

Archiv für Lagerstättenforschung

Heft 54

**Uranerz führende
Pegmatitgänge in Südafrika
und ihre Geochemie**

Von
Fritz Behrend

Mit 4 Tafeln und 5 Abbildungen

Herausgegeben
von der
Preußischen Geologischen Landesanstalt
Schriftleitung: **Abteilungs-Direktor Schmierer**

BERLIN

Im Vertrieb bei der Preußischen Geologischen Landesanstalt
Berlin N 4, Invalidenstraße 44

1 9 3 3

Archiv

für

Lagerstättenforschung

Heft 54

BERLIN

Im Vertrieb bei der Preußischen Geologischen Landesanstalt

Berlin N 4, Invalidenstraße 44

1 9 3 3

Uranerz führende Pegmatitgänge in Südafrika und ihre Geochemie

Von
Fritz Behrend

Mit 4 Tafeln und 5 Abbildungen

Herausgegeben
von der
Preußischen Geologischen Landesanstalt
Schriftleitung: Abteilungs-Direktor Schmierer

BERLIN
Im Vertrieb bei der Preußischen Geologischen Landesanstalt
Berlin N 4, Invalidenstraße 44
1 9 3 3

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Kurze geologische Übersicht	5
2. Der intrusive Granitgneis	7
3. Die intrusive Gangfolgschaft	9
4. Die uranführenden Pegmatitgänge	11
5. Die Mineralien der Uranpegmatite	12
Quarz	12
Orthoklas	14
Mikroklin	14
Oligoklas-Albit	15
Biotit	15
Muskowit	16
Hornblende	17
Titanit	17
Titaneisen	17
Uranpecherz	17
Allanit	19
Gadolinit	20
Fergusonit	21
Zirkon	22
Scheelit	23
Turmalin	24
Kalkspat	24
Flußspat	24
Sulfide	25
6. Die Anordnung der Mineralien in den Pegmatitgängen	26
7. Die Geochemie der Gänge und Altersfolge der Gangmineralien	31
8. Zusammenfassung	37
Literatur	38

Die hier zu beschreibenden Uranerzlagerstätten bilden einen annähernd OSO—WNW gestreckten Zug von Pegmatitgängen, die stellenweise zu mehreren neben- und hintereinander geschaart, oft aber durch längere Strecken voneinander getrennt, vereinzelt in Gneisgranit und kristallinen Schiefeln auftreten. Die Vorkommen liegen im Talsystem des Back River, der ungefähr auf dem 20° östl. Länge (der Grenze zwischen Südwestafrika und der Kapkolonie) nach Süden in den Orangetal fließt, und ferner im Talgebiet des dem Back River parallel weiter östlich fließenden Kurop.

Pegmatitgänge mit ganz ähnlichem Mineralbestand sind von ROGERS (1915) aus der Gegend von Kenhart beschrieben worden, in der südöstlichen Verlängerung des Streichens unserer Lagerstätten, südlich des Orange. Die Vorkommen liegen in gerader Linie etwa 150 km voneinander entfernt; vermutlich gehören sie der gleichen Intrusionszone an.

1. Kurze geologische Übersicht

Der geologische Aufbau des Gebietes ist in den großen Zügen, soweit er uns hier angeht, ziemlich einfach (Fig. 1); in den Einzelheiten, die hier nicht zu berücksichtigen sind, ist er gelegentlich recht kompliziert.

Südlich des Oranje tritt kristallines Grundgebirge ausschließlich zutage, nördlich des Oranje dagegen ist es bald von einer mehr oder weniger zusammenhängenden Decke von Zwartmodder-Schichten bedeckt, und tritt nur noch in den Tälern zutage.

In den Talgebieten des Back River und des Kurop besteht das „Grundgebirge“ vorwiegend aus grauem intrusivem Granitgneis, häufig mit porphyrischen Feldspäten, die parallel der Schieferung angeordnet sind. In diesem Granitgneis schwimmen kleinere Schollen und ausgedehnte Zonen von stark metamorphosierten, aufgeblättern und zum Teil mit Resorptionszonen umgebenen Schiefeln; Gneisgranit und Schiefer streichen im ganzen, von zahlreichen örtlichen Abweichungen abgesehen, WNW—OSO, die Schiefer, die mehrfach zu ausgedehnten streichenden Zonen angeordnet sind (siehe die Karte), fallen steil nach Ostnordost oder Westsüdwest ein; sie sind im einzelnen stark gefaltet und gefältelt sowie durch jüngere Intrusivgesteine häufig aus ihrer Streichrichtung gedrängt.

Der Granit entspricht dem „Alten Granit“ Transvaals; die in ihm schwimmenden Schollen kristalliner Schiefer werden als Kaaien-Schichten bezeichnet, eine Unterabteilung des archaischen Kheis-Systems (= Swasiland-System). Die diskordant darüber liegenden Zwartmodder-Schichten gehören dem Transvaal-System an.

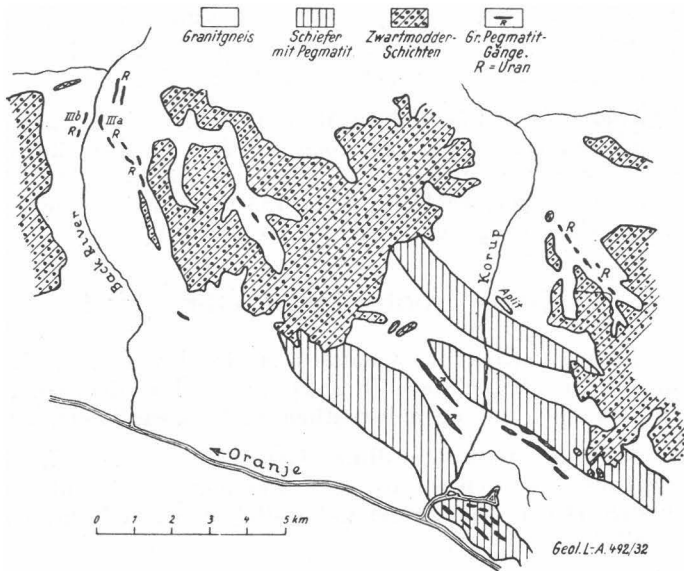


Abb. 1. Übersichtskarte

2. Der intrusive Granitgneis

Der Granitgneis sitzt, entsprechend dem Alten Granit Transvaals intrusiv in den älteren Sedimenten, die in ihn eingefaltet und eingeschmolzen, heute als Schollen in ihm schwimmen; der Granitgneis stellt die Hauptmasse des gleichen Intrusivmagmas dar, dessen Restschmelzen und Restlösungen später die Ganggesteine, darunter auch den uns besonders interessierenden Uranpegmatit, geliefert haben. Die mineralogische Zusammensetzung des Granitgneises ist deshalb von besonderem Interesse; denn sie tut den genetischen Zusammenhang zwischen dem Granitmagma und den Nachschüben, namentlich also dem Uranpegmatit auffällig dar.

Der Granitgneis ist ein ziemlich grobkörniges schwarz-weißgezeichnetes porphyrisches Gestein mit großen, bis zu 5 cm langen Karlsbader Zwillingen von Mikroklin. Die weißen Mineralien der mittelkörnigen Grundmasse sind Feldspäte und Quarz, der Kalifeldspat tritt nur untergeordnet als eigentlicher Orthoklas auf und dieser ist häufig mit Kaolin und Serizitschuppen durchsetzt; meist ist er als weißer Mikroklin ausgebildet, nicht selten findet sich Mikroklin-Perthit; sehr häufig ist auch Oligoklas-Albit, wenn er auch an Menge gegen den Mikroklin zurücktritt; der Oligoklas-Albit ist häufig in Serizit umgewandelt, und dabei ist häufig zu beobachten, daß die Zwillinglamellen der einen Art gegen die Gegenlamellen bei der Serizitbildung bevorzugt sind.

Der weißgraue Quarz führt Gasblasen in reichlicher Menge und Mikrolithen.

Von dunklen Gemengteilen ist besonders Biotit reichlich vorhanden, der zum geringen Teil in Chlorit umgewandelt ist; daneben tritt in geringem Ausmaße gemeine Hornblende auf und dunkelgrüner Orthit, der oft mit Biotit verwachsen ist.

Von Übergemengteilen ist zunächst hervorzuheben Apatit, der in jedem Schriff in ziemlich erheblichen Mengen kleiner Körnchen vorhanden ist, ferner Magneteisen in unregelmäßigen Körnern und Titaneisen in Leisten, beide oft mit Biotit verwachsen.

Als besonders interessant mögen eigenartige Einschlüsse des Granites erwähnt werden; dieser umschließt nämlich stellenweise, z. B. im Bett des Back River geröllartig abgerundete faust- bis kopfgroße Brocken von quarzitischem Sandstein und von unkenntlich gewordenen basischen Eruptivgesteinen, die den Eindruck erwecken, als seien sie vom Granit aus nicht sehr verfestigten Konglomeraten aufgenommen. In Wirklichkeit dürfte es sich z. T. um Resorptionsreste handeln (Taf. 1, Fig. 1).

Am Kontakt mit den Uran-Pegmatitgängen sind in den Gneis namentlich Titan und Bor eingewandert unter Neubildung von Mineralien; insbesondere sind an manchen Stellen in der Nähe des Kontaktes tiefschwarze, bis über 4 cm lange flache Titanitkristalle der üblichen „Briefkuvertform“ häufig.

Die Menge des Titaneisens nimmt gegenüber dem normalen Gneis zu, die einzelnen Anhäufungen sind meist durch Leukoxen umrandet. Häufig sind Neubildungen kleiner Turmalinsonnen, die namentlich im Quarz und im Biotit sitzen. Der Biotit ist häufig in Klinochlor umgesetzt. Beim Oligoklas ist gelegentlich zu beobachten, daß die Zwillingslamellen der einen Richtung stark in Epidot umgewandelt sind, während die Gegenlamellen nur schwache oder gar keine Umwandlung zeigen, also eine ganz ähnliche Erscheinung wie die oben erwähnte Serizitbildung, die zeigt, daß der Oligoklas-Albit recht reaktionsfähig ist. In diesen epidotisierten Zonen ist die sonst häufige Serizitbildung schwach oder fehlt ganz.

Die folgende Analyse von frischem Gneisgranit aus einem Schurfschacht ist entnommen aus einer Arbeit von F. BEHREND und K. UTESCHER (1932).

Granitgneis vom Backriver Anal. Utescher, Berlin	
Si O ₂	63,38
Ti O ₂	1,57
Al ₂ O ₃	14,36
Fe ₂ O ₃	1,38
Fe O	5,48
Mn O	0,13
Mg O	1,87
Ca O	4,47
K ₂ O	4,54
Na ₂ O	1,08
P ₂ O ₅	0,71
S O ₃	0,12
H ₂ O †	0,51
H ₂ O —	0,14
	99,74

3. Die intrusive Ganggefolgschaft des Granites

Der Gneisgranit und die in ihn eingefalteten und eingeschmolzenen Sedimente sind gleichmäßig von jüngeren Intrusivgängen durchsetzt, die als Nachschübe des Granitmagma aufzufassen sind, und zwar sind eine ganze Reihe verschiedener Ganggesteine zu beobachten, die nacheinander die Gesteine durchsetzt haben.

Die ältesten Ganggesteine sind Quarzdiorite und Minetten, die meist sehr deutlich geschiefert sind, und zwar parallel der Flaserung des Gneises, jedoch wesentlich intensiver als dieser. Sie sind daher wohl während der Pressung des Granitgneises aus der Tiefe gekommen. Ein sehr ausgedehnter und mächtiger Gang dieser Art zieht sich als langaushaltender Rücken vom oberen Kuroptal in das östliche Seitental des Back River hinüber, dort, wo der Verbindungsweg zwischen beiden Tälern läuft; im Kuroptal sind noch mehrere kleinere Gänge dieser Art.

Im oberen Tal des Back River kommt eine Anzahl von Granitgängen zutage, mit ganz ähnlicher Zusammensetzung wie der Alte Granit selbst; aber sie zeigen keine Pressungserscheinungen und müssen daher als jünger angesehen werden als die Minettegänge.

Die im Alter folgenden Intrusivgesteine umfassen mehrere Gruppen von Pegmatitgängen von durchaus verschiedener Mineralführung und daher offensichtlich von verschiedenem Alter. Es ist nicht ganz einfach, das gegenseitige Altersverhältnis dieser Pegmatittypen eindeutig festzustellen, da nur an wenigen Stellen einwandfreie Durchkreuzungen zu beobachten sind.

Am ältesten scheinen die riesenkörnigen, z. T. ziemlich umfangreichen Pegmatitgänge zu sein, die Biotit, Uranerze und deren Begleiter führen, und die wir kurz als Uranpegmatit bezeichnen wollen; wir werden uns im folgenden eingehend mit ihrer Mineralführung beschäftigen.

Diese Uranpegmatitgänge werden gelegentlich verquert und an einer Stelle verworfen von jüngeren Pegmatitgängen, in denen weiße Mineralien herrschen (Orthoklas, Muskowit vorwiegend, Quarz meist untergeordnet); das einzige stellenweise häufige gefärbte Mineral in diesen jüngeren Gängen ist schwarzer Turmalin meist in Aggregaten kleiner Kristalle; ganz selten findet sich Biotit in kleinen Blättchen.

Pegmatitgänge, die diesen letzten völlig gleichartig zusammengesetzt sind, durchsetzen auch vielfach das Nebengestein, namentlich die kristallinen Schiefer, sogar vorwiegend in großen Schwärmen parallel den Uranpegmatitgängen; als Seltenheiten finden sich gelegentlich in ihnen kleine Einsprengungen von Arsenkies und Pyrit. Ihre Struktur ist sehr gleichmäßig mittel- bis grobkörnig, die einzelnen Mineralindividuen hasel- bis wallnußgroß.

Die räumliche Einzelausdehnung dieser reinweißen Pegmatitgänge ist im allgemeinen sehr gering, meist überschreitet sie in der Längsachse kaum 20—25 m; es gibt aber auch einzelne Gänge gleicher Zusammensetzung, von großen Ausmaßen, die ohne Unterbrechung auf eine Erstreckung von 100 m, gelegentlich sogar wesentlich mehr, zu verfolgen sind; dann sind an ausgebauchten

Stellen in der Gangmitte meist ausgedehnte, bis 5 m breite und 20–25 m lange Linsen zu beobachten, die fast ausschließlich aus riesenkörnigem Quarz bestehen, und zwar vorwiegend Rosenquarz, der die Kuppe von weithin sichtbaren Hügeln bildet; neben ihm findet sich untergeordnet weißer Oligoklas und Mikroklin; ferner führt der Quarz etwas schwarzen Turmalin.

Vielleicht gehören diese beiden Gangtypen zwei ganz verschiedenen Generationen an. Die größeren echt gangförmigen Pegmatite sind in manchen Fällen deutlich jünger als die Uranpegmatitgänge. Die kleinen Pegmatitgänge und -linsen dagegen sind möglicherweise während der Einschmelzung der alten Sedimente durch die Aufnahme von Gasen aus dem Granitmagma entstanden; sie wären in diesem Fall älter als alle Ganggesteine. Eine Entscheidung in dem einen oder andern Sinne ist aber nicht möglich; die vorhandenen Beobachtungen reichen dazu nicht aus.

Im mittleren Koruptal fand ich zwei Gänge, die bei sonst gleicher Zusammensetzung, wie eben erwähnt, Wolframit und Arsenkies in nennenswerten Mengen führen; da auch in dem Uranpegmatit gelegentlich ein Wolfram-erz (Scheelit) auftritt, so nehmen die eben erwähnten Gänge wahrscheinlich im Alter eine Mittelstellung zwischen den mineralreichen Uranpegmatiten und den jüngeren mineralarmen Gängen ein.

Ganz vereinzelt, an der Westseite der Mündung der Orlogskloof in das Back Rivertal, scheint ein Gang zu stehen, der Orthoklas, Muskowit, Turmalin und Beryll führt.

Eine noch jüngere Generation von Nachschüben bilden vorwiegend Gänge von Granit und untergeordnet Orthoklasporphyr, meist sehr schmal, aber weithin aushaltend, die im Gegensatz zu allen übrigen Ganggesteinen rote Feldspäte führen, ähnlich dem jüngeren „Roten Granit“ des Buschveldes. Sie sind ebenso wie das Nebengestein in der Nähe des Kontaktes mit später eingewandertem Epidot imprägniert, der die ursprünglichen Mineralien verdrängt und längs Klüften derbe Schnüre bildet; die Porphyrgänge sind weniger stark epidotisiert als die Granitgänge.

Das jüngste Produkt einer rein hydrothermalen Phase sind symmetrisch gebänderte Gänge, die auf Klüften im Granitgneis aufsetzen. An den Salbändern sitzt bei derartigen Gängen im Back Rivertal als ältestes Quarz, dessen Prismen senkrecht in den Gang hineinwachsen; über diese legt sich Kalkspat, z. T. wasserklarer Doppelspat, darüber folgt als jüngstes Ankerit. Auf den Hydrothermalgängen im Koruptal folgt über dem älteren Quarz blauer und grüner Flußspat, z. T. in großen Kristallen, teils nur grob kristallin. Die Mittelzone dieser Gänge wird dann von Quarz mit kurz prismatischem Habitus eingenommen.

Keiner dieser Gangtypen geht in die diskordant darüberliegenden Zwartmodder-Schichten hinein, auch die hydrothermalen Quarz-Kalkspat-Flußspat-Gänge nicht; sie sind also sämtlich wesentlich älter; jedoch treten in den flachliegenden Zwartmodder-Sandsteinen gelegentlich Imprägnationen mit Kupferkarbonaten auf; sie sind an einigen Stellen beschürft worden, und in diesen Aufschlüssen sieht man, daß diese Imprägnationen mit Spalten und Klüften in Verbindung stehen, die bis in das liegende Kheis-System hinabsetzen; es sind also auch noch nach dem Absatz der wesentlich jüngeren Zwartmodder-Schichten hydrothermale Entgasungsprodukte aus dem Granitmagma nach aufwärts gewandert.

4. Die uranführenden Pegmatitgänge

Von den uranführenden Pegmatitgängen sind im Tal des Back River ungefähr zwei Dutzend neben unzähligen uranfreien bekannt, von denen die meisten durch Schürfung mehr oder weniger genau untersucht sind; weiter sind einige wenige in einem westlichen Nebental des Back River gefunden, endlich ein Zug von etwa zehn Gängen in einem Nebental des Koruptales; im Koruptal selbst ist unter den zahlreichen Pegmatitgängen kein einziger Uranpegmatit bekannt geworden.

Während die übrigen Pegmatitgänge des Gebietes häufig den Charakter von Schlieren haben, sind die Uranpegmatite in allen Fällen gangförmige Gesteinskörper, die häufig zu Gangzügen hintereinander angeordnet sind; gelegentlich treten auch mehrere nebeneinander auf; die gegenseitige Anordnung der Gänge eines Gangzuges zeigt aber fast stets die gemeinsame Abhängigkeit von einer Störungslinie.

Die größeren Gänge haben der Verwitterung und der Erosion viel mehr Widerstand geleistet, als das Nebengestein (Granitgneis), und überragen daher heute durchweg als blendend weiße Hügel und langgezogene weithin sichtbare Rücken von 100—200 m Länge und 10—20 m Höhe den umgebenden flachen Talboden in dem vegetationsarmen, trockenen Gelände (Taf. 3, Fig. 3). Die kleineren Pegmatitgänge, zu denen auch die Mehrzahl der nicht Uranerz führenden Gänge gehört, bilden nur unbedeutende, im Gelände kaum sichtbare Schwellen.

Im Koruptal ist an mehreren Stellen folgendes zu beobachten: mehrere Pegmatitgänge, die im flachen Talboden an den Talrändern zutage ausgehen, verschwinden an den steilen Talhängen in den Berg hinein. Sie sind also nach beendeter Aufpressung der kristallinen Gesteine eingewandert, aber sie haben die bei der Bildung der Zwartmodder-Sandsteine vorhandene alte Transgressionsoberfläche, die die Schichtenköpfe der alten kristallinen Schichten abschnitt, nie erreicht, sondern sind in der Tiefe einige hundert Meter unter der Oberfläche stecken geblieben. Die Tiefe, in der die Pegmatitgänge ohne Unterschied ihres relativen Alters und der Mineralführung gebildet sind, ist also ziemlich erheblich, und dürfte bei Berücksichtigung der örtlichen Verhältnisse mehr als tausend Meter unter Tag betragen haben. Die Bildungszeit liegt wahrscheinlich weit vor der Bildung der Abrasionsfläche.

5. Die Mineralien der Uranpegmatitgänge

Die Uranpegmatite sind durch riesenkörnige, das in Pegmatiten übliche Maß übersteigende Ausbildung der einzelnen Mineralanhäufungen gekennzeichnet; das weist auf reichliches Vorhandensein von Mineralisatoren hin, sowie auf sehr langsame Ausscheidung der Bestandteile; das setzt eine genügende, der Bildungstemperatur der Uranpegmatite entsprechende Tiefe voraus.

Folgende Mineralien wurden auf den uranföhrnden Pegmatitgängen beobachtet:

Quarz,
Orthoklas,
Mikroclin,
Oligoklas-Albit,
Biotit,
Muskowit,
Hornblende,
Titanit,
Titaneisen,
Uranpecherz,
Allanit (Orthit),
Gadolinit,
Fergusonit,
Zirkon,
Scheelit,
Turmalin,
Kalkspat,
Flu3spat,
Sulfide.

1. Quarz. Ein einziges Mal habe ich einen wohl ausgebildeten Quarzkristall gesehen; er sa3 im mittleren Teil eines Ganges und geh6rte einer selten zu beobachtenden Quarzgeneration an, die j6nger ist als die gro3e Masse des Pegmatitquarzes; er zeigte die bei Gangquarzen 6bliche Kombination.

Im allgemeinen tritt der Quarz ohne jede Andeutung von Kristallfl6chen als Ausf6llung zwischen den Feldsp6ten auf; die einzelnen Quarzmassen k6nnen bei mehr oder weniger vollst6ndigem Zur6cktreten der 6brigen Gemengteile gelegentlich Linsen von 10–20 m L6nge und 5–10 m Breite bilden, also ein Volumen von einigen hundert Kubikmetern erreichen. Im allgemeinen bleibt das Volumen der Quarzmassen unter 2 cbm.

Drei verschiedene Abarten des Quarzes lassen sich unterscheiden: wei3er Milchquarz, Rosenquarz, dunkelgrau bis schw6rzlich blaugrau gef6rbter Quarz.

Der milchig weiße trübe durchscheinende Quarz herrscht auf allen Gängen vor, in den schriftgranitischen Verwachsungen mit Feldspäten ist ausschließlich Milchquarz vorhanden.

Rosenquarz tritt stets nur am Ausgehenden auf; in keinem einzigen der Aufschlüsse, die auf den Gängen angesetzt wurden, ist der Rosenquarz jemals in die Tiefe gegangen, stets wurde er bald nach der Tiefe hin, oft bereits wenige Meter unter Tag, von weißem Quarz abgelöst; man kann zuweilen im Aufschluß den Übergang vom Rosenquarz zum weißen Quarz in einer Quarzlinse beobachten. Es geht aber nicht aller Milchquarz am Tage in Rosenquarz über, weißer Quarz ist an den Ausbissen häufig genug, wenngleich an manchen Stellen Rosenquarz überwiegt.

Zuerst nahm ich an, daß der Rosenquarz irgendwie an die Anwesenheit von Uranpecherz gebunden sei, daß er also ein Anzeichen für Uranerzführung der Gänge sei, das ist aber durchaus nicht der Fall; Rosenquarz ist in einer großen Reihe von Pegmatitgängen verbreitet, die keinerlei Uranerze, auch keine Cerium- oder Thorium- usw. Mineralien oder die charakteristischen Begleitmineralien zu führen scheinen; an einem verhältnismäßig feinkörnigen Pegmatit im Koruptal, der Wolframit enthält (S. 9), war sogar ein großer Teil der normal mit den Feldspäten verwachsenen stecknadelkopf- bis erbsengroßen Quarzkörner am Ausgehenden licht rosa gefärbt. Ferner führte der Beryll-Pegmatit ebenfalls Rosenquarz neben weißem Quarz.

Der Rosenquarz führt ebenso wie die beiden anderen Quarzabarten massenhafte kleine Flüssigkeitseinschlüsse mit Gasblasen, die häufig zonenweise angeordnet sind. In einzelnen Zonen, die teilweise die Form von Rissen und Sprüngen haben, die aber teilweise im scheinbar festen unbeeinflussten Gestein liegen, sind unregelmäßige wolkenartige Schlieren angeordnet, die aus einem sehr feinkörnigen bräunlich-schwarzen Staub bestehen. Dieser Staub scheint die rote Farbe des Quarzes zu bedingen; im weißen Milchquarz wurden diese Staubschlieren nicht beobachtet. Über die Natur dieser staubfeinen Einschlüsse konnte nichts näheres ermittelt werden. Anscheinend handelt es sich in diesem Falle um eine photochemische Umsetzung von feinverteilten, im Milchquarz unsichtbaren Einschlüssen unter dem Einfluß der in diesem Gebiet sehr intensiven Sonnenbestrahlung, denn der Rosenquarz ist durchaus lichtecht. Da die Stärke der Färbung des Rosenquarzes stark wechselt, und da weißer Quarz neben Rosenquarz am Ausgehenden auftritt, so scheint die Farbe von der wechselnden Menge der färbefähigen Einschlüsse im Quarz abzuhängen.

Der graue, oft schwärzlich blaugrau gefärbte Quarz dagegen ist, soweit meine Beobachtungen reichen, mehr oder weniger eng mit der Anwesenheit von Uranerz verbunden; er grenzt nicht immer unmittelbar an Uranerz, aber fast stets konnte mit der Auffindung von Uranerz in der Nähe gerechnet werden, sobald schwärzlicher Quarz angefahren wurde. Ein Übergang von grauem Quarz in Rosenquarz oder in weißen Quarz wurde nicht beobachtet.

Vielleicht ist die Färbung des grauen Quarzes dadurch bedingt, daß die den Rosenquarz am Ausgehenden färbenden Einschlüsse durch die Einwirkung der Radiumstrahlen schwärzlich gefärbt werden. Es ist also anzunehmen, daß ursprünglich nur zwei Quarzarten bestehen, der gewöhnliche weiße Milchquarz ohne färbende Bestandteile und ein anderer ursprünglich ebenfalls weißer Quarz mit unbekanntem färbefähigen Bestandteilen von durchschnittlich

etwa $\frac{1}{1000}$ mm Teilchendurchmesser, der einerseits in Rosenquarz, andererseits in graublauen Quarz übergehen kann. Möglicherweise liegt auch nur eine sehr ungleiche Verteilung der Farbkörper vor. Altersunterschiede der Quarzarten sind nicht zu erkennen.

2. Orthoklas tritt in den Uran-Pegmatiten an Menge und an Größe der Individuen gegen die anderen Feldspäte zurück; er ist stets weiß gefärbt. Zwillingsverwachsungen wurden nicht beobachtet. Nicht selten tritt der Orthoklas in schriftgranitischer Verwachsung mit Quarz auf, und zwar meist in Nestern, die vorwiegend in der mittleren Partie der Gänge liegen, und die meist durch das Fehlen anderer Mineralien gekennzeichnet sind. Seine Seltenheit ist offenbar darauf zurückzuführen, daß bei der allgemeinen Neigung zur riesenkörnigen Ausbildung die Zwillingslamellen des Kalifeldspates meist so groß werden, daß Mikroklin entsteht.

3. Mikroklin ist der häufigste Feldspat in den Uranpegmatiten ebenso wie er im Granitgneis, dem Muttergestein der Gänge vorwiegt. Seine Färbung ist sehr mannigfaltig: hellgrün bis bläulich graugrün (Amazonenstein), auch weiß oder rötlich, in der Nähe von Uranpecherz sehr häufig, aber nicht durchweg, kräftig rotbraun gefärbt.

Der Mikroklin besitzt häufig eine ganz ausgezeichnete Gitterstruktur, die auf der P-Fläche manchmal schon mit bloßem Auge zu sehen ist. In vielen Individuen sind die Lamellen sehr ausgeprägt linealförmig parallel, in anderen sind sie nach einem Ende oder nach der Mitte hin zapfenförmig verdickt; in manchen Mikroklinen sind die Lamellen flammenförmig hin und her gebogen. Auf Schliffen parallel der M-Fläche ist keine Gitterstreifung zu beobachten, statt dessen aber zahlreiche glatte Spaltrisse der P-Fläche, sowie die weniger gut und nicht immer ganz gerade ausgebildeten der T-Fläche, die einen Winkel von etwa 110° miteinander bilden.

Massenhafte größere und kleinere Albitspindeln und -adern durchsetzen den Mikroklin, mit kleinen flammenförmigen seitlichen Verästelungen. Die Spindeln laufen parallel T; die Spaltrisse der T-Fläche sind sehr häufig mit wesentlich feineren Albitspindeln ausgefüllt.

Die Albitspindeln, die den Natrongehalt des Feldspates in sich konzentrieren, zeigen meist sehr deutlichen Lamellenbau annähernd parallel zu ihrer eigenen Längsachse und parallel zur Richtung der zweiten Art von Mikroklinlamellen. Trotzdem ist die Auslöschung der nebeneinander liegenden Spindeln nicht ganz gleich, sie kann zwischen nebeneinander liegenden Spindeln mehrere Grad betragen.

Gelegentlich sind auch einige der Mikroklinzwillingsleisten durch Albit ersetzt, der sich dann aber nicht auf die ganz Erstreckung der Leiste an deren Form hält, gelegentlich greift er in die Nachbarleiste über, ohne seine optische Orientierung zu ändern.

Neben der Spindel- und Leistenform tritt der Albit im Mikroklin noch in Form von unregelmäßig begrenzten Einschlüssen auf. Während die optische Orientierung der Albitspindeln von der des Mikroklinns durchaus abhängig ist, ist die Orientierung der polyedrischen Albiteinschlüsse von der des umschließenden Mikroklinns durchaus unabhängig, auch die einzelnen Körner untereinander zeigen verschiedene Orientierung.

Neben den Einschlüssen von Albit führt der Mikroklin noch verschiedenen große Einschlüsse von feiner lamelliertem Mikroklin, die gegen den umschließenden Wirt völlig anders orientiert sind, und die gelegentlich in Orthoklas übergehen, ferner solche von Quarz, die gelegentlich durch Albitspindeln auseinandergedrängt sind ohne ihre Orientierung gegeneinander zu ändern, sowie jüngere Quarztrümchen.

Parallel den Grenzen Mikroklin—Albit sind oft Aggregate von Muskowitblättchen ausgeschieden; ferner finden sich in den Albitadern stellenweise feine unregelmäßig eingelagerte Serizitschuppen, die im Mikroklin fast ganz fehlen.

4. Oligoklas-Albit (nach liebenswürdiger Bestimmung meines Kollegen Privatdozent Dr. G. FISCHER Ab₈₇ An₁₃) ist nach dem Mikroklin der häufigste Feldspat der Gänge; auch er kommt häufig, wenn auch etwas seltener, als Mikroklin, in Individuen von mehreren Kubikdezimetern vor; seine Farbe ist im frischen Zustande vorherrschend rein weiß, doch finden sich sehr häufig in ihm massenhafte Ausscheidungen von Serizit, die meist an die einzelnen Lamellen gebunden sind und nicht in die ebenfalls mit Serizit imprägnierte Gegenlamelle übergreifen; daneben finden sich vereinzelt Nester von größeren Muskowitblättchen. Wenn diese Serizitausscheidungen in größeren Mengen auftreten, so wird der Oligoklas-Albit gelblich bis gelblichgrün, gelegentlich sogar hell apfelgrün gefärbt. Mehrfach tritt diese Grünfärbung namentlich an den Verwachsungsgrenzen gegen große Mikrokline kräftig hervor.

Von besonderem Interesse ist die Beobachtung, daß der Oligoklas-Albit gelegentlich senkrecht zur Zwillingsstreifung von schmalen gangartigen Zonen des gleichen Oligoklas-Albits durchsetzt sind, die eine völlig andere Orientierung zeigen; es sind offenbar jüngere Nachschübe, vielleicht gleich alt mit dem jüngeren Quarz.

Häufig führt der Oligoklas-Albit kleine unregelmäßig begrenzte Einschlüsse von Mikroklin, in denen sich ein in der Lösung vorhandener Kaligehalt ausgeschieden hat, und von Quarz.

Gelegentlich nimmt die Serizitausscheidung derart überhand, daß von dem ursprünglichen Lamellenbau kaum noch etwas zu sehen ist; solcher Oligoklas-Albit ist dann grünlichgelb gefärbt, hat höchstens noch undeutliche Anzeichen von Spaltbarkeit und auf dem Bruch wachsartigen Fettglanz.

Die Feldspäte sind häufig entweder miteinander oder mit anderen Mineralien — mit Quarz häufig schriftgranitisch — verwachsen. Die Anordnung der Feldspäte in den Gängen ist so, daß die buntgefärbten Mikrokline meist in den äußeren, Uranerz führenden Teilen vorwiegen, während die weißen Oligoklas-Albite in den inneren, meist erzfreien Teilen der Gänge vorherrschen.

5. Biotit. Sämtliche Uranpegmatite unseres Gebietes führen Biotit, ausschließlich oder ganz vorherrschend; Muskowit kann daneben als mineralogische Seltenheit auftreten. Der Biotit ist im wesentlichen auf die randlichen Partien der Gänge beschränkt, bildet aber niemals das Salband selbst, sondern ist stets durch ein Zwischenmittel davon getrennt. In kleineren Gängen kann man gelegentlich eine Anordnung der Biotitbücher annähernd senkrecht zum Salband beobachten, in den größeren Gängen liegen die Biotitbücher,

ohne jede erkennbare Kristallform, kreuz und quer, im einzelnen scheinbar regellos, im großen ganzen aber doch den Salbändern häufig mehr parallel. Je mächtiger der Pegmatitgang, umso größer die Biotitplatten; in den großen Gängen sind die Biotitplatten im Durchschnitt 1 m bis 1,50 m lang und bis zu 50 cm dick.

Trotz dieser Größe der Platten ist der Biotit aber technisch nicht verwertbar; die Platten sind völlig durchsetzt mit sehr charakteristischen Spaltrissen (Taf. 2, Fig. 4), die Winkel von ungefähr 60° bzw. 120° miteinander bilden, so daß es kaum jemals gelingt, nur einigermaßen einwandfreie Spaltstücke von einigen Quadratzentimetern zu erhalten; wodurch diese Spaltrisse zustande kommen, ist schwer zu entscheiden; das nächstliegende Agens, nämlich Verbiegung durch Druck, dürfte kaum in Frage kommen, da keins der übrigen Mineralien in den Gängen Andeutungen von Druckerscheinungen zeigt; der Grund dürfte ein anderer sein:

Die Glimmerpakete sind durchwachsen mit meist wenige Millimeter dicken blattförmigen Aggregaten von Quarz und Oligoklas-Albit parallel den Glimmerblättern, sie halten sich aber häufig nicht an eine Fläche zwischen zwei Glimmerblättern, sondern sie können die Glimmerbücher gelegentlich schräg durchsetzen; ferner findet man häufig Oligoklas-Albit, aber auch Quarztrümer, die Glimmerpakete im Zickzack quer durchsetzend. Offensichtlich sind Quarz und Feldspat etwas später aus der Lösung ausgeschieden als der Glimmer und sitzen „intrusiv“ zwischen den Glimmerplatten. Die durch diese Injektion veranlaßte Spannung in den Glimmerplatten mag zu irgendeinem Zeitpunkt das Zerspringen der Glimmerplatten bedingt haben.

In etwas stärkeren Quarz-Oligoklas-Einlagerungen findet sich gelegentlich Titaneisen in unregelmäßigen rundlichen Körnern von Stecknadelknopf- bis über Wallnußgröße, die vorwiegend im mittleren Teil dieser Quarz-Feldspat-Ausscheidungen liegen; in dünnen Einlagerungen können die Titaneisenkörner gelegentlich durch Quarz und Feldspat hindurch seitwärts in den Glimmer hineinsetzen.

Außerdem kommt Biotit in sechseckigen Kristallen bis zu 6 cm Durchmesser vor in kleinen Nestern oder Ausstülpungen am Rande der größten Gänge (z. B. IIIa), mit weißem Albit-Oligoklas und Hornblende verwachsen.

6. Muskowit kommt in den Uranpegmatit-Gängen nur selten und meist in unter 1 cm^2 großen Blättchen vor und zwar sind zwei, oder mit Berücksichtigung des Serizits drei verschiedene Generationen vorhanden.

Die älteste Generation wurde nur in einem einzigen Falle beobachtet: auf dem als IIIb bezeichneten Gang an der Westseite des Back River fanden sich unmittelbar an den Salbändern kleinere Mengen von Muskowit, senkrecht in den Gang hineingewachsen; darüber legt sich etwas Schriftgranit.

Die zweite Generation ist ganz wesentlich jünger, sogar jünger als fast alle übrigen Mineralien der Pegmatitgänge; der Muskowit sitzt in zentimetergroßen dichtgedrängten Blättchen auf Kalkspat (vgl. S. 24) oder als Hohlraumfüllung in kleinen Nestern der Gangmitte.

Serizit, also feinschuppiger Muskowit tritt erstens als sekundäre Ausscheidung in Feldspäten auf, also als Umwandlungsprodukt, namentlich im Oligoklas-Albit; sodann aber gelegentlich in Form von feinen Überzügen auf Klüften, auch auf Flußspat, dem jüngsten Mineral der Pegmatitgänge; dieser Teil des Serizits ist dadurch in seinem Alter besonders gut festgelegt.

7. Hornblende, und zwar gemeine schwarze Hornblende tritt gemeinsam mit den Biotitkristallen, mit Oligoklas-Albit verwachsen, in einigen wenigen randlichen Nestern und Ausstülpungen des großen IIIa-Ganges auf, in dicken, über 10 cm langen Kristallen. In den Gängen selbst ist sonst keine Hornblende vorhanden.

8. Titanit, braun glasglänzend und undurchsichtig, findet sich gelegentlich in bis zu 7 cm großen Kristallen in den randlichen Partien der Gänge, mit Quarz und Feldspäten verwachsen; in der Nähe tritt dann im angrenzenden Granitgneis fast stets schwarzer, an den Kanten rötlichbraun durchscheinender Titanit in der üblichen „Briefkuvertform“, von 2—5 cm Kartenlänge auf, die sonst dem Granitgneis vollständig fehlen; er ist also von den Gängen aus in den Granitgneis eingewandert und zwar bis auf mehrere Meter weit von den Gängen weg.

Eine 1928 in der Standardbank in Johannesburg angefertigte Analyse des braunen Titanits der Pegmatitgänge zeigte folgende Zusammensetzung:

Si O ₂	32,2
Fe ₂ O ₃	1,4
Ti O ₂	38,3
Al ₂ O ₃	3,1
Ce ₂ O ₃	2,0
Ca O	22,4
	<hr/>
	99,4
Sp. G.	3,6

9. Titaneisen in fast metallisch glänzenden körnigen Aggregaten von Stecknadelkopf- bis Wallnußgröße tritt mit Oligoklas-Albit und Quarz vergesellschaftet innerhalb der großen Biotitbücher auf; außerhalb derselben fehlt das Mineral.

10. Das Uranpecherz (Uraninit) ist einer der interessantesten Bestandteile der Pegmatitgänge; nur seinetwegen wurden die Gänge eingehend untersucht.

Die Kristalle sind ganz vorwiegend Würfel; sie zeigen aber je nach der Art ihres Auftretens einen verschiedenen Habitus; sehr selten sind Oktaeder; diese treten entweder nur für sich auf, oder, in einem Falle, fanden sich Kristalle, die vorwiegend die Würfelflächen zeigten, während die Ecken durch Oktaederflächen abgestumpft waren. Die Würfel, deren Kantenlänge gelegentlich etwa 7 cm erreichen kann, sind nur dann allseitig gleichmäßig ausgebildet, wenn sie als Einzelkristalle auf den Grenzflächen zwischen röt-

lichem Mikroklin, weißem oder grünlichem Oligoklas-Albit und grauem Quarz eingewachsen sind; sie sind dann gelegentlich teilweise in die Feldspäte etwas eingedrungen, werden aber in anderen Fällen allseitig von grauem Quarz umschlossen, so daß sie wahrscheinlich dem Pegmatitquarz annähernd gleich alt sind (Taf. 2, Fig. 2 u. 3).

Sehr viel häufiger setzt der Uraninit in den Biotitzonen auf den Grenzflächen von Biotit gegen andere Mineralien auf (Quarz, Feldspäte, Allanit usw.) oder innerhalb der Biotitbücher selbst. Diese Kristalle sind dann stets annähernd in der Richtung einer Achse zusammengedrückt; außerdem sind die auf diesen Grenzflächen sitzenden Kristalle meist in einer für unsere Lagerstätten sehr charakteristischen Form ausgebildet. Während nämlich der dem Feldspat usw. zugewandte Teil der Kristalle scharf ausgebildete Würfelflächen und -kanten zeigt, ist der in den Glimmer hineingewachsene Teil als eine Art Stufenoktaeder ausgebildet, das aber gelegentlich etwas schief zu den Würfelflächen sitzen kann. Diese flachgedrückten Würfel mit den aufgesetzten Stufenoktaedern treten entweder einzeln, oder in größerer Anzahl derart miteinander verwachsen auf, daß plattenförmige Aggregate entstehen, die bis zu einem Quadratdezimeter groß werden können.

Wenn Uranerzkristalle allseitig im Glimmer liegen, so ist die Form des „Stufenoktaeders“ niemals nach beiden Seiten in den Glimmer hinein ausgebildet, so daß etwa oktaederähnliche Kristalle entstünden, sondern das Stufenoktaeder ist stets nur an einer Seite, meist auf einer Würfelfläche, gelegentlich etwas schräg dazu ausgebildet, während auf der anderen Seite rundum die Würfelflächen vorliegen (Taf. 3, Fig. 1 u. 2).

Mehrfach wurde beobachtet, daß die Uranpecherzwürfel an der Grenze Biotit gegen Oligoklas-Albit in den letzteren hineingewachsen sind mit wohl ausgebildeten Flächen und Kanten (Taf. 2, Fig. 3). Selten sind in den Glimmerzonen nierenförmige, anscheinend kryptokristalline Aggregate von Uranpecherz. Die oben erwähnten, in einem Fall beobachteten, echten Oktaeder wurden mit Würfeln zu einem plattenförmigen Aggregat verwachsen in Biotit gefunden.

Der Mikroklin ist in der Nähe des Uranpecherzes mehr oder weniger kräftig rotbraun gefärbt, ähnlich dem Kalkspat der Joachimstaler Gänge. Der Oligoklas-Albit dagegen ist nur unmittelbar am Kontakt mit dem Uranerz auf 1–3 cm Entfernung schwach gerötet. Eine ähnlich starke färbende Einwirkung auf den Mikroklin wurde nur beim Allanit beobachtet.

Der Quarz auf den Gängen ist in der Nähe von Uranpecherz stets dunkelgrau gefärbt; dieser dunkle Quarz wurde daher von uns mit Erfolg als Anzeichen für die Auffindung von Uranerz angesehen.

In seiner überwiegenden Menge ist das Uranpecherz auf die Biotit führenden Zonen der Pegmatitgänge gebunden; gelegentlich aber finden sich kleinere Kriställchen im Granitgneis am Kontakt mit dem großen Gang IIIa bis zu etwa 20 cm vom Gang entfernt; das Uranerz ist also aus dem Pegmatitgang in den Granit eingewandert, ähnlich wie der Titanit.

Die Uranerzkristalle treten, wie betont, fast stets auf den Grenzflächen zwischen anderen Mineralindividuen auf, niemals werden sie von einem Mineral außer Quarz vollständig umhüllt, die ganze Art des Auftretens des Uranpecherzes zeigt, daß die Hauptgeneration jünger ist als die Silikate

der Biotit führenden Zonen; sie gehören also einer etwas jüngeren Generation an. Auch wenn ein Uranpecherzkristall gelegentlich im Oligoklas-Albit sitzt, so handelt es sich offensichtlich um eine sekundäre Verdrängung des Feldspates durch das Uranerz, etwa analog der Bildung von Pyritporphyroblasten im Tonschiefer.

Die Uranpecherzkristalle sind stets überzogen von einer mehr oder weniger dicken Kruste von verschiedenen Zersetzungsprodukten, die auch auf Sprünge in das Innere der Kristalle eindringen; deren Farben sind orange-rot, eigelb, grünlichgelb und weiß.

Die zur Verfügung stehenden Mengen dieser Zersetzungsprodukte reichten aber nicht aus zur Anfertigung von einwandfreien Analysen.

Die folgende Analyse von Uranpecherz, ausgeführt an ausgesuchtem reinem Material, das auch im Anschluß frei war von irgendwelchen sichtbaren Verunreinigungen, verdanke ich meinem Kollegen Dr. HANS HALLER.

U O ₂	}	74,84%
U O ₃		
Pb O		10,18
Th O ₂		8,41
Yttererden und Cererden	}	4,27
Te ₂ O ₃		
Ca O		0,93
Mg O		Spur
Si O ₂		0,38
		99,35
Sp. G.		9,098

Unter den selteneren Erden wiegen die Yttererden wesentlich vor, während Cererden nur in geringen Mengen vorhanden sind.

11. Orthit (Allanit) ist schon im Granitgneis als primärer Gemengteil vorhanden, wie bei der Beschreibung dieses Gesteins bereits erwähnt; aber er ist auch ein ziemlich häufiger Bestandteil der Pegmatitgänge. Er bildet in ihnen oft große Kristalle, die gelegentlich über 40 cm größte Länge erreichen können. Die Kristalle zeigen teilweise mehrere gut ausgebildete Flächen, sind aber oft so fest mit den übrigen Mineralien verwachsen, daß es schwer wird, brauchbare Flächen zu gewinnen; die Kristalle sind häufig quer tafelig nach (001) ausgebildet; die Farbe ist schwarz, pech- bis fettglänzend; Strich graugrün.

Mehrfach wurden Kristalle gefunden, die vollständig von Mikroklin umschlossen sind; dieser ist dann dunkel rotbraun gefärbt, ganz entsprechend der Färbung in der Nähe von Uranpecherz. Der Allanit ist also sehr stark radioaktiv; das zeigt sich auch in seiner intensiven Einwirkung auf die photographische Platte. Der Feldspat ist auf die Oberfläche der Kristalle fest aufgewachsen und von Klüften durchsetzt, die von den Kristallflächen senkrecht nach außen angeordnet sind. Der Grund der Klüftung ist nicht eindeutig zu erklären (Abb. 2, Taf. 4).

Der Orthit ist auf die Biotit führenden Teile der Pegmatitgänge beschränkt; er wurde nur mit Mikroklin, nie mit Oligoklas-Albit verwachsen beobachtet; die Art seiner Verwachsung mit dem Feldspat und Biotit beweist die gleichzeitige Ausscheidung dieser Mineralien; auch ein Teil des Quarzes scheint bereits in diesem Stadium fest geworden zu sein.

Die folgenden Analysen wurden in Johannesburg von Kristallen des großen Ganges IIIa angefertigt:

	1.	2.	3.
Si O ₂	33,4	32,8	32,4
Fe ₂ O ₃	17,0	17,2	18,6
Al ₂ O ₃	10,6	10,4	13,8
Ce O ₂ -Gruppe	23,2	22,4	15,9
Ca O	10,2	7,8	11,9
Mg O	0,3	1,7	1,4
Glühverlust	4,8	7,1	5,8
	<hr/>	<hr/>	<hr/>
	99,5	99,4	99,8
Sp. G.	3,4	3,2	3,22

12. Gadolinit wurde verhältnismäßig selten und nur auf wenigen Gängen beobachtet, namentlich auf einigen kleinen Uranpegmatitgängen an der Mündung der Orlogskloof in das Back Rivertal. Er wurde verwachsen beobachtet mit Oligoklas und mit Mikroklin; sein Verbreitungsgebiet ist der innere Teil der Biotitzonen. Die bis 10 cm großen prismatischen Kristalle zeigen oft einzelne gute Kristallflächen mit deutlich erkennbarer Streifung; da aber die Kristalle stets nur am Ausgehenden gefunden wurden, so sind die Kanten durch Verwitterungsätzung stark korrodiert, während die Flächen nur angeraut sind, und da an den einzelnen Kristallen nur wenige Flächen gut ausgebildet sind, so bereitet ihre Aufstellung Schwierigkeiten.

Das Vorkommen des Gadolinites in den Uranpecherzgangen ist deswegen von besonderem Interesse, weil durch den ungewöhnlich hohen Be-Gehalt eine Brücke zu dem Beryll-Pegmatitgang an der Orlogskloof (vgl. S. 9) geschaffen ist.

Ein Muster aus einem der kleinen Gänge in der Nähe des großen Pegmatitganges IIIa ergab folgende Zusammensetzung:

Be O	12,34%
Mg O	Sp.
Ca O	0,56
Fe O	12,70
Y ₂ O ₃	33,90
(La, Di) ₂ O ₃	} 17,30
Ce ₂ O ₃	
Si O ₂	23,62
Th O ₂	Sp.
Alkalien	Sp.
H ₂ O	0,55
	<hr/>
	100,97

13. Der Fergusonit ist anscheinend ausschließlich an die mittleren Zonen der großen Gänge gebunden; er ist daher ganz vorwiegend mit Oligoklas-Albit, nur untergeordnet mit Mikroklin verwachsen, derart, daß die annähernd gleichzeitige Ausscheidung beider Mineralien augenscheinlich ist.

Der Fergusonit kommt in zwei Ausbildungsformen vor, die in Wirklichkeit ganz ähnlich sind, die aber doch nicht gleich auf den ersten Blick erkennen lassen, daß es sich um das gleiche Mineral handelt.

Der erste Typ bildet lange, sehr steile Pyramiden oder Prismen mit aufgesetzter spitzer Pyramide, die mehr als 10 cm Länge und über 2 cm Durchmesser erreichen können; seine Farbe ist tiefschwarz, in feinen Splintern rötlichbraun durchscheinend; er besitzt muscheligen Bruch und lebhaften Glasglanz. Die Stengel sitzen teils einzeln, teils zu mehreren mehr oder weniger parallel oder mit Andeutung radialer Anordnung in verschiedenen Abständen nebeneinander. Nicht selten sind auch zusammengesetzte Kristallaggregate, derart, daß sich an einen oder mehrere, die Mittelachse bildende große Kristalle kleinere spitzpyramidale Kristalle mit Winkeln von 40–50° gegen die Spitze geneigt ansetzen, die dem ganzen Aggregat einen tannenbaumartigen Habitus verleihen. Mit diesem Typ ist grauer Zirkon häufig vergesellschaftet (Taf. 4, Fig. 1).

Der zweite Typ ist ausschließlich in Oligoklas-Albit eingewachsen; dieser Typ bildet stets radialstrahlige Büschel, die gelegentlich Kopfgröße erreichen; in diesen Büscheln bildet der Fergusonit aber niemals größere Einzelkristalle, sondern die einzelnen meist allseitig gut ausgebildeten lanzettförmigen spitzen Bipyramiden haben im allgemeinen einen Durchmesser von 0,1–0,5 mm und eine Länge von etwa 1–3 mm, größere Kristalle sind selten; die Kriställchen sind zum Teil zu mehreren nebeneinander angeordnet, und zwar entweder parallel der Längsachse oder parallel einer der beiden Pyramiden, so daß die Gegenpyramiden fächerförmig divergieren; gelegentlich aber sind Einzelkristalle und Kristallaggregate auch derart neben- und übereinander gefügt, daß sie makroskopisch den Eindruck eines größeren langgestreckten Kristalls machen. Die Einzelkristalle und Kristallgruppen sind dann in Richtung ihrer Hauptachsen derart aneinander gereiht, daß zahlreiche langgestreckte Stengel entstehen, die von einem Zentrum nach allen Richtungen divergieren; diese radialen Stengel sind derart in den Oligoklas-Albit eingewachsen, daß sie dessen Zwillingslamellen durchsetzen, ohne sie irgendwie in der Ausbildung zu beeinflussen (Taf. 1, Fig. 2).

Die Kristallisation des Fergusonites hat offenbar etwas früher eingesetzt als die der Feldspäte.

Die Kriställchen des zweiten Typs sind dunkel gelblichbraun; in ihren äußeren Teilen sind sie häufig in eine trübe graue Substanz umgewandelt, vermutlich durch Wasseraufnahme; wegen der geringen vorhandenen Mengen konnte diese nicht näher untersucht werden.

Zirkon ist mit diesem Typ nicht vergesellschaftet.

Die folgenden Analysen sind von Dr. HALLER und Dr. HELLMERS im Laboratorium der Preuß. Geol. Landesanst. angefertigt.

	1. Grobstengliger Fergusonit (Typ 1) Anal. Haller	2. Feinstrahliger Fergusonit (Typ 2) Anal. Hellmers
Mg O	0,50	0,69
Ca O	2,12	1,31
Fe O	0,27	0,07
Al ₂ O ₃	Sp.	0,43
Y ₂ O ₃	36,40	36,40
Ce ₂ O ₃	0,28	0,21
Si O ₂	0,95	1,32
Ti O ₂	1,81	2,50
Sn O ₂	0,40	0,03
Zr O ₂	0,85	2,26
Th ₂ O	2,35	0,29
U O ₃	7,48	7,89
Nb ₂ O ₅	16,76	13,12
Ta ₂ O ₅	28,23	32,91
W O ₃	0,07	Sp.
H ₂ O	1,62	0,62
C O ₂	nicht vorhanden	nicht vorhanden
	100,09	100,05
Sp. G.	5,488	

14. Zirkon ist grau, teils mit Stich ins olivgrüne, teils mit Stich ins bräunlich-gelbe, mit Fett- bis Glasglanz; er tritt meist in kleinen trüben, nur kantendurchscheinenden körnigen Aggregaten meist ohne eigene Kristallbegrenzung auf; gelegentlich auch in größeren dichten Massen, die mehr als doppelte Faustgröße erlangen können. Seine Heimat ist die Mittelzone der großen Gänge, wo er mit Fergusonit in Oligoklas-Albit eingewachsen ist, derart, daß der Feldspat ein wenig jünger ist als Zirkon und Fergusonit.

In einem Falle wurde Fergusonit beobachtet, in großen Kristallen eingewachsen in eine Grundmasse von dichtem, trübem Zirkon, dieser umschließt außerdem sehr kleine Uranpecherzkristalle, die zum größten Teil in Uranocker übergegangen sind.

Die im Laboratorium der Preuß. Geol. Landesanst. von Dr. HELLMERS angefertigte Analyse zeigt, daß der Zirkon unserer Pegmatitgänge durch einen sehr hohen Gehalt an Yttrium, an Uran und an Wasser ausgezeichnet ist; dadurch ist unser Zirkon sehr ähnlich den Analysen der von DOELTER in seinem Handbuch der Mineralchemie als Cyrtolith zusammengefaßten Abarten, namentlich den dort angegebenen Analysen 43 und 44 von Ytterby.

Der Zirkon des Back Rivertales enthält neben dem Yttrium und dem Cerium noch Uran, Tantal, ferner Titan, die in den meisten bei DOELTER mitgeteilten Analysen oft ganz fehlen. Ob der Wassergehalt durch Verwitterung, wie manche Autoren annehmen, oder durch Wasseraufnahme beim Nachschub der hydrothermalen Phase bedingt ist, bleibt ungeklärt, der Zirkon

der Back-Rivergänge macht einen durchaus frischen Eindruck; es ist durchaus möglich, daß die wasserhaltigen als Cyrtolith bezeichneten Arten, die auch durch einen wesentlichen Gehalt an seltenen Erden gekennzeichnet sind, eine selbständige Abart darstellen, wie auch DOELTER (Handb. III, 1, S. 140) annimmt; vielleicht ist der Wassergehalt ebenfalls primär. Die geringe gefundene Menge CO_2 könnte durch Einwanderung von Kalk während der letzten hydrothermalen Phase bedingt sein und braucht nicht für Verwitterung zu sprechen.

Die folgende Analyse des graubraunen Zirkons aus dem großen Pegmatitgang III a im Back Rivertal verdanke ich meinem Kollegen Dr. HELLMERS.

Mg O	0,41%
Ca O	1,78
Fe O	1,02
Al_2O_3	nicht vorhanden
Y_2O_3	8,93
Ce_2O_3	1,16
SiO_2	24,68
TiO_2	1,12
SnO_2	nicht vorhanden
ZrO_2	43,07
ThO_2	nicht vorhanden
UO_3	2,19
Nb_2O_5	nicht vorhanden
Ta_2O_5	1,08
WO_3	nicht vorhanden
H_2O	12,68
CO_2	0,89
	99,01

Verhältnis $\text{ZrO}_2 : \text{SiO}_2 = 63,57 : 36,43$.

15. Scheelit kommt in grauen derben Massen, fast stets ohne Andeutung von Kristallflächen vor, verwachsen mit Quarz, Oligoklas-Albit, Allanit und Biotit; seine Farbe ist ähnlich der des Quarzes in der Nähe von Uranpecherz; durch den stärkeren Fettglanz, die Spaltbarkeit, und die geringere Härte ist er aber stets ohne weiteres zu unterscheiden. Im ganzen ist Scheelit selten und wurde nur auf dem großen Gang III a in den Biotitzonen beobachtet. Das Altersverhältnis des Scheelits zu den übrigen Mineralien ist an Hand der verhältnismäßig wenigen Funde nicht ganz eindeutig festzustellen; sehr wahrscheinlich aber ist er jünger als die Feldspäte, Allanit und Biotit; eine Verwachsung mit Mikroklin wurde auffallenderweise nicht gefunden. Ob sich aber daraus etwa genetische Schlüsse ziehen lassen, ist zweifelhaft.

Wolframit fehlt auf den Uran führenden Pegmatitgängen vollständig; die Wolframit führenden Pegmatite unseres Gebietes führen keinerlei Uran-, Cerium- oder Thoriumerze, auch fast keinen Biotit, sondern vorherrschend Muskowit und scheinen etwas jünger zu sein als die Urangänge. Wahrscheinlich stehen sie im Alter ungefähr dem Beryll-Pegmatitgang gleich.

16. Turmalin, der gewöhnliche schwarze Schörl, findet sich nur in kleinen Mengen und stets in Aggregaten kleiner Kristalle und Kriställchen in den Uranpegmatiten, während er in vielen anderen, z. B. in dem erwähnten Beryllpegmatit, in großen über 30 cm langen und bis 5 cm dicken Säulen auftritt. Der Turmalin der Urangänge ist im Verhältnis zur Hauptmenge der Gangminerale stets eine wesentlich jüngere Bildung, er sitzt in kleinen Taschen und Hohlräumen zwischen den älteren Mineralien. In einem als III b bezeichneten kleinen Pegmatitgang bildet der Turmalin Nester in der Mittelzone, die Enden der Kriställchen ragen z. T. frei in offene Hohlräume hinein.

Im ganzen ist der Turmalin auf den Urangängen ziemlich selten; er ist nicht an die stark mineralisierten Biotitzonen gebunden, sondern kommt überall da vor, wo nach Ausscheidung der Hauptgemengteile in den Gangspalten noch Wege für die nachströmenden Gase offen blieben, besonders also in den mittleren Zonen der Gänge, soweit dieselben symmetrisch gebaut sind.

17. Kalkspat tritt in Trümchen auf unregelmäßigen Spaltrissen in Feldspäten auf und durchtrübert gelegentlich den Mikroklin in feinen Häutchen vorwiegend parallel der T-Fläche; er bildet ferner, allerdings sehr selten, Kristallaggregate und vereinzelt über faustgroße Skalenoeder, die in Hohlräumen in der Gangmittelzone sitzen. Die Kristallflächen sind häufig durch Ätzzillen rau, vermutlich durch deszendente Lösungen; die Kalkspäte der wesentlich jüngeren hydrothermalen Spaltenfüllungen unseres Gebietes zeigen am Ausbiß ganz ähnliche Anätzungen der Kristallflächen.

Gelegentlich sind die Skalenoeder der Pegmatitgänge überzogen von jüngerem Muskowit, dessen senkrecht auf den Kalkspatflächen stehende Blättchen eine Größe von etwa einem Quadratzentimeter erreichen können. Diese Muskowitüberzüge zeigen durch ihr Aufsitzen auf dem Kalkspat an, daß sie bereits im Grenzgebiet der pneumatolytischen zu den hydrothermalen Bildungen liegen, ebenso wie die gelegentliche Umwandlung der im Mikroklin liegenden Kalkspathäutchen in Flußspat mit heiß-hydrothermale bis pneumatolytische Gepräge.

18. Flußspat, dunkelviolettblau, in der für pneumatolytische Absätze charakteristischen Farbe, kommt in den Urangängen verhältnismäßig selten vor. Er tritt ähnlich wie der Kalkspat in zweierlei Art auf:

a) in kompakten, ziemlich grobkristallinen Massen von Stecknadelkopf- bis zu Wallnußgröße in Zwickeln zwischen anderen Mineralien, besonders Feldspäten; der Flußspat kann sich an den Grenzen gegen die Feldspäte etwas Raum schaffen. Nicht selten ist dieser Flußspat an einzelnen Stellen mit Serizithäutchen überzogen.

b) Flußspat tritt fleckenhaft auf Klüften der Spaltflächen im Mikroklin auf, parallel der T-Fläche, nie parallel M und P, die doch am besten ausgebildet sind, während die Spaltflächen parallel T stets etwas rau sind; ferner auf unregelmäßig den Mikroklin durchsetzenden Sprüngen. Dieser Flußspat ist stets entstanden aus feinen Kalkspathäutchen, die den Feldspat auf den gleichen Spaltrissen in größerem Zusammenhange durchziehen.

Der Flußspat ist das jüngste Mineral auf den Uran-Pegmatitgängen.

19. Sulfide. Von Sulfiden sind nur Kupferkies und Pyrit vorhanden, und zwar wurden beide niemals im Innern der Gänge beobachtet, sondern stets nur an den Salbandzonen und zwar teils in den schmalen, bereits grobkörnigen Übergangszonen zum Nebengestein, teils im wenig veränderten Nebengestein selbst, wenige Zentimeter vom Kontakt entfernt. Im allgemeinen sind die Sulfide selten und bilden höchstens haselnußgroße Einsprengungen unter deutlicher Verdrängung der Feldspäte. Stets tritt mit ihnen zusammen braunschwarzer Titanit in der oben erwähnten Form des kleinen „Briefkuverts“, häufig außerdem kleine Turmalinsonnen, auf. Das Altersverhältnis zwischen dem häufigeren Pyrit und dem selteneren Kupferkies ist nicht eindeutig festzulegen; vermutlich sind beide ungefähr gleich alt.

Das Zusammenvorkommen der beiden Sulfide mit Turmalin deutet darauf hin, daß sie anscheinend zu den ältesten Ausscheidungen der Pegmatitphase an den Abkühlungsflächen des Granitgneises gehören und es ist auffällig, daß Magnetkies in den Aufschlüssen ganz fehlt; es ist also genügend Schwefel für die Absättigung der geringen Eisenmengen stets vorhanden gewesen. In den hydrothermalen Kalkspat-Flußspat-Quarzgängen des Gebietes, die als die letzten Differentiationsprodukte des Granitmagmas aufzufassen sind, fehlen dagegen Sulfide auffälligerweise ganz.

20. Kaolin und die Zersetzungsprodukte der Pechblende sind hier nicht weiter berücksichtigt.

6. Die Anordnung der Mineralien in den Uranpegmatitgängen

Eine Anzahl von Gängen wurde durch Schürfarbeiten sehr genau untersucht, so daß man ein gutes Bild über die Anordnung und Verteilung der einzelnen Mineralien in den Gängen erhalten konnte.

Einer der größten und der durch größere Schürfarbeiten am besten von allen aufgeschlossene Gang war der als III a bezeichnete, unmittelbar am

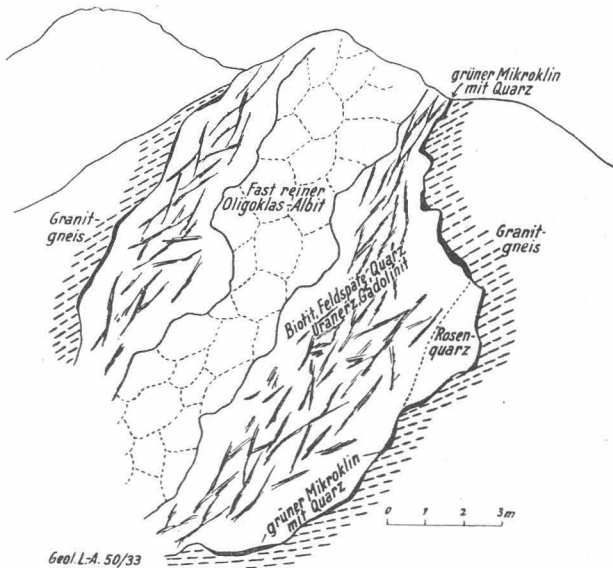


Abb. 2

Schematisches Profil des Uran-Pegmatitganges III a

östlichen Steilhang des Back Riverlaufes, der in dem Aufschluß eine Mächtigkeit von 20–30 m besitzt (Profil Fig. 2). Die Ränder des Ganges bestehen aus einer Lage grobkörnigen granitischen Gesteins, das vorherrschend aus grünlichem Mikroklin mit etwas grauem Quarz besteht; in dieser Zone treten gelegentlich vereinzelt kleine Würfel von Uranpecherz auf; die Breite der Zone beträgt meist 5–10 cm. Der Granitgneis im Kontakt ist auf einige Zentimeter unter wesentlicher Beibehaltung seines Mineralbestandes zu größerem Gefüge umkristallisiert. Eingewandert sind Titanit, seltener Turmalin, Sulfide, Uranpecherz.

Darauf folgt von den Rändern nach dem Innern des Ganges zu, beiderseits ziemlich symmetrisch angeordnet, je eine Zone, deren Breite zwischen 3 m und 7 m wechselt, und die aus einem riesenkörnigen Gemenge von Mikroklin, Oligoklas-Albit, Quarz und Biotit in sehr großen Tafeln besteht. In diesen im Gang III a sehr schön ausgebildeten Zonen liegt der Hauptteil des Uranerzes, das vorwiegend in den großen Glimmerpaketen sitzt, meist an den Grenzflächen zwischen dem Biotit gegen die dem Glimmer eingeschalteten Quarz- und Feldspateinlagerungen; weiterhin liegt das Uranerz auch nicht selten eingeschlossen zwischen dunkelgrauem Quarz und Feldspäten, von denen der Mikroklin intensiv rotbraun gefärbt ist, während der Oligoklas-Albit nur in unmittelbarer Nähe des Uranerzes schmale schwach rötlich-bräunlich gefärbte Säume zeigt. In dieser Zone ist eine deutliche Abnahme des Mikroklin von den Rändern nach der Mittelzone hin und statt dessen eine Zunahme des Oligoklasgehaltes in gleicher Richtung zu bemerken. Daneben führt diese Zone Orthit und Gadolinit in sehr großen Kristallen, auch etwas Scheelit und kleine Mengen von Flußspat. Im Ausgehenden

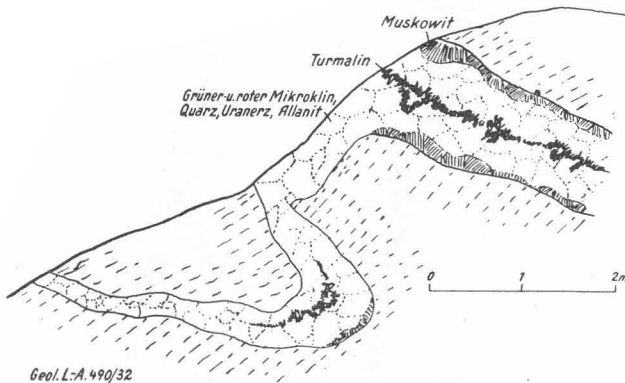


Abb. 3. Profil des Pegmatitganges IIIb

treten sehr schöne große Partien von Rosenquarz auf, der in allen Aufschlüssen nach der Tiefe hin bald in ungefärbten Quarz übergeht; man gewinnt in den Aufschlüssen den Eindruck, daß die Rotfärbung durch Verwitterung oder Einwirkung des Lichtes bedingt sei. Die Farbe ist in der starken Sonnenbestrahlung der Kalahari lichteht, im Gegensatz zu anderen Rosenquarzen.

Die mittlere etwa 3–9 m mächtige Partie des Ganges besteht ganz vorwiegend aus weißem Oligoklas-Albit und weißem Quarz, als Nebengemengteil Fergusonit, der meist im Oligoklas-Albit eingewachsen ist; er tritt unregelmäßig nesterförmig auf; ferner sitzen in dieser Zone hauptsächlich die jüngeren Mineralien, Kalkspat, Flußspat, Turmalin sehr unregelmäßig verteilt.

Partien mit schriftgranitischer Verwachsung von Quarz mit Feldspäten, manchmal von mehreren Kubikmetern Rauminhalt, treten sowohl in den Biotitzonen wie in der Mittelpartie auf; sie führen andere, jüngere Mineralien nur in seltenen Fällen.

Dem eben beschriebenen großen III a-Gang gegenüber liegt am westlichen Hang des Flußufers ein kleiner Pegmatitgang, von den Prospektoren als III b bezeichnet (Profil Fig. 3); er gehört der gleichen Gruppe an, bietet aber einige interessante Besonderheiten. Zunächst weicht er dadurch von allen übrigen untersuchten Gängen ab, daß er an seinen Salbändern stellenweise senkrecht zu diesen angeordnete Aggregate von Muskowit nebst Quarz führt. Eine solche älteste Muskowitgeneration ist sonst unbekannt. Darüber folgt an einzelnen Stellen etwas Schriftgranit; die Hauptmasse bildet eine Gangausfüllung von grünlichem und rötlichem Mikroklin, beide Farben nebeneinander, Albit tritt sehr zurück. Entweder bilden die Feldspäte die ganze Gangfüllung, oder sie sind bilateral symmetrisch angeordnet, während eine

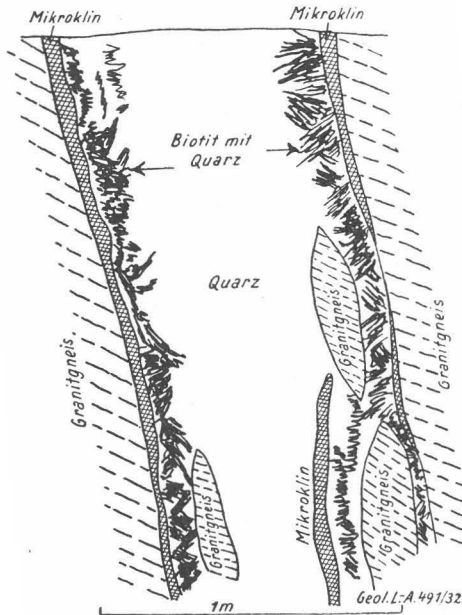


Abb. 4. Skizze des kleinen Ganges III d

schmale Mittelzone mit z. T. noch offenen Hohlräumen filzig verwachsene schwarze Turmalinnädelchen in nesterförmiger Anordnung führt. Der grüne Mikroklin ist häufig pegmatitisch mit Quarz verwachsen. Zwischen den Feldspäten tritt etwas Biotit auf, und mit ihm vergesellschaftet Uranpecherz und Orthit. Dem Gang fehlt also die aus Albit und Quarz bestehende Mittelzone.

Ein kleiner Gang (III d) (Profil Fig. 4) am Wege vom Lager zu dem großen III a-Gang zeigt eine andere interessante Abweichung von der üblichen Zusammensetzung: an beiden Salbändern ist zunächst eine 1–2 cm starke Schicht von Mikroklin mit untergeordnetem Quarz ausgeschieden, ähnlich dem III a-Gang. Darüber folgt beiderseits eine Zone mit einem Gemenge von Biotit und Quarz; der Biotit steht aber mehr oder weniger senkrecht zum Salband. Stellenweise kann die Mikroklinzone fehlen, dann liegen die Biotitzonen unmittelbar am Salband. Die mittlere Partie besteht aus Quarz allein,

und diese ausschließliche Quarzfällung dürfte vielleicht einen Übergang zum Stadium der heißhydrothermalen Bildungen anzeigen. Der Gang umschließt mehrere große Blöcke des Nebengesteins; senkrecht auf deren Oberflächen ist ebenfalls Biotit in größeren Platten ausgeschieden; gelegentlich liegt dann auf und zwischen dem Biotit noch eine dünne Lage von Mikroklin.

Der Gang Ic (Profil Fig. 5), nördlich von den eben besprochenen gelegen, führt an den Salbändern weißen Mikroklin mit orientiert eingewachsenem Quarz; darüber folgt, wie im Gang III a, eine Zone mit großen Biotitbüchern, Feldspäten, etwas Quarz, nebst Uran- und Ceriummineralien. Zwischen diese Zonen und das Mikrokliniband können sich große Nester von weißem, auch dunkelgrauem Quarz einschieben, am Ausgehenden etwas Rosenquarz; Feldspäte treten in diesen Quarzmassen selten auf. Die mittlere Partie besteht, wie auf dem III a-Gang, ganz vorwiegend aus einem Gemenge von Oligoklas-Albit und weißem Quarz ohne nennenswerte Beimengungen anderer Mineralien.

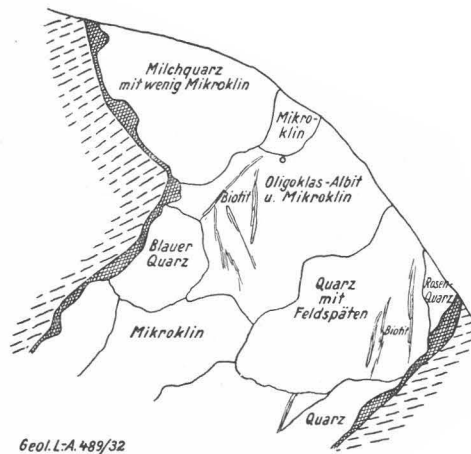


Abb. 5. Skizze des Ganges Ic

Die wenigen angeführten Beispiele mögen genügen, um zu zeigen, daß die Ausfüllung der Uranpegmatitgänge gewissen interessanten Schwankungen unterworfen ist, aber doch eine sehr bemerkenswerte Gleichartigkeit zeigt.

Die Gänge sind also fast stets deutlich bilateral symmetrisch gebaut und führen an den Salbändern als erste Ausscheidungen Beläge vorwiegend von Mikroklin, also von Kalifeldspat mit oder ohne Quarz.

Der als eins der Beispiele angeführte Gang III b bildet auch unter Berücksichtigung der vielen weniger gut aufgeschlossenen und hier nie erwähnten Gänge die einzige Ausnahme in dieser Beziehung, da an seinen Salbändern stellenweise Muskowit, also Kaliglimmer, als ältestes neben Quarz abgesetzt ist; aber auch hier folgt über diesen Muskowitzonen, z. T. mit einer Zwischenschaltung von Schriftgranit, eine Mikroklinzone, die dann aber bei der geringen Ausdehnung meist die ganze Gangmächtigkeit einnimmt.

In den übrigen Fällen folgt zu beiden Seiten des Ganges, und namentlich gut ausgeprägt überall da, wo es die Mächtigkeit der Gänge zuläßt, die „Biotitzone“, wie ich sie nennen möchte, d. h. eine Zone, die aus Feldspäten, im äußeren Teil vorherrschend Mikroklin, nach innen Albit an Menge zunehmend, ferner Quarz und Biotit in meist großen Tafeln besteht und die die Hauptmenge der Mineralien mit seltenen Erden führt, also Uranpecherz, Orthit, Gadolinit, Fergusonit, ferner Titanit und Titaneisen. Diese seltenen Mineralien treten in von Ort zu Ort außerordentlich wechselnden Mengen auf; namentlich das Uranpecherz ist an vereinzelt Stellen sehr häufig, während es auf große Erstreckung der Gänge sonst fehlen kann.

Die mittlere Partie besteht ganz vorwiegend bis ausschließlich aus einem riesenkörnigen Gemenge von Oligoklas-Albit und Quarz, bald wiegt der eine Bestandteil vor, bald der andere; schriftgranitische Verwachsung ist häufig. Mikroklin bzw. Orthoklas fehlen hier so gut wie ganz.

Da, wie bei Pegmatitgängen üblich, die Mächtigkeit der Gänge häufig sehr stark wechselt, so können einzelne Zonen soweit an Mächtigkeit einbüßen, daß sie nur noch unwesentlich in Erscheinung treten. Gelegentlich kann der Quarz derart Überhand über die Feldspäte gewinnen, daß stellenweise eine rein quarzige Gangausfüllung auftritt.

Unsere Uranpegmatite sind auffallend ähnlich zusammengesetzt den von BRÖGGER (1906) aus der Gegend von Ytterby beschriebenen, die er als seinen Typ I b bezeichnete und die NIGGLI (1920, S. 179 ff.) seinem Typus 4 einreichte.

7. Die Geochemie der Gänge und Altersfolge der Gangmineralien

ist verhältnismäßig einfach.

Die ersten Ausscheidungen an den Salbändern sind stets kaliumhaltige Silikate, in allererster Linie Mikroklin, mit zurücktretendem Quarz; in nur einem Falle ist eine noch ältere Generation von Muskowit, also Kaliglimmer mit Quarz beobachtet; die Lösungen haben also in diesem Stadium stets Kalium, nur untergeordnet Natrium, enthalten.

Es folgt dann die Biotitzone mit der Hauptgeneration der Feldspäte und Quarz. Bei wenig mächtigen Gängen herrscht hier der Mikroklin im allgemeinen fast allein; in den mächtigen Gängen herrscht der Mikroklin im äußeren Teil dieser Zone im allgemeinen ganz allein, während nach der Gangmitte hin der Oligoklas-Albit allmählich zunimmt und schließlich den Mikroklin fast ganz ersetzt; Verwachsungen der beiden Feldspäte aus dieser Zone zeigen gelegentlich, daß der Albit eine etwas jüngere Ausscheidung ist, als der Mikroklin. Die ersten Ausscheidungen bestehen also lediglich aus Kalifeldspat; der in den pegmatitischen Lösungen vorhandene Natrongehalt macht sich zunächst nur in Form von Albitleisten und Einschlüssen im Mikroklin bemerkbar. Gestattet die Weite der Gangspalten eine weitere Materialzufuhr, d. h. sind die Spalten noch nicht durch Mikroklin ausgefüllt, so zeigt es sich, daß der Natrongehalt der Lösungen bald derart zunimmt, daß noch in der Biotitzone Oligoklas-Albit in selbständigen großen Individuen auftritt und nach innen hin den Mikroklin mehr und mehr verdrängt.

Schließlich nimmt der Natrongehalt der Lösungen gegen den an Kalium derart überhand, daß die Mittelzone der Gänge, soweit ausgebildet, fast ausschließlich aus Oligoklas-Albit und Quarz besteht.

Der Biotit ist ungefähr gleich alt mit dem Mikroklin der Hauptgeneration, aber deutlich älter als der Oligoklas-Albit; die Lamellen von Quarz mit Albit sind nebst Titaneisen in die Biotitbücher injiziert und später in den kristallinen Zustand übergegangen. Mikroklin ist niemals derartig mit dem Biotit verwachsen.

Quarz ist natürlich zu allen Zeiten während der Gangaufüllung ausgeschieden worden, aber seine Hauptgeneration ist jünger als die Feldspäte; er füllt als Kristallisationsrest überall die Hohlräume zwischen den übrigen Mineralien. Es ist also nicht ganz richtig, von mehreren Quarzgenerationen zu sprechen, da offenbar während der ganzen Bildungszeit der Gänge eine ununterbrochene Kieselsäurezufuhr stattgefunden hat; nur der für die Bildung der Silikate nicht verwendete Überschuß konnte Quarz bilden. Daher finden wir noch als Seltenheit in den Mittelzonen einiger Gänge Quarzkristalle, die jünger sind als die eben besprochenen Silikate.

Von besonderem Interesse ist das Altersverhältnis der Mineralien der seltenen Erden Orthit, Gadolinit und Fergusonit.

Tabelle 1
Zeitliche Reihenfolge des Auftretens der wichtigsten Mineralien
in den Uranpegmatiten von Gordonia

	Aus- wanderung ins Neben- gestein	Randzone der Gänge	Biotitzone	Albitzone	Übergang zur hydro- thermalen Phase
Quarz	—	—	—	—	—
Mikroclin		—	—	—	
Oligoklas- Albit			—	—	
Biotit			—		
Muskowit		—			—
Titanit	—		—		
Titaneisen			—		
Pechblende	—	—			
Orthit			—		
Gadolinit			—		
Fergusonit				—	
Zirkon				—	
Scheelit			—		
Turmalin	—			—	
Kalkspat					—
Flußspat					—
Sulfide	—				

Geol. L.-A. 993/32

Der Orthit ist, soweit meine Beobachtungen reichen, ausschließlich mit Mikroclin verwachsen, der dann fast stets dunkel rotbraun gefärbt ist; die Verwachsung ist entweder so, daß auf gleichzeitige Ausscheidung zu schließen ist, oder der Feldspat umschließt den Allanit derart, daß der ausgebildete Orthitkristall völlig im Feldspat schwimmt, dagegen findet sich niemals Mikroclin als Einschluß im Orthit. Die Ausscheidung des Orthit hat also kurz vor der Hauptkristallisation des Mikroklins begonnen und auch früher aufgehört.

Gadolinit kommt sowohl mit Mikroclin wie mit Albit verwachsen vor. Die Feldspäte umschließt die Kristalle ganz oder teilweise derart, daß man die Kristallisation des Gadolinit ungefähr in die letzte Zeit der Mikroclin- und die erste Zeit der Albitausscheidung legen muß, die sich ja beide überschneiden.

Fergusonit kommt lediglich in Verwachsung mit Oligoklas-Albit vor, und zwar in derartigen Verwachsungen, und ganz besonders in der aus Quarz und Albit bestehenden Mittelzone, daß eine gleichzeitige Ausscheidung der beiden Mineralien sicher ist.

Die Festsetzung des relativen Alters in der Paragenesis der Gangmineralien begegnet beim Uranpecherz gewissen Schwierigkeiten.

Das Uranpecherz tritt, wie erwähnt, in seiner Hauptmenge auf den Grenzflächen anderer Mineralien gegen Biotit auf und ist teilweise ganz offensichtlich durch den Glimmer in der eigentümlichen Ausbildung seiner Kristalltracht beeinflusst. Die Ausscheidung dieses Uranpecherzes erfolgte also später, als die des Glimmers. Der Biotit grenzt nun im inneren Teil der Biotitzone der großen Gänge sehr oft gegen jüngeren Oligoklas-Albit, und wir erwähnten bereits, daß auch das Uranpecherz auf diesen Grenzflächen auftritt und daß es dann teilweise unter scharfer Ausbildung seiner Würfelform teilweise von dem Albit umschlossen sein kann, während der andere Teil in Form eines Stufenoktaeders in den Glimmer hineinragt; in solchem Falle entsteht natürlich die Frage, ob das Uranpecherz älter ist und von dem Albit umwachsen worden ist, oder ob der Albit bei Bildung des Uranerzes bereits vorhanden war; dann muß sich das Uranpecherz in ihm von der Oberfläche her Raum geschaffen haben. Gegen die erste Annahme, daß das Uranerz älter als der Albit sei, spricht die auf den Gängen ganz allgemein gültige Beobachtung, daß man niemals Uranpecherz eingeschlossen in Feldspäten findet, weder in Mikroklin, noch in Oligoklas-Albit; beim Fergusonit haben wir ja seine Verwachsung mit Albit erwähnt, beim Orthit die vollständige Umhüllung durch Mikroklin. Das einzige Mineral, von dem das Uranpecherz völlig eingeschlossen werden kann, ist Quarz, der in den randlichen Teilen der Gänge als Füllmasse zwischen Feldspäten liegt. Dieser Quarz ist natürlich jünger als die Feldspäte. Außerdem tritt nun aber das Uranpecherz in sehr kleinen Kristallen gelegentlich in den äußersten randlichen Teilen der Gänge auf und wandert von da aus auch gelegentlich auf ganz kurze Entfernung in das Nebengestein aus und bildet im Gneis kleine Einsprenglinge. Diese letzte Form weist darauf hin, daß bereits mit den ältesten Komponenten geringe Uranmengen in die Gänge eingewandert sind und zwar in einer leichter diffundierenden Form als die meisten übrigen Mineralien, denn von diesen ist mit Ausnahme von Titanit, Turmalin und Sulfiden niemals eine Auswanderung in das Nebengestein zu beobachten; das Nebengestein ist an den Salbändern weder verquarzt noch reicher an Feldspat, sondern nur zu größerem Korn umkristallisiert als gewöhnlich.

Der Hauptteil der Bestandteile des Uranpecherzes in den Gängen selbst aber muß unbedingt später eingewandert sein als die wesentlichen Bestandteile der Biotitzonen, und allem Anschein nach später als der ältere Teil des Oligoklas-Albits; das widerspricht eigentlich der Erfahrungstatsache (G. BERG, 1931), daß Uran im allgemeinen mit Kalium zusammenzugehen pflegt, denn der Mineralbestand der Gänge zeigt im Gegenteil, daß der anfangs herrschende Kaliumgehalt, der sich in der Herrschaft des Mikroklin ausdrückt, verhältnismäßig schnell durch Natrium zurückgedrängt wird, es entsteht mehr und mehr Oligoklas-Albit, der nur noch kleine Einschlüsse von Mikroklin enthält. Daß das Uranpecherz die Mineralgrenzen gegen den Biotit bevorzugt, mag vielleicht zum Teil damit begründet sein, daß hier die leichteste Zirkulationsmöglichkeit für jüngere Lösungen vorhanden war, zum andern Teil aber kann es keinem Zweifel unterliegen, daß die Uran führenden Lösungen erheblich weniger Kalium geführt haben müssen, als man nach den bisher üblichen geochemischen Erwägungen anzunehmen geneigt ist.

Die plattenförmigen Anhäufungen von Uranpecherzkristallen, die sich durchaus nach der Form der Grenzflächen zwischen Glimmer und Feldspat

richten, lassen keinen Zweifel daran, daß das Uranerz wesentlich jünger ist, als die Hauptgeneration der Pegmatitminerale in den Biotitzonen, aber älter als die Hauptgeneration des Oligoklas-Albits der Mittelzone. Dadurch wird es auch erklärlich, daß eine Reihe von Pegmatitgängen untersucht wurde, die alle übrigen oben charakterisierten Mineralien führten, aber kein Uranerz, jedenfalls, soweit die Aufschlüsse reichten. Die Pegmatite sind ja schon an sich Restlösungen und das Uranpecherz hat sich in Restlösungen angesammelt, die den Extrakt aus diesen darstellen; infolgedessen ist die Zufuhr durchaus unregelmäßig gewesen. Übrigens wurde gelegentlich eine nesterähnliche Anreicherung des Uranerzes in den Gängen beobachtet, an Stellen, an denen die Gänge nach oben geschlossene Ausbauchungen hatten; sehr große andere Teile desselben Ganges waren völlig frei von Uranerz.

Die häufige Neubildung von Serizit im Oligoklas-Albit, ebenso wie die gelegentliche Neubildung von Muskowit und die nicht seltenen Überzüge von Serizit auf den jüngsten Mineralien der Gänge (Kalkspat, Flußspat), Bildungen, die sehr wahrscheinlich annähernd gleich alt sind, zeigen, daß nach der anfänglichen starken Abnahme im letzten Stadium der Pegmatitphase, im Grenzgebiet gegen das heißhydrothermale Stadium eine erhöhte Kalizufuhr in den Restlösungen stattgefunden hat.

Aber die Annahme, daß etwa ein Teil der Pechblende mit dieser jüngeren Phase der Kalizufuhr eingewandert sei, wäre falsch, denn die Mittelzonen der großen Gänge führen zur Zeit der Bildung der Albitzone keine Pechblende, ihr Urangehalt ist im Fergusonit fixiert; die von den jüngsten Mineralien ausgekleideten Hohlräume vollends beherbergen keinerlei Spuren von uranhaltigen Mineralien.

Der wesentliche Teil der Uranpechblende ist zu einem Zeitpunkt ausgeschieden, als die magmatischen Lösungen einen sehr erheblichen Teil des Kaligehaltes der ersten Pegmatitphase eingebüßt hatten, und als wahrscheinlich der Natrongehalt den Kaligehalt zu überwiegen begann.

In vieler Beziehung ähnlich wie das Uranpecherz verhält sich der Titanit, nur sind die Mengenverhältnisse des Titanits in den einzelnen Generationen umgekehrt wie die des Urans. Gelegentlich tritt er in der unmittelbaren Nähe der Gänge, also beim Beginn der Pegmatitbildung, massenhaft im Granitgneis auf, wo das Uranerz nur in sehr geringen Mengen vorkommt; in den Biotitzonen dagegen, wo die Pechblende verhältnismäßig häufig ist, kommt er — ebenfalls auf den Mineralgrenzflächen, wie das Uranerz — dagegen nur als Seltenheit vor.

Der Urangehalt beginnt also beim Anfang der Pegmatitbildung mit geringen Mengen, die aber zur Bildung von Pechblende in vereinzelt Kriställchen in der Kontaktzone ausreichen, nimmt dann sehr langsam zu, erreicht beim Abschluß der Biotitzone ziemlich plötzlich sein Maximum, um dann schnell fast vollständig zu verschwinden. Der Titangehalt dagegen hat sein Maximum im Anfang der Pegmatitbildung, nimmt dann aber sehr schnell ab und verschwindet gleichzeitig mit dem Urangehalt; in der Albitzone reicht die Uranmenge ebenso wenig wie die des Titans aus zur Bildung eigener Mineralien; beide wurden aus den natriumreichen Lösungen im Fergusonit fixiert.

Tabelle 2
Zeitliche Reihenfolge des Auftretens der wichtigsten
Elemente in den Uranpegmatiten

	Auswande- rung ins Neben- gestein	Zeit der Bildung der			
		Randzone der Gänge	Biotitzone	Albitzone	Übergang zur hydro- thermalen Phase
K		—	—	—	—
Na		—	—	—	—
U	—	—	—	—	—
Th	—	—	—	—	—
Ce, Y	—	—	—	—	—
Ti	—	—	—	—	—
Zr.			—	—	
Be			—	—	
Ta				—	
Nb				—	
W			—	—	
Ca	—		—	—	—
S	—				—
F					—
B				—	

Geol. L.-A. 494/32

Im ersten Bildungsstadium enthielten die Pegmatitlösungen einen merklichen Kalkgehalt, der im Titanit, im Scheelit und Orthit fixiert ist. Dieser Kalkanteil verschwindet aber noch in der Bildungszeit der Biotitzone bis auf Spuren; Kalknatron-Feldspäte fehlen vollständig. Er macht sich dann in der Albitzone im Fergusonit und Zirkon wieder bemerkbar und erst am Ende der Stoffzufuhr, beim Übergang zum heißhydrothermalen Stadium tritt Calcium wieder in wesentlichen Mengen in die Lösungen ein und scheidet sich in Form von Kalkspat und Flußspat ab; diese bilden gemeinsam mit Quarz auch die oben (S. 10) erwähnten rein hydrothermalen Gangfüllungen, die wahrscheinlich als höhere primäre Gangteufen aufzufassen sind.

Ein geringer, aber verhältnismäßiger konstanter Gehalt an Elementen der Ceriumgruppe, der außerdem noch im Orthit und in dem einzigen Beryllium führenden Mineral der Gänge, dem Gadolinit, enthalten ist, begleitet das Uran und Titan. Thorium geht stets vorwiegend mit dem Uran. Zirkonium, Tantal, Niob sind ausschließlich Elemente der Albitzonen.

Von Interesse ist schließlich noch Wolfram, das zuerst im jüngeren Teil der Biotitzone als selbständiges Mineral, als Scheelit, erscheint, während es in der Albitzone nur noch in dem Sammelmineral Fergusonit zusammen mit Zinn erscheint.

Bor, im Turmalin fixiert, ist nur in sehr geringen Mengen in den magmatischen Pegmatitlösungen vorhanden gewesen; beim Turmalin sind ebenfalls zwei Generationen vorhanden, die auffällig weit voneinander getrennt sind, die erste (seltener) Generation liegt am Anfang des Pegmatitstadiums (Auswanderung ins Nebengestein), die zweite ganz an seinem Ende; die jüngere Turmalin-Generation füllt die Hohlräume in der Mittelzone der Gänge aus (vgl. Fig. 3).

Die beiden anderen leichtflüchtigen Bestandteile, Fluor und Schwefel, waren in noch geringeren Mengen in den Restlösungen vorhanden; das beweisen die geringen Sulfidmengen, die bei Beginn der Pegmatitbildung ins Nebengestein auswanderten, ferner der ebenso seltene Flußspat der Hydrothermalphase.

Der einzige wesentliche leichtflüchtige Bestandteil des Pegmatitmagmas, der für den Transport aller Bestandteile in Frage kommt, ist also überhitztes bzw. dissoziiertes Wasser.

Die Zeitfolge der einzelnen Mineralparagenesen, um sie noch einmal zusammenzufassen, ist also diese:

1. a) (Neubildung im Nebengestein): Uranpechblende—Titanit—Turmalin—Sulfide,
b) (Gangfüllung): (Muskowit)—Mikroklin—Quarz—(Pechblende),
2. Mikroklin—Quarz—Biotit—Orthit,
3. Mikroklin—Quarz—Biotit—Albit—Orthit—Gadolinit—Titaneisen,
4. Uranpechblende—Titanit,
5. Albit—Fergusonit—Quarz—Zirkon,
6. Turmalin,
7. Kalkspat—Flußspat—Quarz—Muskowit—(Serizit).

Zusammenfassung

Unter den unzähligen Gängen, die den Granitgneis an der Grenze der Kap-Provinz gegen Südwestafrika dicht nördlich des Orangetalflusses durchsetzen, findet sich eine größere Anzahl von Pegmatitgängen, deren Mineralbestand von dem der übrigen stark abweicht und die Uranpechblendekristalle führen.

Die Spanne der Bildungstemperaturen dieser symmetrisch gebauten Gänge geht vom magmatischen Pegmatitstadium bis an die Grenze der heißhydrothermalen Bildungen.

Die Folge der Mineralparagenesen zeigt im Beginn der Pegmatitbildung sehr starkes Vorherrschen des Kaligehaltes, der aber allmählich zugunsten des ständig steigenden Natrongehaltes bis auf ganz geringe Mengen abnimmt, um dann gegen Ende der Bildungszeit, an der Grenze gegen das heißhydrothermale Stadium ziemlich plötzlich wieder vorzuwiegen.

Der Hauptteil des Uranpecherzes ist in die Gänge in einem Stadium starker Abnahme des Kaligehaltes und erheblicher Zunahme des Natrongehaltes eingewandert, wahrscheinlich als der Natrongehalt bereits zu überwiegen begann.

An einigen Stellen wurden rein hydrothermale Gänge beobachtet mit Kalkspat, Flußspat und Quarz, die sehr wahrscheinlich als primäre höhere Teufen über Pegmatitgängen aufzufassen sind.

Literatur

- ROGERS, A. W.: Notes on the occurrence of radioactive minerals in South Africa. —
Transact. geol. Soc. S. Afr. **18**, 1915. S. 5—10.
- : Report geol. Commission Cape. 1909 S. 60.
- BERG, G.: In: Handbuch der Geophysik. Bd. 2. 1931 S. 130—136.
- BRÖGGER, W. L.: Vidensk. Skrift. math.-naturw. Kl. Kristiania. Heft 6. 1920.
- NIGGLI, P.: Die leichtflüchtigen Bestandteile im Magma. — Leipzig, Teubner. 1920.
- BEHREND, F. u. K. UTFESCHER: Einige Bodentypen aus verschiedenen Klimagebieten des
südlichen Afrika. — Zeitschr. f. Pflanzenernährung usw. A. Bd. 26, 1932,
S. 175—206.

Druckfertig eingegangen am 22. Dezember 1932.

„Imprimatur“ erteilt am 1. März 1933.

Tafel 1

- Fig. 1.** Einschlüsse von metamorphen basischen Eruptivgesteinsbrocken im Granitgneis
- Fig. 2.** Fergusonit, Typ II, in Oligoklas-Albit, Dünnschliff $\times 60$. — Schurf IIIa
- Fig. 3.** Pegmatitgang im Bett des Back River



Fig. 1

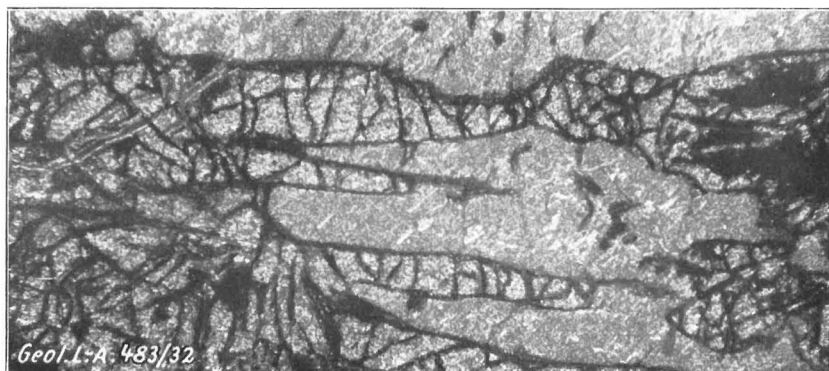


Fig. 2

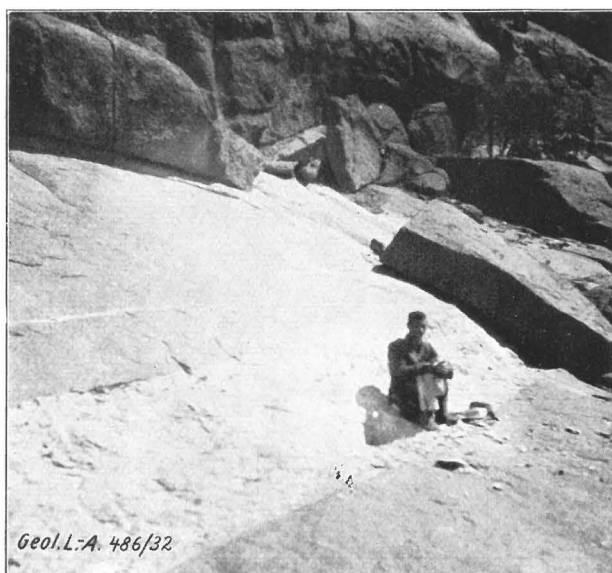


Fig. 3

Tafel 2

- Fig. 1. Großer Gang von Uran-Pegmatit im Back Rivertal
- Fig. 2. Uranpecherz in den Grenzen zwischen Oligoklas-Albit, Mikroklin und Quarz, nat. Größe
- Fig. 3. Uranpecherz, im Oligoklas-Albit als Würfel, in dem (wegpräparierten) Biotit oben als „Stufenoktaeder“ ausgebildet. Der Feldspat ist an der Grenze gegen das Uranerz hell fleischrotgefärbt, sonst weiß, nat. Größe
- Fig. 4. Biotit mit charakteristischen Spaltrissen, $\frac{2}{3}$ nat. Größe

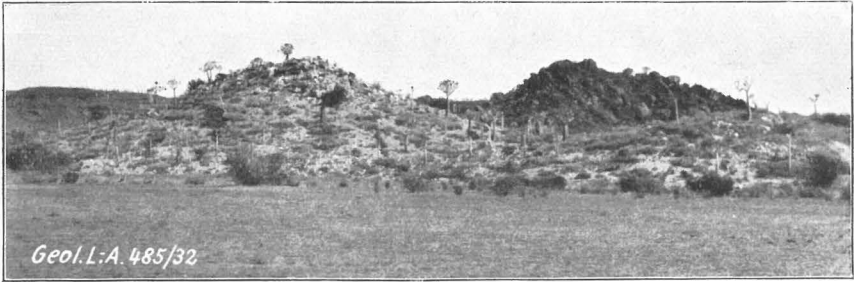


Fig. 1



Fig. 2



Fig. 3

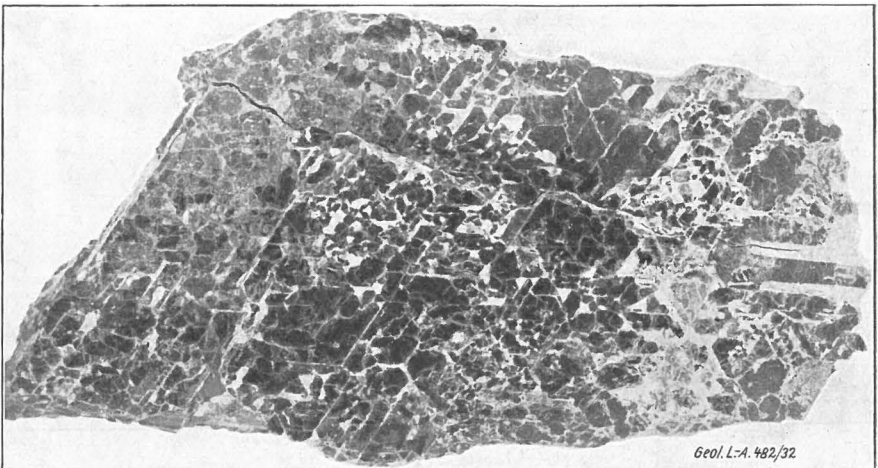


Fig. 4

Tafel 3

Fig. 1 und 2. Uranpecherz aus Biotit. Kristallaggregat in nat. Größe von zwei Seiten; auf der einen Seite (unten) gut ausgebildete Würfelflächen, auf der anderen (oben) „Stufenoktaeder“ entwickelt

Fig. 3. Großer Gang von Uran-Pegmatit in der Terrassen-Ebene am Backrivertal

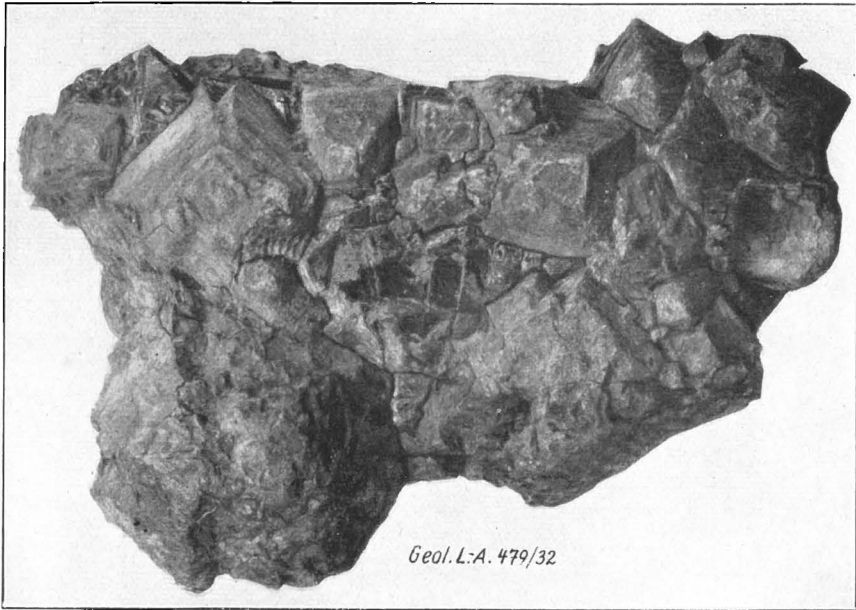


Fig. 1

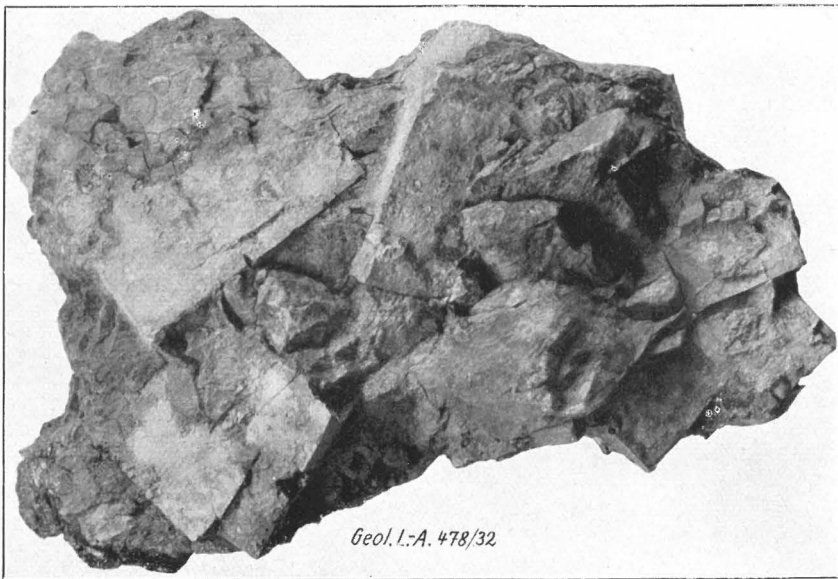


Fig. 2

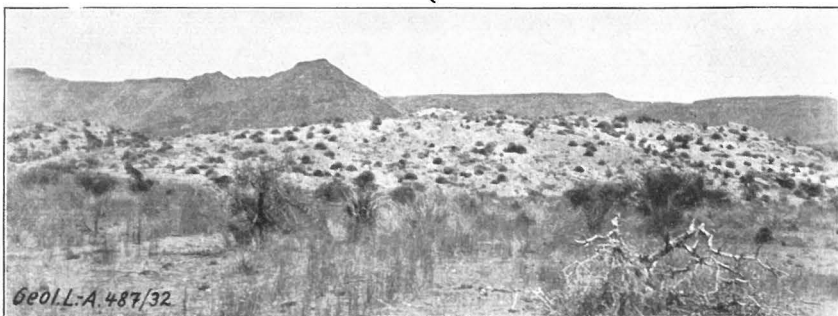


Fig. 3

Tafel 4

Fig. 1. Fergusonit und Zirkon, mit Oligoklas-Albit und Mikroklin verwachsen.
 $\frac{5}{6}$ nat. Größe. — Schurf IIIa

Fig. 2. Orthit (Allanit) von radialstengelig abgesondertem rotem Mikroklin umgeben.
 $\frac{3}{4}$ nat. Gr. — Schurf IIIa'

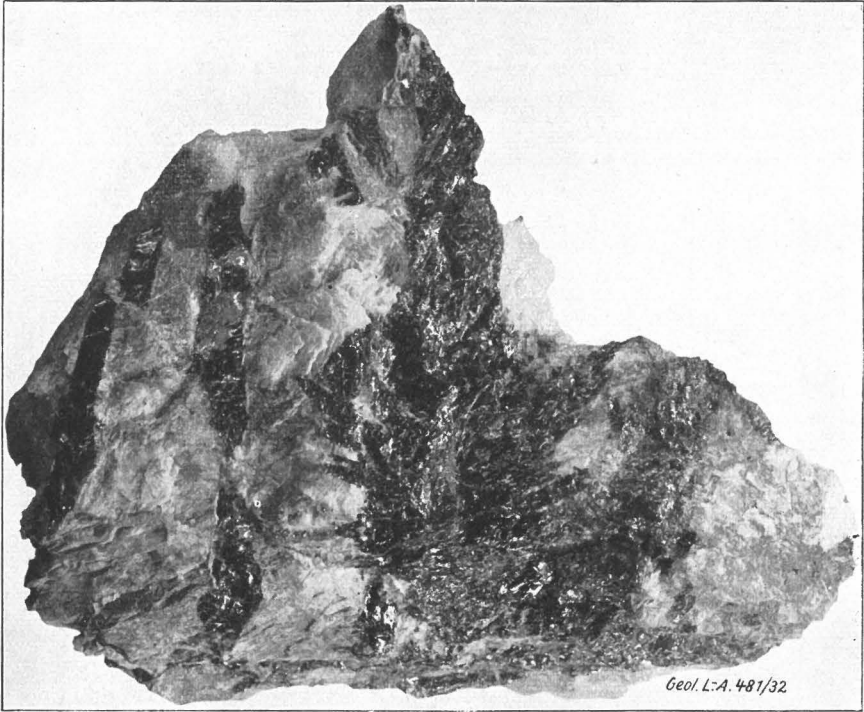


Fig. 1

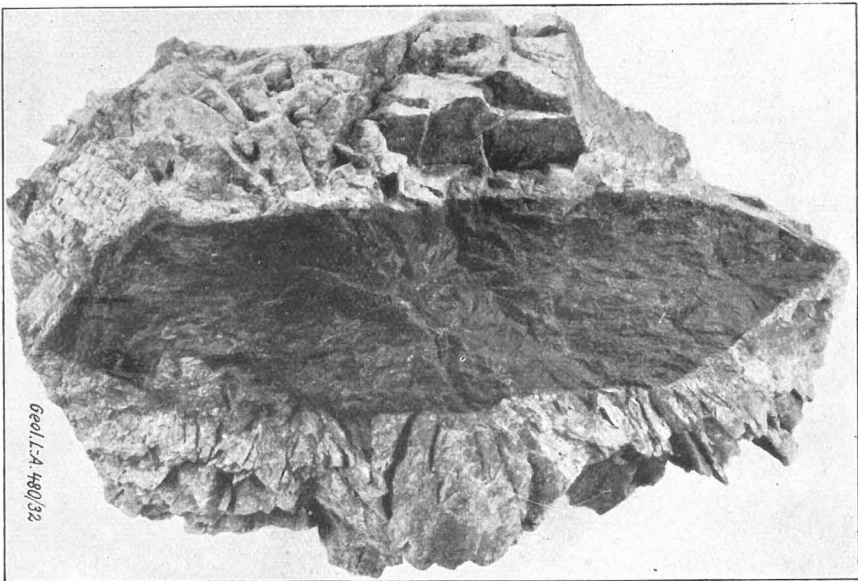


Fig. 2