgenwellen-Bereich aus (Linienspektrum). Durch Sortieren und Messen der Energien kann auf Art und Menge der angeregten Elemente geschlossen werden. Im REM wird durch den Elektronenstrahl eine Fläche Punkt für Punkt abgerastert. Die an der Probenoberfläche austretenden Signale werden verarbeitet und ergeben ein sichtbares Bild. Die beim Auftreffen des Elektronenstrahls gleichzeitig frei werdenden Röntgenstrahlen werden mit Hilfe eines an das REM angeschlossenen energiedispersiven Systems (EDS) analytisch ausgewertet. Das Ergebnis ist ein Energiespektrum, aus dem mindestens die qualitative chemische Zusammensetzung bestimmt werden kann. Die EMS ist weniger zur Bildzeugung als für quantitatives Analysieren ausgelegt. Beide Methoden sind eingeschränkt beim Nachweis leichter Elemente.

*Raman-Lasersonde:* Mit diesem Gerät können auch Einschlüsse im Inneren von Edelsteinen untersucht werden, und zwar feste, flüssige und gasförmige: Als Anregung wirkt ein streng monochromatischer Laserstrahl (Wellenlänge z. B. 488 nm), der über ein Mikroskop auf den Einschluß gerichtet ist. Das Laserlicht erfährt eine materialtypische Frequenzänderung bei der Wechselwirkung mit den schwingenden Molekülgruppen. Die aufgezeichneten Spektren im Infrarotbereich lassen sich über Referenzproben bestimmten Mineralien, Flüssigkeiten und Gasen zuordnen. Von den drei vorgestellten Bestimmungsmethoden ist die Raman-Spektroskopie bei ihrer Anwendung in der Gemmologie noch neu und exklusiv (DELÉ et al., 1985).

*Optischer Vergleich:* Oft werden Einschlüsse nur durch das Mikroskop betrachtet und nach ihrem Aussehen (Form, Farbe, Relief, etc.) durch Vergleich benannt. Zu einem solchen Vorgehen ist man meist gezwungen, wenn keine Möglichkeiten zu einer echten Identifikation bestehen. Ergebnisse einer „Bestimmung“ durch optischen Vergleich können jedoch relativ unsicher sein. Die Angaben über bezeichnete Einschlüsse wären jedenfalls wertvoller, wenn sie durch Nennung der verwendeten Bestimmungsmethoden zu gewichten wären.

Es gibt einige Einschlußtypen, die zwar weit verbreitet und wohl bekannt sind, deren Bestimmung jedoch große Probleme darstellen. So ist z. B. der Nachweis von feinen Rutilnadeln in Korund sehr schwierig. Es läßt sich nur mit großem Aufwand entscheiden, ob in einem bestimmten Fall Rutilnadeln oder Hohlkanäle oder Hämatitleisten vorliegen. Das chemisch nachweisbare Titan kann sowohl im Korundgitter gelöst oder als Rutil ausgeschieden anwesend sein.

In Korunden von Umba, Rubinen von Thailand, Saphiren vom Missouri-River (Montana, USA) und anderen Stellen treten an „Baugerüste“ erinnernde Einschlüsse auf. Ihre Art ist noch nicht einheitlich benannt, was auf divergierende Bestimmungsergebnisse zurückgehen könnte. Diese leistenförmigen Elemente, die in parallelen Scharen die Korunde durchlaufen und stets in Schnittpuren von sich kreuzenden Zwillinglamellen verlaufen, sind bezeichnet worden als:

- Korund-Nadeln (EPPLER, 1973)
- Schnittpuren von Zwilling- und Dislokationslamellen (SCHUBNEL, 1972; GÜBELIN, 1974)
- Boehmit-Leisten (KELLER et al., 1985)

Trotz der Wichtigkeit dieses Einschlußtyps stand eine Diskussion und Synthese der gemachten Beobachtungen bisher noch aus. Er findet nun eine eingehende Behandlung in der Monographie von SCHMETZER (1985), was hoffentlich zu einer allgemein akzeptierten und verwendeten Bezeichnung führen wird.

### Einschlüsse in Korunden aus dem Umba-Tal

Im folgenden Abschnitt werden die Einschlüsse in Umba-Korunden beschrieben. Die Abkürzungen hinter den Mineralnamen geben an, wie die Einschlüsse für diese Arbeit bestimmt wurden. Dabei bedeuten:

- REM Raster-Elektronenmikroskop mit energiedispersivem Analysensystem
- EMS Elektronen-Mikrosonde (mit EDS/WDS kombiniertem Analysensystem)
- RD Röntgendiffraktion (Pulveraufnahmen)
- LM Lichtmikroskop (optischer Vergleich)

Für eine vollständige Identifikation ist gelegentlich eine Kombination von Bestimmungsmethoden nötig (z. B.  $\text{AlO}(\text{OH})$  gilt für Boehmit *und* Diaspor). Im folgenden werden die Einschlüsse in der ungefähren Reihenfolge ihrer Häufigkeit beschrieben.

*Zwillinglamellierung* (LM), Abb. 1: In allen Farbvarietäten tritt sehr häufig polysynthetische Zwillinglamellierung auf, wobei breitere mit sehr schmalen Lamellen abwechseln. Die Zwillinglamellen liegen parallel zu einer, zwei oder drei Rhomboederflächen und können sich gegenseitig schneiden. Die Schnittpuren stehen fast rechtwinklig zueinander. Zwei weitere oft angetroffene Wachstumsmerkmale sind Farbzonierungen und zonar eingelagerte Mineraleinschlüsse.

*Zirkon* (REM), Abb. 2: Kleine bis sehr kleine Kristalle von leicht gerundeten tetragonalen Prismen, z. T. in Gruppen verwachsen. Sie sind in Korund nicht geordnet und manchmal von Spannungsrissen umgeben. Oft zeigen sie einen zonaren Aufbau. Das Verhältnis Länge Breite variiert von 2 : 1 bis 30 : 1. Die farblosen Zirkone zeigen ein positives Relief gegenüber dem umgebenden Korund.

*Rutil(?)* (LM), Abb. 3: Sehr feine, orientiert angeordnete Nadeln, oft in drei sich schneidenden Systemen, meist sehr locker und kurz. Rutil konnte jedoch wegen der

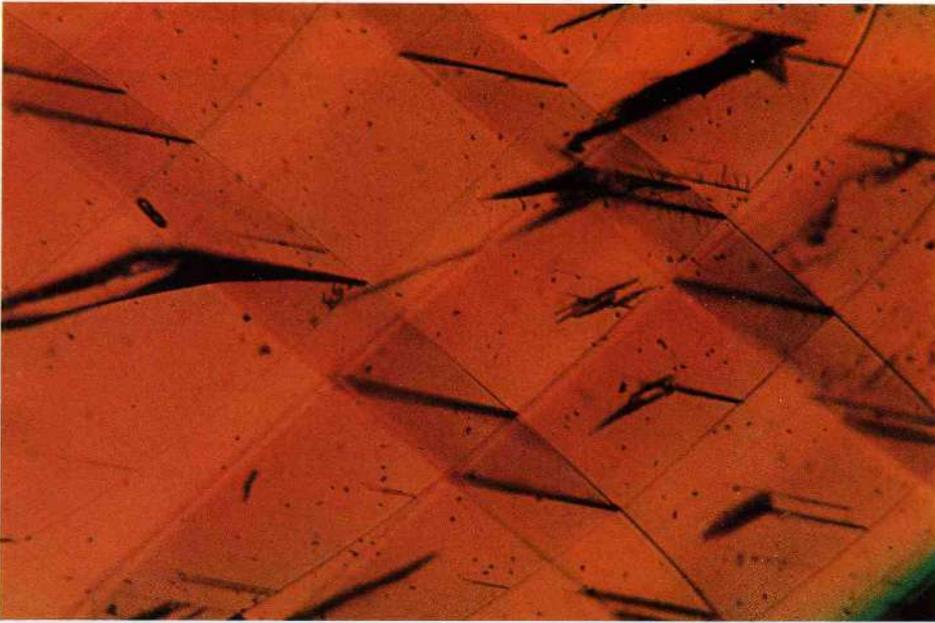


Abb. 1. Schmale Zwillingslamellen, die in zwei Richtungen in den Hauptkristall eingeschaltet sind, mit Boehmit (?) leisten, die in Scharen parallel zu einer Richtung verlaufen. –  $\times 25$ , Aufnahme K. SCHMETZER.



Abb. 6. Tafeliger grünlichgelber Monazitkristall und zahlreiche kleine Zirkone. –  $\times 25$ .



Abb. 2. Zirkone stellen das häufigste Einschlußmineral in Korunden vom Uмба-Tal dar. —  $\times 35$ .

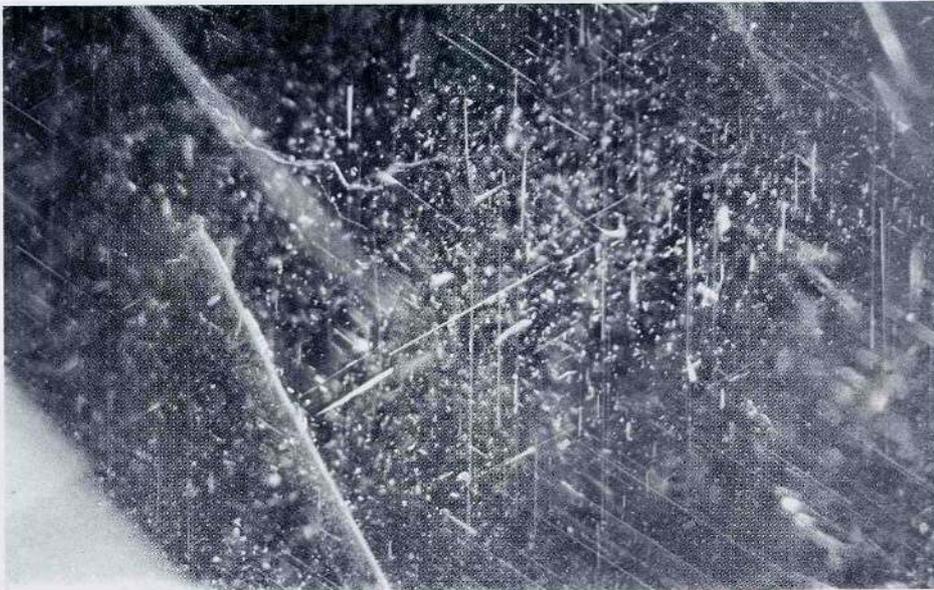


Abb. 3. Rutil (?) in kurzen und langen Nadeln, z. T. auch lanzettförmig als Zwillings-Bildung. —  $\times 30$ .



Abb. 4. Idiomorpher Apatit-Kristall mit dunklen Einschlüssen unbekannter Art. –  $\times 10$ .

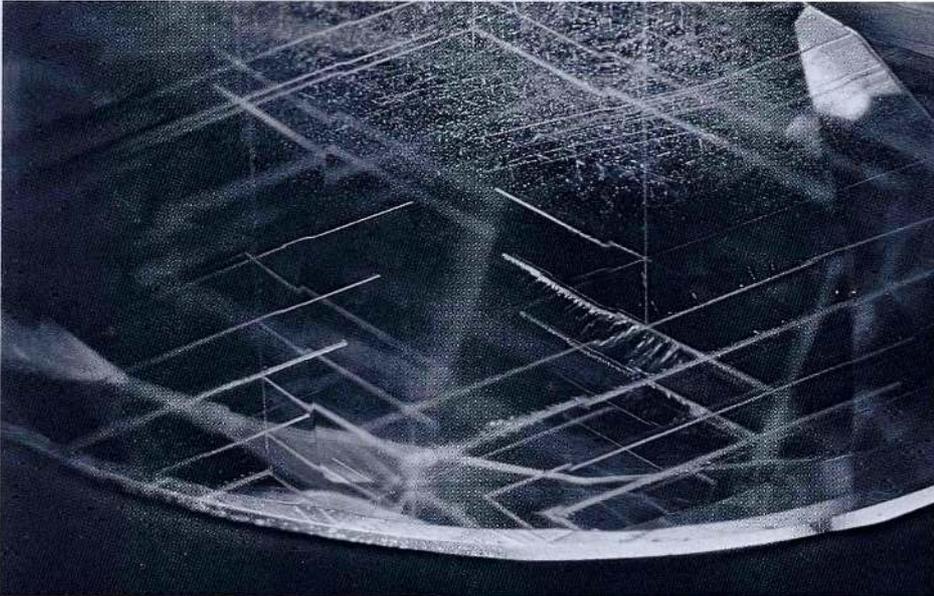


Abb. 5. Boehmit (?) leisten mit Risswimpeln. Im oberen Bildteil feine Mineralpartikelchen. –  $\times 20$ .



Abb. 7. Nadeln und dünne Plättchen von Hämatit, die im Durchlicht eine braune Färbung zeigen; das regelmäßige Muster entspricht der Anordnung der Rutil-, „Seide“. –  $\times 40$

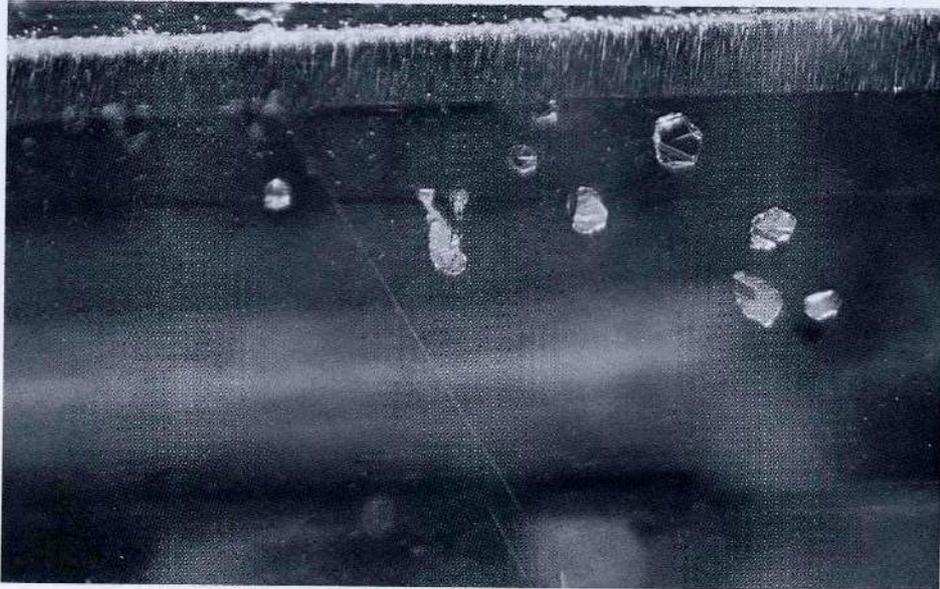


Abb. 8. Flache Negativkristalle, parallel zur Korund-Basisfläche, z. T. trigonale Symmetrie zeigend. –  $\times 25$ .

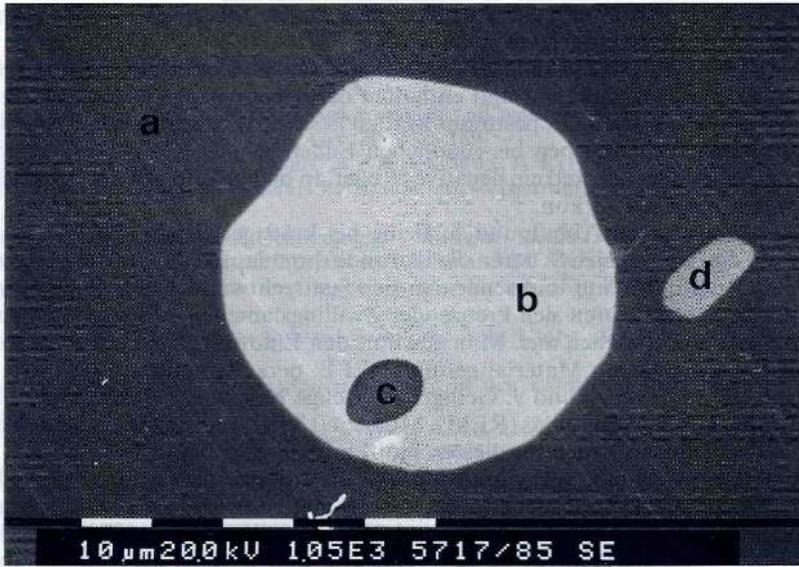


Abb. 9. REM-Aufnahme einer Korundoberfläche um angeschliffene Einschlüsse; aufgrund der EDS-Spektren wurde wie folgt identifiziert: a: Korund, b: Monazit, c: Plagioklas, d: Zirkon.

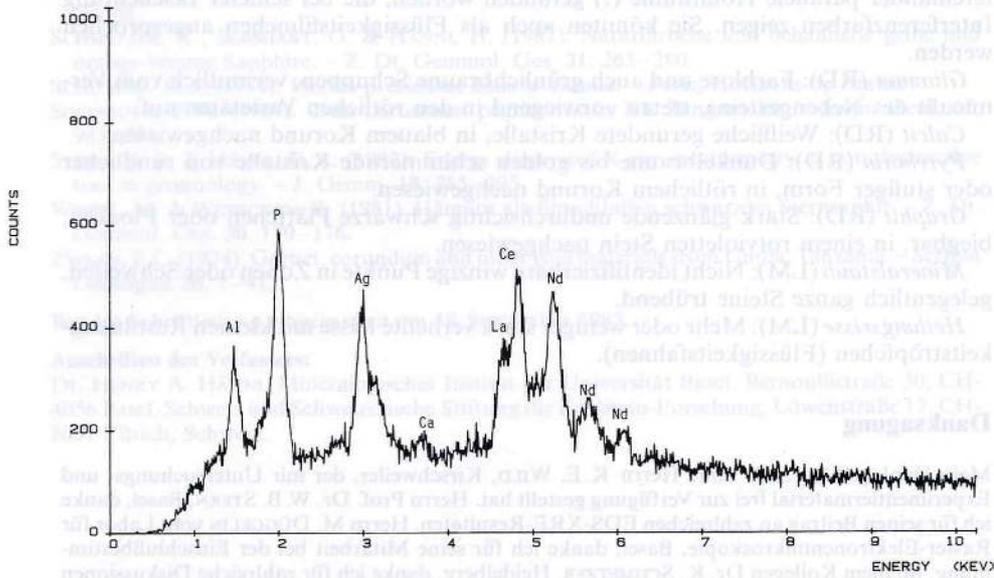


Abb. 10: Energiedispersives Röntgenspektrum des Monazitkorns (b) von Abb. 9; die Ag-Linie stammt von der Probenpräparation, Monazit ( $\text{CePO}_4$ ) enthält verschiedene Seltene Erden-Elemente.

geringen Mengen und minimalen Austrittsstellen an der Oberfläche weder chemisch noch röntgenographisch nachgewiesen werden.

*Apatit* (REM), Abb. 4: Einzelne größere und kleinere farblose Kristalle. Sie treten in rötlichem Korund verstärkt auf und enthalten oft selbst winzige dunkelbraune Einschlüsse, deren Art noch nicht bestimmt werden konnte. Ihre hexagonal-prismatische Ausbildung mit flächenreichen bis rundlichen Enden ist meist gut zu erkennen. Sie zeigen gegenüber dem Korund ein negatives Relief. In blauen und grünen Korunden ist Apatit viel seltener als Zirkon.

*Boehmitleisten* (LM), Abb. 1 und 5: Feine bis kräftige leisten- und geleaseartige Strukturen, die in parallelen Scharen die Korunde durchlaufen. Sie treten meist in drei räumlichen Richtungen auf und schneiden sich fast rechtwinklig. Die Boehmitleisten laufen in den Schnittpuren sich kreuzender Zwillingslamellen. Oft gehen von ihnen wimpelartige feine Risschen aus. Man gewinnt den Eindruck, die Leisten seien hohl oder mit polykristallinem Material gefüllt (DELÉ, pers. Mitteilung 1984).

*Monazit* (REM), Abb. 6 und 9: Gelbgrüne tafelige Kristalle, z. T. mit Einschlüssen von Calcium-reichem Plagioklas (REM). Monazit ( $CePO_4$ ) enthält meist verschiedene Elemente der Seltenen Erden, in diesem Fall Lanthan und Neodym (Abb. 10).

*Hämatit* (EMS), Abb. 7: Sehr dünne, parallel orientierte durchsichtig-braune Plättchen bis Lanzettchen. Sie gleichen sehr den Hämatit-Einschlüssen in den braunen Sternkorunden von Ban Kha Cha, Thailand (WEIBEL & WESSICKEN, 1981). Die Hämatitplättchen stellen als Pigment in den meisten braunen Korunden von Umba die Hauptfarbursache dar.

*Negativkristalle* (LM), Abb. 8: Es sind flache, kristallographisch begrenzte und untereinander parallele Hohlräume (?) gefunden worden, die bei schiefer Beleuchtung Interferenzfarben zeigen. Sie könnten auch als Flüssigkeitsfilmchen angesprochen werden.

*Glimmer* (RD): Farblose und auch grünlichbraune Schuppen, vermutlich vom Vermiculit des Nebengesteins, treten vorwiegend in den rötlichen Varietäten auf.

*Calcit* (RD): Weißliche gerundete Kristalle, in blauem Korund nachgewiesen.

*Pyrrhotin* (RD): Dunkelbraune bis golden schimmernde Kristalle von rundlicher oder stufiger Form, in rötlichem Korund nachgewiesen.

*Graphit* (RD): Stark glänzende undurchsichtig schwarze Plättchen oder Flocken, biegsam, in einem rotvioletten Stein nachgewiesen.

*Mineralstaub* (LM): Nicht identifizierbare winzige Punkte in Zonen oder Schweifen, gelegentlich ganze Steine trübend.

*Heilungsrisse* (LM): Mehr oder weniger stark verheilte Risse mit kleinen Restflüssigkeitströpfchen (Flüssigkeitsfahnen).

## Danksagung

Mein Dank gilt in erster Linie Herrn K. E. WILD, Kirschweiler, der mir Untersuchungs- und Experimentiermaterial frei zur Verfügung gestellt hat. Herrn Prof. Dr. W. B. STERN, Basel, danke ich für seinen Beitrag an zahlreichen EDS-XRF-Resultaten. Herrn M. DÜGGELIN vom Labor für Raster-Elektronenmikroskopie, Basel, danke ich für seine Mitarbeit bei der Einschlußbestimmung. Meinem Kollegen Dr. K. SCHMETZER, Heidelberg, danke ich für zahlreiche Diskussionen und Mitteilungen sowie für seine Bildunterstützung.

**Literatur**

- BANK, H. (1970): Hochlichtbrechender orangefarbiger Korund aus Tansania. – Z. Dt. Gemmol. Ges. **19**, 1–3.
- BOSSHART, G. (1981): Die Unterscheidung von echten und synthetischen Rubinen mit UV-Spektralphotometrie. – Z. Dt. Gemmol. Ges. **30**, 157–169.
- DELÉ, M. L., DHAMELINCOURT, P., POIROT, J. P. & SCHUBNEL, H. J. (1985): Differentiation between natural gems and synthetic minerals by Raman microspectrometry. – J. Molec. Struct. (im Druck).
- EPPLER, W. F. (1973): Praktische Gemmologie. – Stuttgart, Rühle-Diebener Verlag.
- GÜBELIN, E. (1974): Innenwelt der Edelsteine. – Zürich, ABC Verlag.
- GÜBELIN, E. (1981): Einschlüsse im Granat aus dem Umba-Tal. – Z. Dt. Gemmol. Ges. **30**, 182–194.
- GUNAWARDENE, M. (1984): Brownish-red Sapphires from Umba, Tanzania. – J. Gemm. **19**, 139–144.
- HARDER, H. (1969): Farbgebende Spurenelemente in den natürlichen Korunden. – N. Jb. Miner. Abh. **110**, 128–141.
- KELLER, P. C., KOIVULA, J. I. & GONZALO, J. (1985): Sapphire from Mercaderes – Rio Mayo area, Cauca, Colombia. – Gems & Gemology **21**, 20–25.
- LEHMANN, G. & HARDER, H. (1970): Optical spectra of di- and trivalent iron in corundum. – Am. Miner. **55**, 98–105.
- NAFTULE, R. (1982): Gemstones of Africa. – Jeweler & Lapidary Business, May/June, 8 + 44.
- POUGH, F. (1972): Meet Tanzania's fancy sapphires. – Austr. Gemm. **11**, 19–21.
- SCHMETZER, K. (1986): Natürliche und synthetische Rubine – Eigenschaften und Bestimmung. – Stuttgart, Schweizerbart.
- SCHMETZER, K. & BANK, H. (1981): The colour of natural corundum. – N. Jb. Miner. Mh. 1981, 59–68.
- SCHMETZER, K., BOSSHART, G. & HÄNNI, H. (1982): Naturfarbene und behandelte gelbe und orange-braune Sapphire. – Z. Dt. Gemmol. Ges. **31**, 265–280.
- SCHUBNEL, H. J. (1972): Pierres précieuses dans le monde. – Paris, Horizons de France.
- SOLESBURY, F. W. (1967): Gem corundum pegmatites in NE Tanganyika. – Econ. Geol. **62**, 983–991.
- STERN, W. B. & HÄNNI, H. A. (1982): Energy dispersive X-ray spectrometry: a non-destructive tool in gemmology. – J. Gemm. **18**, 285–295.
- WEIBEL, M. & WESSICKEN, R. (1981): Hämatit als Einschluß in schwarzem Sternsaphir. – Z. Dt. Gemmol. Ges. **30**, 170–176.
- ZWAAN, P. C. (1974): Garnet, corundum and other gem materials from Umba, Tanzania. – Scripta Geologica **20**, 1–41.

Bei der Schriftleitung eingegangen am 18. September 1985.

**Anschriften des Verfassers:**

Dr. HENRY A. HÄNNI, Mineralogisches Institut der Universität Basel, Bernoullistrasse 30, CH-4056 Basel, Schweiz und Schweizerische Stiftung für Edelstein-Forschung, Löwenstrasse 17, CH-8001 Zürich, Schweiz.