

Zur Geologie der Wolframlagerstätte Bugarama, Rwanda Afrika*)

Mit 5 Abbildungen

VON WALTER POHL **)

Schlüsselwörter
Wolfram
Rwanda
Afrika

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	129
Abstract	130
1. Einleitung	131
2. Geologischer Rahmen	131
2.1. Morphologie	131
2.2. Stratigraphie und Gesteine	132
2.3. Tektonik	135
2.4. Mineralisation	138
3. Geologie der Lagerstätten	139
3.1. Geologischer Bau	139
3.2. Mineralisation	142
4. Literaturhinweise	148

ZUSAMMENFASSUNG

Bugarama, im Norden Rwandas gelegen, ist eine von mehreren Wolframlagerstätten, die alle an eine breite Aufwölbung der Série Inférieure des Burundien (Präkambrium) gebunden sind.

Bugarama liegt am überkippten Ostschenkel einer Brachyantiklinale, deren Kern aus dunklen Schiefer (CF) besteht, die von einem mächtigen Psammithorizont (QK, vermutlich dem Quarzit von Nduba gleichzustellen) und gutgeschichteten Sandsteinen mit rhythmischen Schiefereinlagerungen (CB) überlagert werden.

Die unterschiedliche Kompetenz des Gesteinsinhaltes der drei stratigraphischen Einheiten verursacht eine ausgeprägte disharmonische Faltung: In den CF sind enge Biege- und Scherfalten und die teilweise Entwicklung einer Makroschieferung unter dem weitgewölbten Dach des QK charakteristisch; letzterer reagiert auf stärkere tektonische Beanspruchung vor allem durch bruchhafte Verformung, die CB aber durch Biegefaltung und Gleitung an Schichtflächen. Eine Längsstörung akzentuiert die Überwältigung der Ostflanke der Antiklinale durch die Kerngesteine.

Dieser Faltung dürfte eine relativ seichte Basis um rund 500 m unter dem heutigen Talniveau entsprechen. Darunter werden weitwellige Strukturen angenommen, die möglicherweise das Dach des in der Tiefe vermuteten Granitbatholithen nachpausen.

Die Vererzung ist an Quarzgänge gebunden, die grundsätzlich in durch den tektonischen Bauplan vorgegebene Trennfugen eintreten, welche sowohl Schichtflächen wie auch diskordante Rupturen sein können. Die Gänge haben eine durchschnittliche Mächtigkeit von wenigen Dezimetern.

Die Platzname der Gänge erfolgte synkinematisch, wobei eine erste Phase der Faltung und eine übergangslos nachfolgende mit Faltung und bruchhafter Verformung unterschieden werden können. Schwache Nachbewegungen an Brüchen überdauerten die Mineralisation, so daß manche der Gänge nachträglich zerbrochen wurden.

Neben Quarz enthalten die Gänge lamellaren (primären) Ferberit, Reinit (Ferberit nach Scheelit) Scheelit, Tungstit und Anthoinit; weiters Muskovit, Kaolinit und Turmalin sowie sehr selten auch Zinnstein und Fe-Sulfide.

Die Ausscheidung des Ferberites in Wolframittracht, von Scheelit, Quarz, Muskovit, Turmalin und vermutlich Feldspat wird als eine erste, hochtemperierte, pneumatolytische Phase der Vererzung aufgefaßt, der eine kühlere, hydrothermale Phase der Reinitbildung aus Scheelit und wohl auch der Kaolinisierung der Feldspäte folgte.

Pneumatolytisch-hydrothermale Veränderungen des Nebengesteines sind Silifizierung, Sericitisierung und Turmalinisierung.

Eine tiefgreifende Verwitterung, vermutlich der vorvulkanischen (präpleistozänen) Morphologie entsprechend, verursachte Oxydation und teilweises Auslösen der Wolframminerale unter Anreicherung von Eisenhydroxyden im Erz; sie manifestiert sich auch im Zustand der Nebengesteine und der Auslösung von Pyrit aus denselben. Die Erze sind pneumatolytisch-hydrothermal, epigenetischer Entstehung.

ABSTRACT

Bugarama in northern Rwanda is one of several tungsten deposits which occur along a broad anticlinorium of the Série Inférieure, Burundian, Precambrian.

The mine lies on the overturned eastern limb of a short anticline with dark schists (CF) in the core, overlain by a thick bed of psammites (QK) which are possibly equivalent to the quartzite of Nduba, and well bedded sandstones with rhythmic intercalations of schists (CB).

The differing competence of these three units caused a pronounced disharmonic folding: Concentric and oblique shear folds, and in part fracture cleavage are characteristic for the CF; whereas QK reacts to the tectonic stress primarily by rupture. CB show concentric folds, little faulting, and to some extent parallel concentric shear planes in the flanks of the folds. A major longitudinal crest fault accentuates the upwards thrust of the core of the anticline.

The bottom of this and the neighbouring folds is probably at a depth of only 500 meters below the present surface; further down wide arched structures are thought to exist, which may copy the shape of the roof of the granite assumed below.

Mineralization is bound to quartz veins, which are principally located in joints either parallel to or cutting the bedding planes at an angle. The average thickness of the veins is some decimeters.

The emplacement of the quartz veins was contemporaneous with folding and the ensuing phase of folding with faulting; the latter lasted somewhat longer than ore deposition, so that some veins have been fractured or faulted.

The veins contain besides quartz lamellar (primary) ferberite, reinit (ferberite pseudomorph to scheelite), scheelite, tungstite and anthoinite; further muscovite, kaolinite and tourmaline, as well as rare cassiterite and Fe-sulfides.

The desposition of primary ferberite, scheelite, quartz, muscovite, tourmaline, and probably feldspar is considered as a first high temperature pneumatolytic phase of mineralization, which is followed by the cooler hydrothermal phase causing the replacement of scheelite by ferberite, and probably kaolinization of the feldspars.

Pneumatolytic-hydrothermal wallrock alteration includes silicification, sericitization, and tourmalinization.

Profound weathering, probably in relation to the prevolcanic (prepleistocene) morphology of the area caused oxydation and dissolution of a part of the tungsten minerals, and some enrichment of iron-hydroxides in the ore. Deep reaching superficial alteration of the country rocks is pronounced, including the almost complete leaching of pyrite.

The origin of the tungsten mineralization is pneumatolytic-hydrothermal and epigenetic.

*) Gekürzte Fassung eines unveröffentlichten Berichtes an den Service Géologique du Rwanda

**) Anschrift des Verfassers: Dr. WALTER POHL, Institut für Geologie und Lagerstättenlehre, Montanistische Hochschule, A-8700 Leoben

1. EINLEITUNG

Der Verfasser hatte von 1972 bis 1974 die Gelegenheit, im Rahmen der Österreichischen Technischen Hilfe in Rwanda zu arbeiten. Unter der Führung der Geologischen Bundesanstalt Wien war am Service Géologique du Rwanda eine Abteilung für Montangeologie einzurichten, und in Zusammenarbeit mit dem Projet de Recherches Minières der UNO sollten konkrete Arbeiten in Bergbau und Prospektion durchgeführt werden. Die vorliegende montangeologische Untersuchung Bugaramas war die erste in der Reihe solcher Arbeiten.

Für die fachliche und organisatorische Unterstützung seiner Tätigkeit in Rwanda dankt der Verfasser den Herren Direktor Dr. A. W. RUTNER und Vizedirektor Dr. T. E. GATTINGER.

Die Wolframlagerstätte Bugarama liegt im Nordwesten Rwandas, zwischen dem Nordufer des Lac Bulera und der Staatsgrenze gegen Uganda. Die Bergbaukonzession umfaßt im wesentlichen die Einzellagerstätten Bugarama s. s., Murundi und Fumbwe, dazu östlich anschließend Kagogo und Entebbe sowie einige andere, geringerer Bedeutung. Alle diese Minen liegen innerhalb einer Fläche von rund 3 km².

Seit der Auffindung der Lagerstättengruppe im Jahre 1950 wurden aus den Bergbauen der Konzession rund 2000 Tonnen Wolframkonzentrat gewonnen. Davon kam der größte Teil, wohl mehr als drei Viertel dieser Menge, aus dem Tag- und Grubenbau der Mine Bugarama selbst. Zurzeit ist die Produktion nicht bedeutend, da die relativ niedrigen Erlöse nicht die Entwicklung der für eine planmäßige Exploitation notwendigen Vorräte gestatten.

Trotz ihrer wirtschaftlichen Bedeutung für Rwanda hat die Mine bis heute keine gründliche geologische Bearbeitung erfahren; so ergriff der Verfasser gerne die sich ihm bietende Möglichkeit einer montangeologischen Untersuchung des Bergbaues und seiner Umgebung, die mit Unterbrechungen von November 1972 bis Februar 1973 dauerte.

Um die notwendige Übersicht zu gewinnen, wurde ein Gebiet von rund 150 km² um den Bulera-See schwerpunktmäßig und in Profilen rekognosziert, wobei die Schließung der ugandischen Grenze eine Ausdehnung der Vergleichsbegehungen in die nordwestliche Fortsetzung des Lagerstättenzuges verhinderte.

Weiters wurde die unmittelbare Umgebung Bugaramas im Maßstab 1:10 000 geologisch kartiert, der Bergbau selbst 1:2 000. Dazu kommen Detailaufnahmen aller zugänglichen Untertagsaufschlüsse.

Die resultierende Kenntnis der Lagerstättengesetzlichkeiten ermöglichte die Planung von Diamantkernbohrungen zur Klärung der Fortsetzung und Natur der Vererzung in der Tiefe, von denen die Bohrung „Bugarama 1“ vom Projet de Recherches Minières de l'ONU im ersten Halbjahr 1973 durchgeführt wurde. Ebenfalls in Zusammenarbeit mit dieser Institution wurden zwei geochemische Profile durch wichtige Bereiche der Lagerstätten gelegt, womit nun Daten über die Verteilung des Wolframs in Gesteinen des vererzten Bereiches vorliegen.

2. GEOLOGISCHER RAHMEN

2.1. Morphologie

Der Lagerstättenzug Bugarama—Murundi—Fumbwe folgt der gleichnamigen nordwestlich streichenden Hügelkette bis rund 2100 m Seehöhe und einer Längserstreckung

von über 2000 m. Die Hügel versinken gegen Nordwesten halbinselartig unter die Lavaströme des Vulkans Muhabura (4127 m), im Süden werden sie durch die Depression des Bulera-Sees abgeschnitten. Westlich an Fumbwe schließt der Hügel Rusagara (2110 m) an, der fast zur Gänze von Lavafeldern umgeben ist. Nördlich von Fumbwe erheben sich noch vier kleine Hügel inselartig wenige Zehnermeter aus den Laven, aus welchen alte Gesteine erst jenseits der Staatsgrenze wieder auftauchen.

Östlich von Bugarama liegen die Hügel Entebbe und Kagogo, deren Fortsetzung nach Nordwesten ebenfalls lang auslaufend in die Laven abtaucht und gegen Südosten die Halbinseln Rwamakara und Musangabo im Lac Bulera (1864 m) bildet. Gegen Osten folgt an eine schwache Längsfurche anschließend die Hügelkette Yangarama — Muruwumbu — Sozi — Busamba. Weiter östlich folgt die Depression von Sozi, offensichtlich ein ehemals tieferes Tal, nun von Laven und jüngsten Sedimenten aufgefüllt, dann die über 2000 m ansteigende Hügelgruppe Butare — Bugamba.

Die Morphologie des Bodens des Lac Bulera wurde von DAMAS (1954) auf Grund zahlreicher Lotungen dargestellt; der See erreicht seine größte Tiefe von 173 m zwischen den Inseln Munanira und Bushongo, bis wohin also die Laven vorgedrungen sind. Die Entwässerung in vorvulkanischer Zeit erfolgte sicherlich nach Nordwesten, und der damalige Abfluß des Seebeckens muß seinen Weg westlich von Rusagara genommen haben. Heute entwässert der Lac Bulera über die Fälle der Ntaruka in den Lac Luhondo (1760 m), aus dem der Fluß Mukungwa nach Südwesten abfließt.

Wohl der vorvulkanischen Morphologie und Entwässerung zuordenbar ist eine tiefe Verwitterung, welche sich sowohl im Erscheinungsbild der Gesteine wie auch in der Mineralogie der Lagerstätten ausdrückt.

Eine grundlegende Veränderung der vorvulkanischen Oberflächenformen ist abgesehen von der Füllung tieferer Täler durch Laven nicht auffällig, und auch die Umkehrung des hydrologischen Regimes hat sich nur in Details verschiedener Landformen ausgewirkt. Das Absinken des Grundgebirges nach Nordwesten folgt auch ohne Zweifel der alten Morphologie, und echte Randbrüche gegen das Vulkanmassiv sind nicht nachweisbar, wenn auch zum Teil wahrscheinlich.

2.2. Stratigraphie und Gesteine

Holozän

Kleine Flächen einzelner Talböden und die Mündungen einiger Gerinne in den See weisen jüngste alluviale Sedimente auf; es sind meist schlechtersortierter Schutt und tonige Sande mit reichlich organischem Detritus.

Pleistozän

Sämtliche Laven des Bereiches sind nach ANTUN (1971, Champ Volcanique des Birunga — Karte 1:150 000) Abkömmlinge des Vulkans Muhabura, ihr Alter wird in der gleichen Karte mit Pleistozän angegeben. Gleicher Abkunft sind vulkanische Lockersedimente (Bomben, Lapilli, Sande und Aschen) auf Rusagara, dessen gegen den Vulkan gekehrte Seite stellenweise eine mehrere Meter mächtige grobblockige Überdeckung aufweist, die im Lee in dicke Aschenlagen übergeht. Eine kleine Ver-ebnungsfläche auf Busamba ist in ähnlicher Weise mit Blöcken bis 40 cm Durchmesser bestreut. Auf den anderen Hügeln des Bereiches findet man nur vereinzelt solche Bomben und Lapilli.

Präkambrium

Die Lagerstättengruppe Bugarama liegt in anchimetamorphen Sedimenten, die nach der „Carte Géologique du Rwanda 1:100 000, Feuille Ruhengeri Nord“ von P. ANTUN, J. GERARDS und V. PETRICEC (1971) der Série Inférieure des Burundien (Präkambrium) angehören. Nach der in dieser Karte getroffenen Unterscheidung treten im Bereich des Lac Bulera die folgenden Schichtglieder auf (von oben nach unten):

	Mächtigkeit
Série de Byumba	2500 m
hier nicht weiter unterteilt	
Série Inférieure	
Assise pelitique (Si)	850 m
Quarzite de la Mulindi (QM)	50—100 m
Assise pelitique (Si)	800 m
Quarzite de Nduba (QNd)	50 m
Assises pelitiques et arénacées non distinguées (SQ)....	3600 m

Die angegebenen Mächtigkeiten sind der Arbeit von GERARDS und LEPERSONNE (1964:25) entnommen.

Eine ähnliche Unterteilung bestätigte sich auch im Laufe dieser Arbeit, doch wurden die stratigraphischen Bezeichnungen der vorzitierten Karte 1:100 000 nicht übernommen, da infolge der isolierten Lage des Gebietes die Zusammenhänge mit den gesicherten Profilen im Raum nördlich von Kigali nicht verlässlich genug erscheinen.

So werden in dieser Arbeit folgende sedimentäre Einheiten unterschieden (von oben nach unten):

	Mächtigkeit
Couches de Kiringo (CK) = Si	400 m
Couches de Bugarama (CB) = Si	370 m
Quarzite de Kabindi (QK) = QNd.....	50 m
Couches de Fumbwe (CF) = SQ	+150 m

In der zweiten Spalte wird die vermutete Parallelisierung mit der oben angeführten Stratigraphie der Série Inférieure angegeben, in der dritten die aus eigenen Profilen für CF bis CB bzw. aus einem Profil von WALEFFE (1957) für CK entnommenen Mächtigkeiten.

Nun zur Petrologie der vorgenannten Schichten:

Couches de Kiringo (CK)

Sie enthalten vorwiegend einförmige Gesteine pelitischer Natur, wie graue, oft dickplattige Tonschiefer, z. T. mit serizitischen Schichtflächen, seltener schwarze graphitische Schiefer, und auch rötliche Bänke; alle diese Gesteine sind mehr oder weniger sandig und gehen manchmal in tonige Sandsteine über, welche linsenförmig in die Schiefer eingelagert sind. Durch Verwitterung entstehen aus diesen Schichten gebleichte, feinglimmerige Feinsande und sandige Tone, welche lokal zu Töpfereizwecken u. ä. verwendet werden.

Gute Aufschlüsse dieser Einheit findet man entlang der Seestraße östlich von Bugarama im Bereich der Halbinsel Busamba und bei Sozi. Hier dürfte aber nur ein Teil der Gesamtmächtigkeit, nämlich die untersten 100 bis 150 m, aufgeschlossen sein. Ein vermutlich vollständiges Profil über 400 m Mächtigkeit ermöglichen die Aufschlüsse des E-Werkes von Ntaruka, die WALEFFE (1956, 1957) eingehend beschrieben hat.

Couches de Bugarama (CB)

Diese sind charakterisiert durch ein Überwiegen gutgeschichteter psammitischer Sedimente, mit rhythmischen Einschaltungen von pelitischen Lagen. Die besten Aufschlüsse der tieferen Anteile der Einheit befinden sich im Tagbau von Bugarama — Kabindi, wo weiche, fein- bis mittelkörnige leicht tonige Sandsteine, quarzitisches Sandsteine und Quarzite grauer Farbe in Bänken von 10 bis 400 cm Mächtigkeit mit grauen bis schwarzen, oft graphitischen Tonschiefern von 1 bis 100 cm Dicke wechsel-lagern. Sedimentäre Strukturen sind häufig, wenn auch z. T. tektonisch überprägt. Dazu gehören die linsenförmige Ablagerung vieler Sandsteine, angedeutete Kreuz-schichtung und fragliche Strömungstümpel und eine häufig auftretende gradierte Schichtung in Sandbänken bestimmter Horizonte, von Kies bis Feinsand reichend.

Solche sedimentäre Strukturen dürften bisher in der Série Inférieure in Rwanda nicht beobachtet worden sein, wurden aber vor kurzem von TANNER (1972:30) aus Schichten ähnlicher stratigraphischer Position im benachbarten Uganda beschrieben. Sie dürften dem sedimentären Milieu von Trübeströmen entsprechen. Nicht selten sind lagenweise Lösungshohlräume nach Pyritwürfeln bis zu 40 mm Kantenlänge.

Höhere Anteile dieser Schichten sind entlang der Seestraße bei Bugarama und in den kleinen Tagebauen auf Entebbe und Kagogo aufgeschlossen. Der typisch rhythmische Charakter der Sedimente ist gleich dem in Bugarama.

Quarzite de Kabindi (QK)

Das ist eine ausschließlich psammitische Schicht von 30 bis 50 m Mächtigkeit, mit gelegentlicher Einschaltung von Kieslagen mit maximal 2 mm Korndurchmesser. Gute Aufschlüsse über die volle Mächtigkeit findet man sowohl im Tagbau Bugarama — Kabindi wie auch in den Querschlägen der Galerie I und Galerie Murundi Inférieur.

Es sind im Ausbiß vor allem massige, seltener gebankte Sandsteine von grauer bis gelblicher Farbe, und graue massige Quarzite, in denen trotz der weitgehenden Rekristallisation oft noch Reste feiner Kreuzschichtung erkennbar sind. Der Anteil echter Quarzite am Gesamtvolumen dürfte unter 50% liegen, ist aber offensichtlich abhängig vom Ausmaß der Verwitterung, die alle Übergänge vom frischen, harten Gestein bis zu weißen, gebleichten Sanden erzeugte.

Couches de Fumbwe (CF)

Diese sind am besten in den Tagebauen von Murundi und Fumbwe zu studieren. Es handelt sich um vorwiegend dunkle, pelitische Sedimente mit häufigen unreinen, sandig-quarzitischen Lagen. Man findet schwarze graphitische (stark abfärbende) und graue serizitische Schiefer, oft sandig, mit klastischen Muskovititen auf den Schicht-flächen, und graue, grobe, immer tonige Sandsteine und Quarzite. Lagenweise sind Lösungshohlräume nach Pyrit äußerst häufig, mit Kantenlängen bis 30 mm; sehr selten enthalten sie limonitische Reste. Manchmal sind diese Vakuolen durch die tek-

tonische Beanspruchung des Gesteines gestreckt oder verzerrt, subsequeute Füllung durch Fremdminerale konnte nicht beobachtet werden.

Die aufgeschlossene Mächtigkeit der CF liegt um 150 m, ist aber durch die starke Internfaltung und Zerschierung nicht exakt bestimmbar; sie sind das tiefste Schichtglied der Abfolge und sicherlich den Schieferen der Lagerstätte Kifurwe südlich des Lac Bulera gleichzustellen.

Sämtliche Gesteine der Region haben eine schwache Metamorphose erlitten, die sich vor allem durch Sammelkristallisation in den Psammiten und durch Serizitbildung in manchen Peliten äußert. Schon die Bezeichnungen der Gesteine zeigen aber, daß die Epizone kaum erreicht wurde — man spricht wohl am besten von einer Anchi-metamorphose.

Mit der regionalen Erscheinung nicht zu verwechseln ist manche lokale Ausbildung der Gesteine, durch stärkere Durchbewegung und Zufuhr fremden Materials verursacht. Diese Phänomene hängen offensichtlich mit der Vererzung zusammen, und sollen weiter unten besprochen werden.

2.3. Tektonik

Die vorzitierte geologische Karte 1:100000 zeigt für den untersuchten Bereich nördlich des Bulera-Sees einen engen Faltenwurf der Série Inférieure mit einem Achsenstreichen von NW/SE und einer Amplitude von rund 800 m. Von Rusagara nach Sozi werden drei Antiklinalen (SQ im Kern) und zwei Synklinalen (Si im Kern) gezeichnet.

Die Kartierungsergebnisse des Verfassers ergeben ein davon abweichendes Bild des geologischen Baues (siehe Abb. 1 und 2): Die Hügel Rusagara, Fumbwe und Murundi gehören einer Brachyantiklinale von rund 2 mal 1 km Größe an, deren Kern aus Couches de Fumbwe besteht. Darüber liegt auf Rusagara in welliger, subhorizontaler Lagerung der Quarzit von Kabindi, welcher an der Südseite des Hügels steil nach Südwesten und Süden abtaucht. In Fumbwe ist der Ostteil der Antiklinale durch eine Längsstörung gegen Rusagara herausgehoben und die Ostflanke der Antiklinale von hier bis Bugarama überkippt und weiter durch Störungen kompliziert, welche vor allem an der Basis des QK auftreten. Über letzterem liegen die Couches de Bugarama und Kiringo als Schichtpaket generell flach nach Osten abfallend, doch sind sie intern in lokal überkippte und gestörte, gegen Osten weiter werdende Falten gelegt.

Die Richtung und der Typus der Faltung kommen auch recht gut im Gefügediagramm (Abb. 3) zum Ausdruck; die ss-Flächen sind offensichtlich unsymmetrisch verteilt, was auf die Ostvergenz der Faltung zurückgeht. Die B-Achsen fallen gewöhnlich flach nach 330° bzw. 150° , können aber lokal von da bis Nord/Süd pendeln; diese Variation ist nach Ansicht des Autors nicht signifikant.

Es treten alle Phänomene disharmonischer Faltung bzw. Verformung auf: In den CF findet man eine kräftige Internfaltung unter dem mächtigen kompetenten Quarzit, die je nach der Natur der erfaßten Gesteine Scher- bis Biegefalten sein können. Der QK ist im wesentlichen bruchhaft deformiert, während die hangenden CB und CK eine ausgeprägte Biegefaltung aufweisen, mit relativen Gleitungen zwischen den einzelnen durch Schieferlagen getrennten kompetenten Bänken.

Mit diesen Ergebnissen ist folgerichtig die Frage nach der Einordnung des kleinen kartierten Bereiches in die regionale Geologie gegeben:

LEGENDE

-  Lavafelder
-  CK - Schiefer von Kiringo
-  CB - Sandsteine von Bugarama
-  QK - Quarzit von Kabindi
-  CF - Schiefer von Fumbwe
-  Störung
-  Wolframminen, -vorkommen

- | | | | |
|---|----------|----|-----------|
| R | Rusagara | K | Kagogo |
| F | Fumbwe | M | Musangabo |
| B | Bugarama | S | Sozi |
| E | Entebbe | Bu | Busamba |

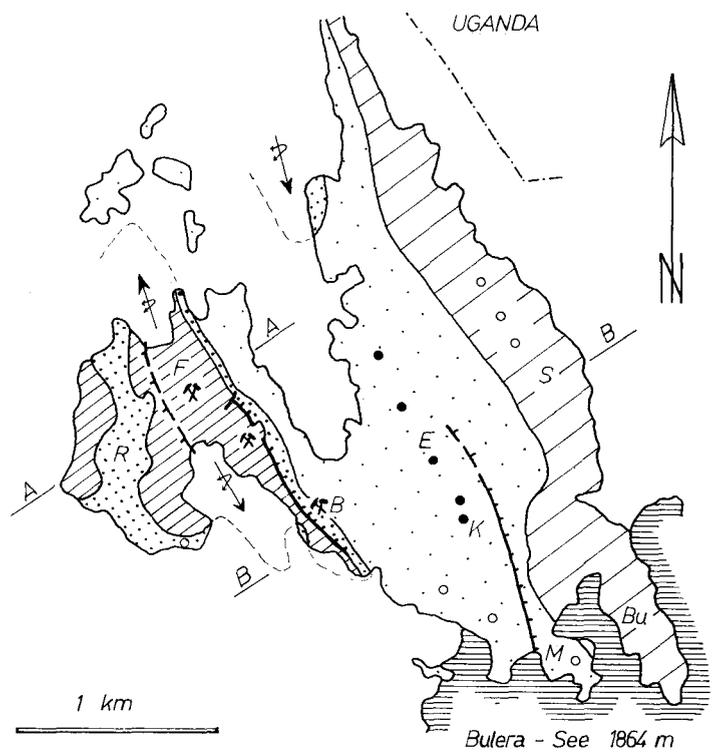


Abb. 1 — Geologische Skizze von Bugarama-Umgebung (nach der geologischen Karte 1:10 000 von W. POHL 1973)

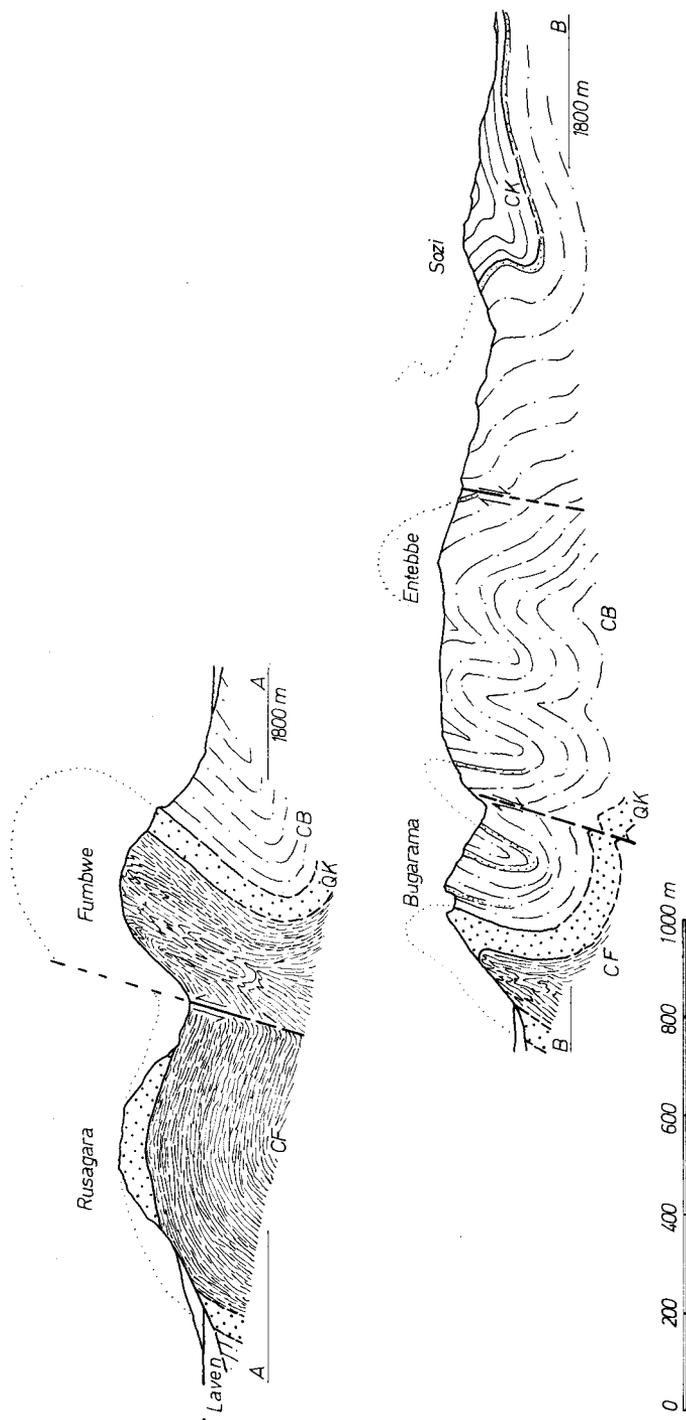


Abb. 2 — Geologische Profile zur Abbildung 1

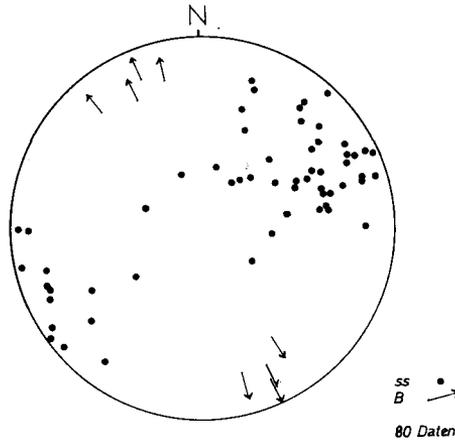


Abb. 3 — Lagenkugeldarstellung von ss-Flächenpolen und Faltenachsen in Bugarama-Umgebung (zur Abb. 1)

Der Bulera-See befindet sich in der Achsendepressionszone eines Antiklinoriums, das stratigraphisch im wesentlichen die Série Inférieure umfaßt; es ist gegen Osten und Westen durch jüngere Schichten des Synklinoriums von Byumba bzw. des Synklinoriums von Ndiza im Luhondo-See begrenzt. Gegen Süden geht es in das breite Antiklinorium von Bumbogo über. Die wichtigsten axialen Aufbrüche sind die Antiklinalen von Kifurwe südlich des Bulera-Sees, von Rusagara-Fumbwe bei Bugarama und von Mutanda im nördlich benachbarten Uganda, die alle drei bedeutende Verzerrungen aufweisen.

Jenseits der Staatsgrenze bzw. der von Lagen gefüllten Depression kann dieser Bauplan analog weiterverfolgt werden; das Antiklinorium von Bumbogo-Bulera setzt sich in der breiten Doppelaufwölbung von CF unter QK um den Mutanda-See fort, intensiv gefaltete CB schließen gegen Westen und Osten an. Dem Synklinorium von Byumba entspricht das von Mulindi; nach Osten folgt das Antiklinorium von Bunyoni mit dem Granit von Rubanda, letzterer in rund 25 km Entfernung von Bugarama.

2.4. Mineralisation

Folgende Erzvorkommen und -lagerstätten liegen, nach dem Alter der sie enthaltenden Gesteine geordnet, im betrachteten Bereich:

In den Couches de Fumbwe —	Kifurwe (W)
	Murundi-Fumbwe (W) in Rwanda
	Mutolere (W)
	Mugumbero (W)
	Ruhangiro (Sn)
	Karamba (Sn) in Uganda *)
Im Quarzit von Kabindi —	Bugarama (W) in Rwanda
	Murambi (Sn)
	Ruhangiro (Sn)
	Kihimbi (Ta, Be) in Uganda

*) für die ugandischen Lagerstätten benützte und interpretierte der Verfasser die vom Geological Survey, Kampala, publizierten geologischen Karten 1:100000, Blatt Kabale 1961 und 1965.

In den Couches de Bugarama — Insel Kidwa (W)
 Menengini Mine (W)
 Bugarama s. s. (W)
 Kagogo-Entebbe (W) in Rwanda
 Kirwa (W)
 Nyahanga (W)
 Bahati (W)
 Butongo (Sn) in Uganda

Stratigraphisch höhere Einheiten enthalten in beiden Ländern seltene und unbedeutende Goldvorkommen, die ausschließlich in alluvionären Anreicherungen abgebaut wurden.

Die obige Aufstellung zeigt die Unabhängigkeit der Mineralisation von einem stratigraphischen Horizont und die räumliche Vergesellschaftung der W-Lagerstätten mit pegmatitischen (Nb/Ta, Be) und pneumatolytischen Lagerstätten (Sn). Deutlich wird vielmehr die „structural control“, im Großen durch die Aufwölbung der Sedimente in den Antiklinorien verursacht, im einzelnen durch lokale Eigentümlichkeiten des geologischen Baues.

3. GEOLOGIE DER LAGERSTÄTTEN

3.1. Geologischer Bau

Grundzüge

Die Lagerstättengruppe Bugarama — Murundi — Fumbwe liegt an der Ostflanke der Brachyantiklinale von Rusagara-Fumbwe. Der Hügel Fumbwe bildet den topographisch und geologisch höchsten Teil der Struktur, zum Großteil aus den Kerngesteinen aufgebaut (CF), welche über Murundi und die Westseite des Hügels Bugarama nach SE unter den QK abtauchen, womit sich die Antiklinale schließt.

Die Ostflanke dieser Antiklinale ist überkippt und durch Längs- bzw. Querstörungen weiter kompliziert; es sind alle drei stratigraphischen Einheiten einbezogen.

Die CF sind intern stark gefaltet, wobei allgemein Biegefaltung und Zerschering vorherrschen; durch den großen Anteil dieser Einheit an Peliten ergeben sich im Aufschluß- bis in den Handstückbereich die typischen Verformungsbilder von Schiefen zwischen kompetenten Bänken; Transversalschieferung, Kleinfälderung bis zu fließfaltenartigen Strukturen, bis zu Zerbrechung und Breccienbildung. Die wichtige Störungszone an der Basis des QK, die von Fumbwe bis Bugarama durchkartierbar ist, dürfte in den CF vor allem durch Bewegungen entlang von Schichtflächen verwirklicht worden sein. Aus diesem Grunde ist sie hier oft nicht genau lokalisierbar.

Der QK ist im großen weitspannig gefaltet, im Detail jedoch durch Zerschering und Zerbrechung deformiert. Der enge, aus den Kartierungsergebnissen postulierte, überkippte und zum Teil liegende Faltenscheitel östlich der Hauptlängsstörung zeigt das sehr schön in den Aufschlüssen von Murundi I. Dort wird der Quarzit durch intensive Zerschering und Serizitisierung fast gneisig, mit schiefriger bis stengeliger Struktur. Anderswo, etwa im Bereich des „Bureau Vert“, ist er nicht weniger gestört, doch hier entlang steilstehender Rupturen der Hauptlängsstörung, die eher zerbrechend gewirkt haben.

Die CB sind durch Biegefaltung charakterisiert; Längs- und Querstörungen spielen eine untergeordnete Rolle. Durch den rhythmischen Wechsel kompetenter und inkompetenter Bänke ergeben sich Teilbewegungen zwischen diesen und auch nicht selten schwächere Internfaltung oder Transversalschieferung in Schieferlagen.

Die Kartierung ergibt grundsätzlich Erscheinungen einer Einengungstektonik, die mit einer Faltung begann (Phase I), im gleichen Beanspruchungsplan einen Höhepunkt von Faltung mit zunehmend bruchhafter Verformung erreichte (Phase II), die mit geringen Nachbewegungen die Faltung überdauerte (Phase III). Es wurden keine Anzeichen einer späteren bzw. im Bauplan verschiedenen Tektonik gefunden, alle Züge des geologischen Baues sind einem einzigen tektonischen Zyklus zuordenbar; dieser ist zweifellos die burundische Orogenese, welche nach GERARDS und LEPPERSONNE (1964:16) um ungefähr 1200 m. a. anzusetzen ist.

Beschreibung (siehe Abb. 4)

Der Hügel Fumbwe besteht vorwiegend aus CF, welche an seiner Ostseite infolge der Überkipfung von westfallendem QK und CB unterlagert werden. Aufschlüsse existieren nur in den drei Tagebauen Fumbwe Nord, Süd und Südost. Diese dürften im wesentlichen Antiklinalachsen des internen Faltenbaues entsprechen, doch ist das infolge der Einförmigkeit der Gesteine und der lückenhaften Aufschlüsse kartierungsmäßig kaum exakt nachweisbar.

Die Darstellung der in Fumbwe Nord gemessenen ss-Flächen und B-Achsen im Lagenkugeldiagramm unterstützt jedoch diese Annahme; deutlich ist ein ziemlich steiles Achsenabtauchen nach WNW, was dem Absinken des Aufbruches in die gleiche Richtung entspricht; ein Gürtel von ss-Polen veranschaulicht sowohl den Antiklinalschluß mit umlaufendem Streichen wie auch durch die unsymmetrische Besetzung die Ostvergenz der Faltung.

Das Lagenkugeldiagramm der Gefügeelemente in Fumbwe Süd zeigt etwa gleiche Besetzung von ss-Polen in E und W und vorwiegend SSE abtauchende Achsen. Das bestätigt die als „diapirartig“ beschreibbare Heraushebung Fumbwe's gegenüber seiner Umgebung; diese eigenartige Erscheinung muß wohl im Sinne der von DE SITTER (1959:196) beschriebenen Entwicklung einer konzentrischen Falte durch Verdickung und Aufbrechen eines inkompetenten Schichtpaketes unter einer kompetenten Lage verstanden werden. In Fumbwe und Murundi sind es die Schiefer der CF, die die mächtige starre Lage des QK mit den hangenden Schichten durchbrochen bzw. durch seitliches Überquellen überkippt haben. Zeichnet man geologische Profile dieser Falte (siehe Abb. 2), so ergibt sich, daß ihre Basis wohl nur um 500 m unter dem heutigen Niveau liegen dürfte. Darunter sind flachwellige Strukturen wahrscheinlich, die möglicherweise dem Dach des in der Tiefe vermuteten Granites entsprechen.

Murundi — der Sattel zwischen Fumbwe und Murundi entspricht einer Zone von Querstörungen, die Fumbwe gegenüber Murundi herausgehoben haben. Den Hügel Murundi selbst ist von flach liegendem QK und CF bedeckt, was dem gewöhnlich fehlenden, erodierten Hangendschenkel der Antiklinale entspricht. Zwischen ihm und dem QK des Liegendschenkels sind die CF in liegende bis selbst abtauchende enge Falten gelegt. Hier tritt auch die den Mittelteil der Antiklinale gegen Osten heraushebende Längsstörungzone in Erscheinung, wobei ihre Einzelstörung hauptsächlich entlang der steil westfallenden Schichtflächen verwirklicht werden.

Das im Tagbau Murundi Supérieur aufgenommene Gefügediagramm zeigt nach Süden und Norden abtauchende Achsen, und durch ungleichmäßige Besetzung der ss-Pole die Ostvergenz der Verformung.

LEGENDE

-  Lavafelder
-  CB-Sandsteine von Bugarama
-  GK-Quarzit von Kabindi
-  CF-Schiefer von Fumbwe
-  Erzzone Typ Bugarama
-  Erzzone Typ Fumbwe
-  Störungszone, Störung
-  Schichtflächen
-  Stollen

- MS Murundi Supérieur
- MI Murundi Inférieur
- K Kabindi
- B Bugarama s.s.
- BV Bureau vert
- BS Bugarama Süd
- G Gitare
- N Nyamuha
- SB1♦ Kernbohrung Bugarama 1

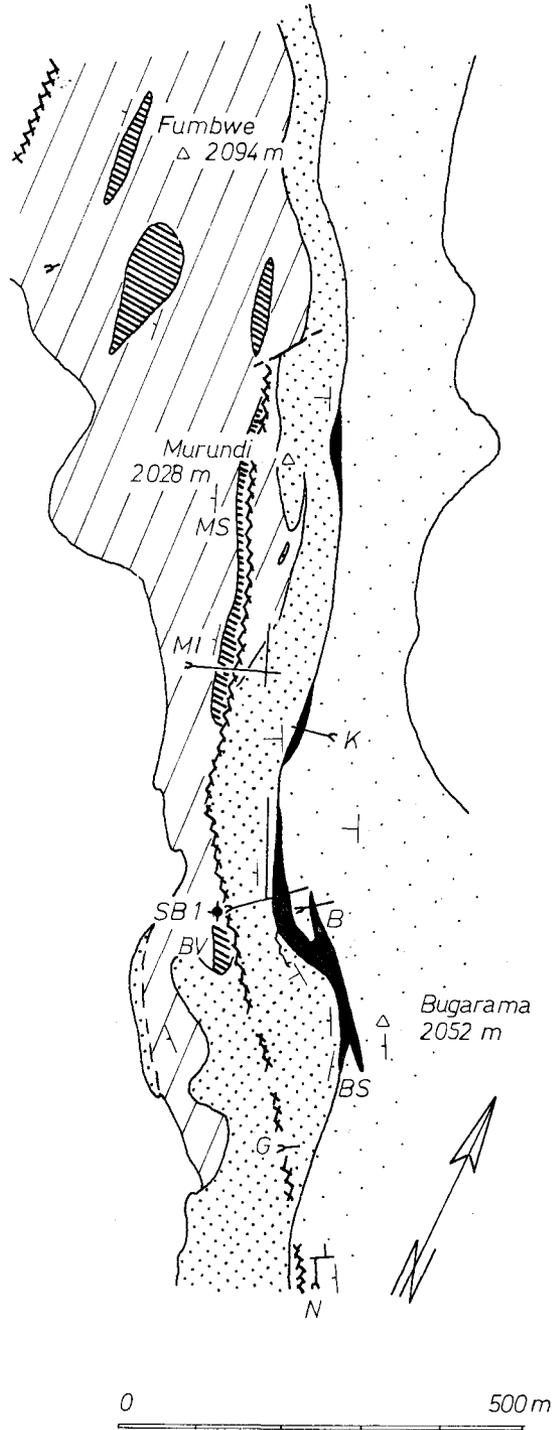


Abb. 4 — Geologische Skizze des Bergbaues Bugarama (nach der geologischen Karte 1:2 000 von W. POHL 1973)

Murundi Inférieur — in diesem Abschnitt bildet der QK eine liegende Falte fast ohne Kern, die im Westen durch die Hauptlängsstörungszone abgeschnitten ist, welche im Niveau der Galerie an der stratigraphischen Basis des QK wirksam war. Darüber befindet sich ein kleiner Tagebau in stark zerbrochenem und silifiziertem Quarzit; isolierte Schollen von stark serizitisierten und turmalinisierten Schiefen markieren dort vermutlich den ausgepreßten Kern der Falte.

In auffälligem Kontrast zum höheren Teil des Hügels fallen in der Galerie Murundi Inférieur alle drei stratigraphischen Einheiten steil nach Südwesten ein, was auch in den Gefügediagrammen zum Ausdruck kommt.

Tagebau Bureau Vert — hier kann man sehr gut die Ausbildung der Längsstörungszone studieren; die Schiefer der CF sind entlang mehrerer steiler Störungen von unten keilförmig in scheinbar flach westfallenden Quarzit (QK) eingepreßt, was hier dem südöstlich absinkenden Dach der Antiklinale entspricht.

Das Gefügediagramm bestätigt diese Deutung mit Südsüdost abtauchenden Achsen und einem wieder unsymmetrisch besetzten Gürtel von ss-Polen.

Bugarama/Kabindi — das geologische Profil durch die Galerien I und 7 zeigt steiles Westfallen aller drei Einheiten, und in der Rekonstruktion der höheren Teile der Falte die gegen Südosten abnehmende Überkipfung der Antiklinalostflanke, was dem Abtauchen der Aufwölbung in die gleiche Richtung entspricht. Im Tagebau Bugarama s. s. ist vor allem auffallend das scharfe Versetzen der Hangendfläche des QK nach Osten. Sonst ist ruhige, steil westfallende Lagerung die Regel.

Die in den CB aufgenommenen Gefügediagramme lassen recht gut die von Norden nach Süden steiler werdende Lagerung bei vorwiegend flachen Achsen erkennen.

Bugarama Süd — hier sind QK und CB infolge der Nähe der Faltenstirn intensiv zerbrochen, gefaltet und silifiziert, ihr Streichen schwenkt in fast südliche Richtung. In den Galerien Gitare und Nyumaha ist aber normales Streichen mit steilem Westfallen ausgebildet, da sie in einem tieferen Niveau aufgefahren sind. In beiden sind Auswirkungen der Längsstörungszone vorhanden; in Gitare häufige Störungen mit in den QK eingepreßten Schiefen ähnlich wie im Tagebau Bureau Vert, in Nyumaha ungewöhnlich starke Zerschierung und Faltung der CB im Portalbereich und entlang der Auffahrung 1, wogegen der Nordostquerschlag und die Auffahrung 2 in unge störten Schichten verlaufen.

3.2. Mineralisation

Alle drei stratigraphischen Einheiten der Lagerstätte können vererzt sein, wenn auch in unterschiedlichem Grade. Sämtliche Vererzung ist an Quarzgänge oder Silifizierungszonen gebunden, im Nebengestein wurde kein Erz beobachtet.

Die Quarzgänge

Diese treten grundsätzlich in durch den tektonischen Bauplan vorgegebenen Trennflächen auf, welche infolge der vorgegebenen Anisotropie der Schichten häufig den Schichtflächen entsprechen, aber auch diskordant zu diesen verlaufen.

Durch Reihenmessungen der Raumlage von Schichtflächen (ss), Quarzgängen (q) und Achsen (B) in den einzelnen Abbaubereichen und Eintragung dieser Daten in Lagenkugeldiagrammen wurde versucht, die Gesetzmäßigkeit des Auftretens der

Gänge aufzuzeigen:

Es ergibt sich, daß in den CF konkordante und diskordante Gänge in etwa gleicher Häufigkeit auftreten; in den Diagrammen kommt diese Tatsache allerdings kaum zum Ausdruck, da in dieser Einheit die Homogenbereiche sehr klein sind und die Messungen offensichtlich mehrere solche Bereiche erfaßten. In der Natur ist dem steil einfallenden ss häufig eine Transversal- bzw. Makroschieferung aufgeprägt, deren Flächen dann Quarz in hol-Lage lokalisieren. Ersichtlich ist aber, daß die Gänge fast ausschließlich parallel zur jeweiligen Streichrichtung der Gesteine liegen und andere Richtungen nur ausnahmsweise vertreten sind; letztere sind dann gewöhnlich in hko, bis okl-Lage eingedrungen.

Der Quarzit von Kabindi zeigt eine reiche Ausbildung verschiedener Rupturen; man findet Quarzgänge in ss, hko, okl und bc. Im Gegensatz zu CF und CB sind im Quarzit wolkige Silizifizierungszonen häufig, die offensichtlich tektonisch besonders beanspruchte Partien erfaßten. Oft ist der Übergang von unverändertem Quarzit über eine Zone mit deutlicher Kornvergrößerung (Sammelkristallisation) bis zu muschelig brechenden, glasigen Quarzmassen (mit oder ohne Turmalin, Muskovit, Erz) zu beobachten, immer auch von intensiver Durchhäderung mit „normalem“, milchigem Quarz begleitet.

Die Quarzgänge in den CB liegen gleich oft konkordant und diskordant zu den Schichtflächen der Nebengesteine. Auch hier sind die Homogenitätsbereiche klein, verursacht durch den rhythmischen Wechsel von Psammiten und Peliten. Da letztere jedoch kaum über 100 cm Mächtigkeit erreichen und höchstens 20% der Gesteinsmasse ausmachen, ist ihr Einfluß erst im Detail feststellbar. Im allgemeinen ist die Lokalisation der Gänge aus den Diagrammen gut erkennbar, sie liegen einerseits im ss, sonst in hko, okl und bc. Festzuhalten ist, daß selbst in diesem höchsten Niveau der Lagerstätte ac zu fehlen scheint; nur in Bugarama Süd wurde ein Gang in solcher Lage gemessen, was wohl mit der Nähe der Faltenstirn zusammenhängt.

Die Quarzgänge können eine Mächtigkeit von mehreren Metern erreichen, sie liegt aber im Durchschnitt um 2 bis 4 dm. Meist sind die Gänge linsenförmig bis boudinagenartig ausgebildet, oft mit beträchtlicher zusammenhängender Länge, die im Durchschnitt jedenfalls mehrere Zehnermeter beträgt.

Der Quarz der Gänge ist gewöhnlich milchigweiß oder grau, seltener klar; im allgemeinen ist er frisch und wenig beansprucht, doch treten offensichtlich zerbrochene, zuckerkörnige Partien auf. In schmalen Schieferlagen zwischen härteren Bänken und an Salbändern mächtigerer Gänge können feine Adern von nadeligem, asbestartigem Quarz auftreten, welche Ausbildung wohl durch synkinematische Kristallisation verursacht ist.

Die Kernbohrung „Bugarama 1“ ermöglichte einen Vergleich des Auftretens der Quarzgänge in verschiedenen Niveaus der Lagerstätte (siehe Abb. 5). Es ergab sich für den Abschnitt innerhalb der Couches de Bugarama von 1890 bis 1850 m Seehöhe eine Verminderung der Gesamtmächtigkeit der Quarze auf rund 70% derjenigen im Schnitt der Galerie I auf 1950 m. Es ist dabei eine Abnahme sowohl der Anzahl wie auch der Mächtigkeit der individuellen Gänge feststellbar.

Das Eindringen der Quarzgänge erfolgte generell synkinematisch und fällt in die tektonischen Phasen I und II (siehe oben). Konkordante, noch mitgefaltete Gänge sind zum Teil von jüngeren, diskordanten durchschlagen; beide nach Ansicht des Verfassers keineswegs streng zu scheidende Systeme sind Träger der Vererzung.

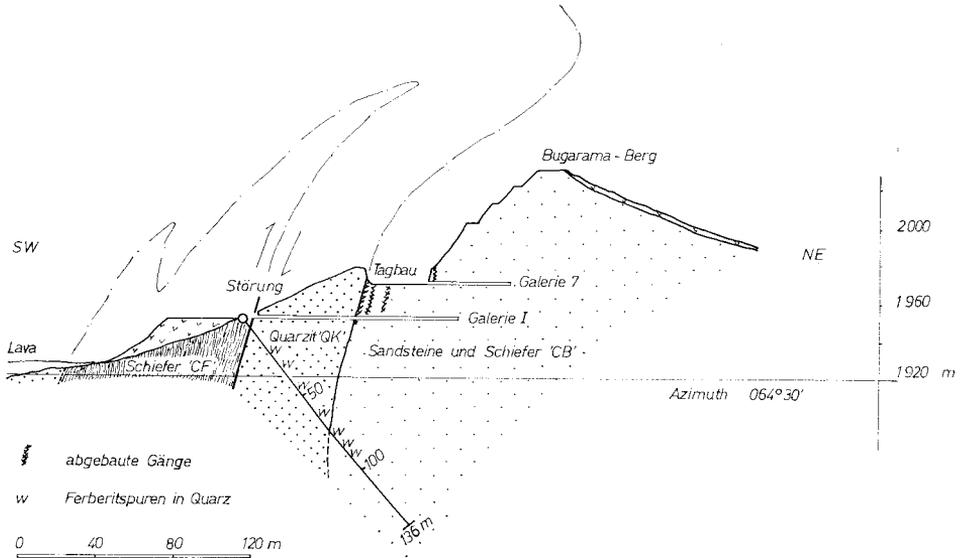


Abb. 5 — Kernbohrung Bugarama 1: Geologisches Profil

Die Vererzung

Man kann in Bugarama grundsätzlich zwei Typen der Wolframvererzung unterscheiden:

- a) eine Stockwerksvererzung in den Couches de Fumbwe; gebunden an ein mehr oder weniger dichtes Netz von Quarzgängen mit unregelmäßig verteilten Erztaschen oder -nestern, was im allgemeinen eine ökonomische Gewinnung einzelner Gänge ausschließt und den Abbau der gesamten vererzten Gesteinsmasse verlangt.
- b) eine Gangvererzung in den Couches de Bugarama; hier sind wenige, wohldefinierte Gänge ausgebildet, gewöhnlich in den liegendsten 30 m direkt über dem QK. Dieser „Kontaktbereich“ enthält den nach Nordwesten abtauchenden Erzkörper von Bugarama s. s., der über 75% der bisherigen Gesamtproduktion der Mine liefert. Lokalisiert ist er vermutlich durch eine flexurartige Verbiegung des Quarzites, die zusammen mit der Biegefaltung die Spaltenbildung in den unmittelbar benachbarten CB begünstigte. Sicherlich waren auch physikochemische Kriterien wesentlich beteiligt — der Autor vermutet, daß der Aufstieg der Lösungen bzw. Dämpfe relativ schnell durch Zerrüttungszonen im Quarzit erfolgte, wogegen die geringere Durchlässigkeit und das reduzierende Milieu (Graphit) in den hangenden Schichten das Ausscheiden begünstigte —, doch sind echte Aussagen dazu mit nur feldgeologischen Methoden kaum zu erwarten.

In der Lagerstätte Bugarama treten folgende Wolframminerale auf:

Ferberit	FeWO_4	in tafeliger Wolframittracht (nach 100)	häufig
Reinit	FeWO_4	Ferberit pseudomorph nach Scheelit	vorherrschend

Scheelit	CaWO_4		selten
Tungstit	$\text{WO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$	füllt zum Teil auch zelligen Reinit, auch selbständig	selten
Anthoinit	$\text{Al}(\text{WO}_4)(\text{OH}) \cdot \text{H}_2\text{O}$		selten

In vielen Fällen ist das Erz an den Salbändern der Gänge angereichert, was besonders im Falle mächtigerer Quarze zutrifft; man findet es aber auch innerhalb der Quarzmasse selbst oder manchmal an Gesteinsfragmente im Quarz gebunden. In schmalen Adern scheint keine Bevorzugung zu bestehen, obwohl Quarz und Wolframit eher gegen die Mitte, Muskovit gegen die Salbänder zu auftritt. Die Erzanreicherungen sind in den Gängen unregelmäßig und unvorhersagbar verteilt, meist in Form von Taschen und Nestern. Die meisten Gänge außerhalb des Kontaktbereiches QK/CB sind für praktische Zwecke steril.

Neben den Wolframmineralien finden sich in den Gängen häufig Muskovit (durchschnittlich bis 6 mm Blättchendurchmesser, entlang der Salbänder, oft auch Rosetten im Quarz), Kaolinit (in Putzen und Nestern ähnlich wie das Erz), selten feine grüne Turmalinnadeln bis 5 mm Länge (meist auf serizitischen Flächen von Quarz oder Erz), kleine Zinnsteinfragmente und Fe-Sulfide (Pyrit, Magnetkies) sowie häufig erdige Eisenhydroxyde. Alle diese Mineralien können voneinander unabhängig oder zusammen vorkommen.

Tonig-graphitische Salbänder sind fast die Regel, sie unterstreichen die Lokalisierung der Gänge in Störungen, parallel oder diskordant zu den Schichtflächen.

Die Ferberite in Wolframtracht treten oft in gut ausgebildeten Kristallaggregaten auf; sie sind gewöhnlich frisch und unverwittert, mit starkem Metallglanz auf den 100-Flächen.

Die Reinite können in gut ausgebildeten tetragonalen Bipyramiden bis 30 cm Kantenlänge vorkommen, sind aber häufiger in unregelmäßigen Erzaggregaten. Charakteristisch ist die zellige Natur aller Reinite, wobei die Zahl der Hohlräume gegen außen abnimmt, so daß die Außenhaut regelmäßig unverletzt ist. Die Reinite sind oft zu Tungstit oder Anthoinit oxydiert und enthalten diese Minerale in Hohlräumen oder als Kruste. Sie werden letztlich unter Weglösung des Wolframs in Eisenhydroxyde umgewandelt bzw. stellenweise völlig ausgelöst.

Scheelit findet sich gewöhnlich in kleinsten Körnchen im Quarz den Eisenwolframat benachbart, wie das FRISCH (1972:53) auch aus Kifurwe gezeigt hat. In Bugarama konnte er aber auch in Form selbständiger Taschen reicherer Imprägnation in Gangquarz beobachtet werden (Tagebau Bugarama Süd, und Galerie I, Auffahrung 3). Eine Zunahme von Scheelit gegen die Teufe, wie das von BERTOSSA und FRISCH (1970:4) in Kifurwe festgestellt wurde, konnte in Bugarama nicht beobachtet werden. In den Abbauen auf Murundi und Fumbwe ist Scheelit sehr selten. Aller Scheelit in Bugarama hat unter kurzwelligem UV-Licht blaue Fluoreszenzfarbe, was nach ZESCHKE (1964:34) einem Molybdängehalt von unter 0,05% entspricht.

Tungstit und Anthoinit können auch selbständig in kleinen Nestern oder als Krusten auftreten, wobei letzterer von Kaolinit leicht durch seine weiße Fluoreszenz unter UV-Licht zu unterscheiden ist.

Analysen eines tafeligen Ferberites und eines frischen Reinites aus Bugarama durch das Analytische Institut der Universität Wien ergaben folgende Werte:

	% FeO	% MnO	% WO ₃	% TiO ₂	% Hübnerit-Anteil
Ferberit	21,8	0,95	74,8	0,04	4,2
Reinit	22,6	0,55	72,4	0,034	2,4

Vom gleichen Institut wurden folgende Spurenelemente festgestellt (alle Werte in ppm):

	Cu	Ni	Mo	Co	Pb	Cr	Ta	Sc	Sn	In	Zn	Hg
Ferberit	160	10	10	8	50	2—3	0,1	0,9	5	1	14	0,7
Reinit	130	5	10	6	50	2—3	0,1	0,4	5	1	9	0,08

Die Tiefenfortsetzung der Vererzung wurde durch die Kernbohrung „Bugarama 1“ untersucht. Es wurden Ferberitspuren in Quarz bis zu einer Seehöhe von 1870 m angetroffen; sie dürften den Wurzeln der Lagerstätte entsprechen. Erzabbau findet in Bugarama zwischen 2100 und 1940 m Seehöhe statt; dieser bekannten vertikalen Erstreckung der Lagerstätte sind nach oben wohl noch 50 bis 100 m zuzufügen (heute erodiert), bei 1940 m dürften die wirtschaftlichen Erze nach unten auskeilen. Die vermutete ursprüngliche Vertikalerstreckung abbauwürdigen Erzes liegt demnach bei 210 bis 260 m.

Die Erstellung geologisch-geochemischer Profile im Bereich der Galerie I und des Tagebaues Bugarama Süd ermöglicht folgende Beobachtungen:

— Die allgemeine Erkenntnis, daß alle sichtbare Vererzung an Quarzgänge oder Silifizierungszonen gebunden ist, wird durch die Feststellung hoher, nur mit analytischen Methoden konstatierbarer Wolframgehalte im Nebengestein ergänzt.

— Die angetroffenen durchschnittlichen Werte außerhalb der Quarzgänge sind im Quarzit (QK) sowohl obertags (21 Proben) wie auch untertags in der Galerie I (17 Proben) rund 1000 ppm Wolfram. Der größte Teil davon dürfte als feinstes Oxyd vorliegen, wie beobachtbare Gängchen oder Krusten von Eisenhydroxyden mit Tungstit in Verein mit der allgemein starken Verwitterung des Quarzites vermuten lassen.

— In den Sandsteinen und Schiefen (CB) wurde in Bugarama Süd über die liegendsten 46 m Mächtigkeit aus 24 Proben ein durchschnittlicher Wolframgehalt von rund 300 ppm errechnet, ebenfalls unter Ausschluß der Quarzgänge. Hier ebenso wie in der Galerie I sind die Quarzgänge nicht selten ärmer an Wolfram als die benachbarten Gesteine, was sich ohne weiteres aus der bekannten Anreicherung des Erzes an bzw. in den Salbänken der Gänge erklären läßt. In der Galerie I enthalten die Gesteine der Einheit CB im Durchschnitt rund 600 ppm Wolfram (30 Proben).

Aus Gründen beschränkter Analysenkapazität konnten diese Untersuchungen bedauerlicherweise nicht auf andere Lagerstättenbereiche ausgedehnt werden.

Pneumatolytisch-hydrothermale Nebengesteinsveränderungen

Regelmäßig beobachtbar sind in Bugarama

- Silifizierung
- Serizitisierung
- Turmalinisierung

und teilweise wohl Auslaugung oder selten Assimilation des Pyrits der dunklen Gesteine. Im Gegensatz zu FRISCH (1972:52) und in Übereinstimmung mit DE MAGNEE

und ADERCA (1960:41) deutet der Autor die Beobachtungen in Bugarama dahin gehend, daß die Umwandlung des nicht ferberitisierten Scheelites in Tungstit und Anthoinit ebenso wie die Auslaugung der Hauptmasse des Pyrites im Nebengestein in erster Linie auf Verwitterungsprozesse zurückgeht.

In diesem Zusammenhang ist auf Kapitel 2.1. zu verweisen, wo die wichtige Rolle der Verwitterung während der vorvulkanischen Periode angedeutet wurde. In Bugarama Süd findet man unter einer gering mächtigen Zone rezenter Verwitterung mit braunen Farben eine mächtige Zone leuchtend roter Kluftfüllungen und -beläge; das wird als Parallelismus zu den mächtigen Lateritdecken des östlichen Rwanda aufgefaßt, die im Westen generell durch Aufwölbung und Umformung der Morphologie sowie damit auch Klimaänderung zerstört wurden. Die Spuren einer tief unter die alte Oberfläche reichenden Verwitterung sind aber noch allenthalben aufzufinden.

Die Nebengesteinsveränderungen sind nicht an den unmittelbaren Gangbereich gebunden, sondern dürften recht getreu die mineralisierten Zonen im Bereich mehrerer Zehner bis über 100 Meter nachzeichnen. Silifizierung und Serizitisierung mögen mangels guter Aufschlüsse außerhalb von Lagerstätten schwer zu erkennen sein, die feinen Turmalinnadeln auf den ss- und sf-Flächen von Schiefen sind jedoch besonders gut im angewitterten Zustand zu erkennen. Somit ist die Turmalinisierung als ein vermutlich recht einfaches und brauchbares Mittel bei der Lagerstättensuche und -abgrenzung dieses Mineralisationstypus in Rwanda anzusehen.

Der zeitliche Ablauf der Vererzung

Dieser wird in Bugarama folgendermaßen vermutet:

1. Ausscheiden des primären Ferberites und des Scheelites mit Quarz, Muskovit, Turmalin, Zinnstein und Feldspat (?)
2. Hauptmenge des Quarzes, gelegentlich Pyrit und Magnetkies
3. Reinitisierung des Großteiles der Scheelite durch Fe-reiche Lösungen, Absatz von Eisen(hydr)oxyden, vermutlich Kaolinisierung der Feldspäte

Die Umwandlung des meisten restlichen Scheelites und mancher Reinite in Tungstit und Anthoinit, weiters ein generelles Weglösen des Wolframs unter Anreicherung von Eisen im Erz und letztlich möglicherweise die Kaolinisierung der früheren Feldspäte halten wir für Auswirkungen der tertiären bis rezenten Verwitterung. Diese dürfte besonders wirksam gewesen sein, weil durch die Zersetzung der Pyrite im Nebengestein die zirkulierenden Verwitterungslösungen einen ausgeprägt sauren Charakter gehabt haben müssen.

Die Phase 1 entspricht in ihrer Paragenese den Wolframitquarzgängen nach SCHNEIDERHÖHN (1955:88), die dort dem pneumatolytischen Stadium zugeordnet werden. Gut in Einklang mit einer solchen Auffassung steht die allgemeine Natur der Gänge in Bugarama, die Art der Nebengesteinsveränderungen und die geringe Teufenstreckung der Lagerstätte von wenig über 200 m.

Die Phasen 2 und 3 dagegen sind zweifellos niedrigerer Temperatur, sie entsprechen einem hydrothermalen Stadium der Mineralisation.

Genese der Vererzung

Diese wurde von VARLAMOFF (1958:53) mit hydrothermal-epigenetisch angegeben, wogegen DE MAGNEE & ADERCA (1960:46) eher eine sedimentär-syngenetische Quelle des Wolframs annehmen; sie ziehen aber sowohl die Möglichkeit einer Entstehung

der Ganglagerstätten durch Lateralsekretion wie auch durch hydrothermale Phänomene magmatischen Ursprungs in Betracht. Sie postulieren weiters die Existenz einer wohldefinierten stratigraphischen Einheit schwarzer Schiefer, in der die Lagerstätten Nyakabingo, Kifurwe, Insel Kidwa, Bugarama, Bahati und Kirwa aufgereiht wären. Diese Schiefer hätten generell einen erhöhten Wolframgehalt, welche Annahme vor allem auf der Arbeit von PARGETER (1956) und anderer Autoren in Uganda begründet wurde.

In dieser Arbeit konnte die stratigraphische Position der Wolframlagerstätten um den Bulera-See gezeigt werden, die in mehreren wohl unterscheidbaren Niveaus liegen, ebenso wie ihre Nachbarschaft zu pegmatitisch-pneumatolytischen Beryll-, Niobit- und Zinnlagerstätten unmittelbar jenseits der ugandischen Grenze. FRISCH (1972:65) gibt die Resultate geochemischer Analysen von Gesteinen in und um Kifurwe, wobei er eine deutliche Anomalie von mehreren Zehner ppm W um den mineralisierten Bereich feststellte, außerhalb dessen sinken die Werte rasch auf unter 5 ppm W ab.

Es wäre ohne Zweifel wünschenswert, die geochemischen Wolframgehalte in den Gesteinen des Antiklinoriums von Bumbogo-Nulera-Mutanda eingehend zu studieren, um so weitere Grundlagen zum Problem der Genese und der Aufsuchung von Lagerstätten zu gewinnen. Die von FRISCH (1972:85) gesammelten Argumente zusammen mit den Ergebnissen dieser Arbeit lassen jedoch eine hypogen-epigenetische Entstehung der Wolframlagerstätten dieses Bereiches als gesichert erscheinen.

Es erscheint gerechtfertigt, den Ausdruck „tungsten-belt“ wie von FRISCH (1972: 116) vorgeschlagen zu verlassen. Die Quelle des Wolframs der Lagerstätten, selbst wenn sie in Sedimenten gelegen wäre, muß jedenfalls in der Tiefe liegen und kann nicht eine zu Tage anstehende Schiefereinheit sein; die Konzentration zu Lagerstätten wurde ohne Zweifel durch magmatische Vorgänge bewirkt. Eine Lateralsekretion kommt als Genese für die vom Autor untersuchten Lagerstätten im Raum des Bulera-Sees nicht in Frage.

Die Genese der Wolframvererzung in Bugarama und den benachbarten Lagerstätten ist pneumatolytisch/hydrothermalepigenetisch.

LITERATURHINWEISE

- DAMAS, H., 1954: Etude Limnologique de quelques Lacs Ruandais. — Inst. Roy. Col. Belge, Sect. Sci. Nat. Méd., Mém. 24. fasc. 2, I, Bruxelles.
- DE MAGNEE, I. et ADERCA, B., 1960: Contribution à la connaissance du Tungsten-belt ruandais. — Acad. roy. Sci. Outre-Mer, Cl. Sci. Nat. Méd., Mém. 8^o, nouv. sér. 11/7, 1—56, Bruxelles.
- DE SITTER, L. U., 1959: Structural Geology. — McGraw Hill, London.
- DE TREY, M., 1957: Etude de la Mine de Wolfram de Bugarama (Ruanda). — Rapp. Remina, unveröffentl., 1—16, Bukavu.
- , 1970: Mines de Wolfram de Bugarama (Ruanda). — Rapp. Cometain, unveröffentl., 1—10, Bruxelles.
- FRISCH, W., 1970: Die Zinn-Wolfram-Provinz in Rwanda (Zentralafrika) aus montangeologischer Sicht. — Erzmetall 24 (1971), H. 12, 593—600, Stuttgart.
- , 1972: Die Wolframlagerstätte Gifurwe (Rwanda) und die Genese der zentralafrikanischen Reinitlagerstätten. — Unveröffentlichte Habilitationsarbeit Montanistische Hochschule Leoben, 1—123, 36 Fig., 16 Tab.
- GERARDS, J. et LEPERSONNE, J., 1964: La Stratigraphie du Burundien dans le Nord-Est du Rwanda et les Régions Avoisinantes. — Bull. Serv. Géol., 1, 13—33, Ruhengeri.
- LHOEST, A., 1957: Note préliminaire sur la géologie de la région Kigali-Rutongo dans le Ruanda. — Bull. Soc. Belge Géol. 66, 190—198, Bruxelles.
- PARGETER, R. C., 1956: The Ruhizha ferberite deposit, Kigezi. — Rec. geol. Surv. Uganda 1954, 27—46, Entebbe.

- POHL, W., 1973: Géologie de la mine de Bugarama et de ses environs. — Rapp. Serv. Géol. Rwanda, unvéröfentl., 1—28, 4 Fig., 13 Taf., Kigali.
- RAMELOT, R., 1954: Rapport géologique sur les extensions Kagogo et Entebbe du Polygone d'Exploitation de la Mine de Bugarama. — Unvéröfentl. Bericht, 1—5, carte 1:1 000, Bugarama.
- SCHNEIDERHÖHN, H., 1955: Erzlagerstätten — Kurzvorlesungen zur Einführung und zur Wiederholung. — G. Fischer Verlag, Stuttgart.
- TANNER, P. W. G., 1972: Structural control of economic wolfram mineralization at Nyamulilo mine, S. W. Uganda. — Res. Inst. Afr. Geol. Dep. Earth Sci., Univ. Leeds, Annual Rep. 16, 29—32, 1 Fig., Leeds
- VARLAMOFF, N., 1958: Les gisements de tungstène au Congo et au Ruanda-Urundi. — Acad. roy. Sci. Coloniales, 1958, 1—70, Bruxelles.
- WALEFFE, A., 1956: Amenagement hydroélectrique de la rivière Taruka (Ruanda) — Etude géologique. — Unvéröfentl. Bericht, 1—19, carte et 12 coupes 1:20 000, Ruhengeri.
- , 1957: Amenage hydroélectrique de la Taruka (Ruanda). — Unvéröfentl. Bericht, 1—6, coupe 1:1 000, Usumbura.
- ZESCHKE, G., 1964: Prospektion und feldmäßige Beurteilung von Lagerstätten. — Springer-Verlag, Wien.