

SITZUNGSBERICHTE DER DEUTSCHEN AKADEMIE  
DER WISSENSCHAFTEN ZU BERLIN

*Mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse*  
*Jahrgang 1949 Nr. VI*

*PAUL RAMDOHR*

ÜBER DAS VORKOMMEN VON HEAZLEWOODIT  
 $\text{Ni}_3\text{S}_2$  UND ÜBER EIN NEUES IHN  
BEGLEITENDES MINERAL: SHANDIT  $\text{Ni}_3\text{Pb}_2\text{S}_2$

1950

---

AKADEMIE-VERLAG BERLIN

---

Persönlich vorgelegt in der Gesamtsitzung vom 15. Dezember 1949  
Zum Druck genehmigt am gleichen Tage, ausgegeben am 10. Juli 1950

---

Erschienen im Akademie-Verlag GmbH., Berlin NW 7, Schiffbauerdamm 19

Lizenz-Nr. 156 · 100/6/50

Satz und Druck: Deutsche Wertpapier-Druckerei (M 301), Leipzig

Bestell- und Verlagsnummer: 2011/49/VI

Preis: 3,— DM

## 1. Einleitung

Im System Ni—S ist eine ganze Anzahl von Modifikationen des NiS bekannt, Ni<sub>3</sub>S<sub>4</sub> mit Magnetitgitter, ferner die Verbindung NiS<sub>2</sub> mit Pyritgitter (natürlich „Vaesit“) und als einzige Verbindung ärmer an Schwefel Ni<sub>3</sub>S<sub>2</sub>. Auch in einigen ternären Systemen mit Ni und S tritt in der Nähe der Ni-Ecke außer Ni nur Ni<sub>3</sub>S<sub>2</sub> auf. Als natürliche Mineralien finden sich, wie erwähnt, Vaesit (NiS<sub>2</sub>), der Nickellinnet oder Polydymit (Ni<sub>3</sub>S<sub>4</sub>), von den NiS-Modifikationen bisher nur Millerit, das gediegene Nickel, das aber nur in den etwa 66—75% Ni-führenden Ni-Fe-Mischkristallen Awaruit (Josephinit, Souesit) vorkommt und eine Verbindung (Ni, Fe) S oder (Ni, Fe)<sub>9</sub> S<sub>8</sub>, Pentlandit, das wichtigste Nickelerz.

Das Vorkommen des Ni<sub>3</sub>S<sub>2</sub> war umstritten. Ein Mineral dieser Zusammensetzung ist schon vor langer Zeit (1) beschrieben aus einem Serpentinvorkommen im Tal des Heazlewood-Rivers in Nordwest-Tasmanien, im Zusammenhang mit bedeutungslosen Osmiridiumseifen (*nicht* den viel bekannteren von Adamfield), nicht weit von der bekannten Lagerstätte Mt. Bischoff, einem der größten Zinnerzvorkommen der Erde. Das Mineral gelangte nur in wenige Sammlungen und wurde bald als „nicht gesichert“ in den Hand- und Lehrbüchern übergangen bzw. abgetan. Das hängt mit der wirklich sehr unklaren Erstbeschreibung zusammen und damit, daß der Autor selbst bei einer späteren Erwähnung anscheinend seiner Sache nicht mehr sicher war. Daß dem Mineral nicht weiter nachgegangen wurde, ist trotzdem merkwürdig, da es recht markante Eigenschaften hat und die Sonderstellung der künstlichen Verbindung eine genauere Untersuchung der natürlichen bzw. eine Nachforschung nach ihr nahe-

gelegt hätte. Ist doch z. B. vor kurzer Zeit das Nebeneinander von Awaruit und Pentlandit genauer untersucht worden (2). Erst in allerneuester Zeit haben sich, angeregt eigentlich dadurch, daß ihnen der Zufall eine noch dazu offenbar besonders günstige Probe in die Hand spielte, PEACOCK und seine Schüler mit der Frage befaßt (3) und an zwei ihnen zur Verfügung stehenden Stücken die Selbständigkeit und Realität des Heazlewoodits (gesprochen übrigens an Ort und Stelle Heiselwudit) bestätigen können. Sie stellten die Symmetrieklasse  $D_3^7$  und die Gitterkonstanten  $a_{rh} = 4.07 \text{ \AA}$ ,  $\alpha_{rh} = 89^\circ 25'$  und damit die Identität mit dem von WESTGREN (4) untersuchten künstlichen  $Ni_3S_2$  fest. PEACOCK machte auch recht ausführliche Angaben über das erzmikroskopische Verhalten und knappe über die Paragenesis, die Verf. schon in sein Erzmikroskopiebuch aufnehmen konnte. In der Arbeit von PEACOCK wolle man sich auch über das ältere Schrifttum unterrichten.

Verf. hatte nun die Möglichkeit, reicheres und in der Paragenese wechsellächeres Material von Heazlewood zu studieren und zudem das Glück, in Proben eines in der Sammlung der Universität Melbourne liegenden sulfidführenden Serpentin von Trial Harbour, reichlich 60 km s.s.w. von dem erstgenannten Fundort entfernt, ein zweites Vorkommen dieses seltenen und interessanten Minerals aufzufinden. Dieses Gestein, das den Heazlewoodit an sich nur in kleinen, selten mit freiem Auge sichtbaren Körnern führt, zeigt ihn im genetisch recht leicht zu deutenden Verband und läßt Schlüsse über Entstehung und lagerstättenkundliche Natur zu, die aus dem Heazlewoodmaterial, das viel grobkörniger und reichlicher ist, nicht zu erlangen wären. Wie in so manchen Fällen kann Verf. auch bei diesem Erz darauf hinweisen, daß die geochemischen Beziehungen und Bildungsverhältnisse dergestalt sind, daß mit der vielleicht häufigeren Auffindung des Minerals auch anderswo wird gerechnet werden können (siehe unten!). Das war der Anlaß, das Vorkommen genauer zu untersuchen und zu beschreiben.

Einige dabei „als Nebenprodukt“ auffallende Ergebnisse mögen ebenfalls von allgemeinerem Interesse sein. Bei dem Interesse, das das Vorkommen von Trial Harbour dem Verf. bot, schien ein persönlicher Besuch dieses abgelegenen Vorkommens von Bedeutung; er wurde durch die Unterstützung des C. S. I. R. ermöglicht. Dieser Dienststelle und den Herren Dr. GARETTY (North Broken Hill Co.) und Dr. STILLWELL, die sich persönlich um das Zustandekommen bemühten, möchte ich hier ergebenst und herzlich danken.

## 2. Beschreibung einiger Proben von Heazlewood

Die ersten Proben erhielt Verf. von Mrs. WHINCUP vom Australischen National-Museum in Melbourne Nov. 1948. Sie waren hier als Pentlandit bezeichnet, fielen aber durch die vom Entdecker als charakteristisch gekennzeichnete, sehr intensiv grüne Umkrustung mit Zaratit auf. Es waren z. T. bis kirschgroße derbe Erzknollen, meist aber knapp  $\frac{1}{2}$  cm starke plattige Stücke, die offenbar die ganze Mächtigkeit schmaler Gängchen darstellten. Die Proben waren stark magnetisch bedingt durch hohen Gehalt an Magnetit. Bereits im groben Schliff konnte die Zusammensetzung aus drei Hauptkomponenten festgestellt werden, die sich bei genauerer Untersuchung als *Pentlandit* (überwiegend), *Magnetit* und *Heazlewoodit* erwiesen. Letzterer schien etwa 10–15% der Fläche einzunehmen. Sowohl Magnetkies (s. u.) wie Kupferkies, die ja sonst den Löwenanteil der sulfidischen Ausscheidungen der Magmen ausmachen, fehlen durchaus. Genauere Untersuchung enthüllte dann noch das Vorkommen von sehr reichlich sekundärem *Millerit*<sup>1</sup>, wenig sekundärem *Bravoit* und *Vaesit* (?).

Ganz im Gegensatz zu den Stücken, die PEACOCK vorlagen, und auch zu einem später von Herrn WILLIAMS, dem Direktor

<sup>1</sup> Bestimmung mit der S. 8 erläuterten Einschränkung!

des Geol. Survey of Tasmania erhaltenen, mit PEACOCKS Beschreibung völlig übereinstimmenden winzigen Splitter, war also Heazlewoodit nur untergeordnet und der dort fehlende Pentlandit überaus reichlich. Die Textur der Verwachsung war sehr eigentümlich: grobkörniger und auf größere Erstreckung einheitlicher, sehr stark von Spaltrissen durchzogener, aber meist durchaus frischer Pentlandit ist durchsetzt von einem den Sprüngen folgenden zickzackartigen Netzwerk von Magnetit (Abb. 1). Der Heazlewoodit ist jünger als der Pentlandit, aber ersichtlich älter als die Magnetitdurchhäderung. Da er aber durch eine gewisse Zähigkeit viel weniger der Kataklase unterlag, blieb er zunächst intakt und ist nur ganz ausnahmsweise (und dann nicht weit!) von Magnetitschnüren durchsetzt.

Soweit ist der Mineralbestand „primär“, d. h. älter oder mindestens ebenso alt wie die Serpentinisierung. Serpentin dringt dann noch in die nicht völlig mit Magnetit erfüllten Klüfte ein. Wie alt die Vererzung ist, läßt sich aber hier nicht sagen. Dieses Vorkommen ließe an sich eine recht spät hydrothermale Bildung zu (s. u.).

Durch Oberflächeneinflüsse treten nun noch bemerkenswerte Änderungen ein. Große Teile des Heazlewoodits sind durchzogen von feinen Milleritschnüren, und genauere Untersuchung zeigt, daß größere kompakte und eigenartig lamellar verschränkte Milleritmassen nur völlig verdrängte Heazlewooditaggregate darstellen. Die Verdrängung erfolgt orientiert; der Millerit dringt in dünnen Blättern (im Schliff: Strichen!)  $\parallel$  (0001) in den Heazlewoodit ein. Er ist dabei überraschenderweise selbst tafelig nach (0001).

Millerit ist bei  $+N$  stets leicht von Heazlewoodit zu unterscheiden; bei genauerer Beobachtung erweisen sich die vorwiegend oder ganz aus ihm bestehenden Massen auch als z. T. etwas porig. Bemerkenswert ist nun, daß diese porigen Teile dann fleckhaft isotrop sind. Es ist das kein durch Feinkörnig-

keit oder durch die Schnittlage vorgetäuschter Effekt, sondern diese Massen sind übergeführt in ein isotropes Mineral, das „*Polydymit*“  $Ni_3S_4$ , oder *Vaesit*,  $NiS_2$ , sein muß. Eine röntgenographische Probe war hier nicht möglich; nur aus der Härte und dem Reflexionsvermögen zu schließen, ist mißlich. Doch ist dem Verf. Vaesit wahrscheinlicher. — Jedenfalls bedeutet die Veränderung des Heazlewoodits durch supergene Einflüsse ein stufenweises Zunehmen des S, natürlich unter Wegführung von Ni, das zur Zaratitbildung gebraucht wird.

Der sonst gegen Oberflächeneinflüsse so empfindliche Pentlandit ist fast immer ganz intakt, was z. T. mit der Umkrustung durch Magnetit zu erklären ist, hauptsächlich aber wohl auf dem Fehlen eines in Zersetzung begriffenen Magnetkieses beruht. Sehr lokal hat immerhin die typische Bravoitbildung in den dünnen, die Spaltrisse und Sprünge begleitenden „Tapeten“ (vgl. Abb. 236 in dem neuen Erzmikroskopiebuch des Verf.) eingesetzt.

Noch einige Angaben zu den Eigenschaften der Primär- und Sekundärminerale: *Pentlandit* ist älter als Heazlewoodit, da er manchmal in diesen in rundlichen Körnern eingeschlossen ist. Ganz selten sind in Pentlandit winzige Entmischungskörper von Magnetkies enthalten, die wohl auf sehr hohe Bildungstemperatur schließen lassen. Der *Magnetit*, von dem zuerst vermutet wurde, daß er in den Klüften orientiert dem Pentlandit aufgewachsen sei ( $a_0 = 8.40 \text{ \AA}$  bei Magnetit,  $a_0 = 10.03 \text{ \AA}$  bei Pentlandit), besteht in den Klüftfüllungen aus einem feinkörnigen Kornaggregat, das schon ohne Ätzung erkennbar ist dort, wo die Körnchen frei als Einzelkristalle in die Klüfte wachsen konnten. Die Frage, ob unser Magnetit nicht eigentlich *Trevorit*,  $NiFe_2O_4$ , ist, ist sehr naheliegend. Beide sind aber so überaus ähnlich, daß sie noch nicht restlos beantwortet werden konnte (5). — Irgendwelche Entmischungen oder Martitbildung zeigte der Magnetit nicht.

Die Eigenschaften des *Heazlewoodits* sind von PEACOCK eigentlich erschöpfend beschrieben, so daß nur darauf hingewiesen

werden kann, daß die gute Politur, das Zurücktreten der Spaltbarkeit (s. aber unten!), das hohe Reflexionsvermögen und die charakteristische Anisotropie neben der Paragenese mit Ni-reichen Mineralien die Erkennung leicht macht. — Die Härte ist deutlich kleiner als bei Pentlandit und Millerit. In Öl ist, an vorher erkannten Korngrenzen, der Reflexionspleochroismus immerhin sichtbar. Die von PEACOCK beschriebene Felderteilung, die wohl mimetisch kubisch ist — das ist bei der großen Ähnlichkeit der Elementarzelle mit einem Würfelgitter zu erwarten — ist vielleicht der Anlaß dafür, daß *hier* die Spaltbarkeit stark zurücktritt, ist aber auch der Anlaß zur Felderteilung in den jetzt von Millerit eingenommenen Partien. Ganz so allgemein ist sie übrigens auch hier nicht verbreitet, in Trial Harbour tritt sie dann stark zurück, vielleicht ein Zeichen etwas niedrigerer Bildungstemperatur.

*Millerit* tritt hier in einer seinem Namen „Haarkies“ absolut nicht entsprechenden Form auf, sondern bildet taflige Lamellen, die von Korngrenzen, Sprüngen, Verwachsungsflächen und Mosaikflecken aus in den Heazlewoodit eindringen und bei dessen stärkerer Zerstörung fleckenhaft ineinander verlaufen. Im *einheitlichen* Heazlewooditkorn löschen sie alle einheitlich aus, können also nur so eingelagert sein, daß in beiden Erzen (0001) zusammenfällt. Die entsprechenden Dimensionen:  $a_0 = 9.30$ ,  $c_0 = 3.15 \text{ \AA}$  bei Millerit,  $a_0 = 5.73$ ,  $c_0 = 7.13 \text{ \AA}$  bei Heazlewoodit stimmen sehr schlecht mit einer „orientierten Verwachsung“, wenn man nicht Gitteranalogien höherer Ordnung heranziehen möchte. Vielleicht ist überhaupt die Bestimmung „Millerit“ zu korrigieren und es liegt ein neues Mineral vor in Analogie zu dem „Zwischenprodukt“ der Umsetzung des Magnetkieses zu Pyrit + Markasit oder zu dem stark reflexionspleochroitischen, noch nicht genauer untersuchten Mineral, das bei der Verwitterung von Rotnickelkies manchmal intermediär entsteht.

### 3. Das Vorkommen von Trial Harbour

In der Melbournner Sammlung lagen zwei normale Handstücke und ein größerer Splitter, bezeichnet nur „Nickel-bearing serpentine, Trial Harbour, Tasmania 1924“. Dazu ist zu bemerken, daß Trial Harbour (Remine) eine winzige, jetzt nur noch zeitweise bewohnte Siedlung an der mittleren Westküste Tasma niens ist, die vor dem Bau der Eisenbahn nach Mt. Lyell bzw. Burnie der „Hafen“ für das bekannte Bergbauggebiet Mt. Zeehan war. Im unmittelbaren Hinterland liegt ein größeres, in seinen genauen Grenzen aber noch nicht bekanntes serpentiniertes Dunitmassiv. Wahrscheinlich gehört es dem älteren Devon an und bildet den initialen (Ophiolith-) Magmatismus der spätdevonischen Granitintrusionen, die hier im Mt. Heemskirk imponierende Bergformen lieferten. Die Schürfe selbst liegen ganz nahe bei der Siedlung und dem Ozean und haben offenbar nur ganz geringe Mengen Erz geliefert. Die Stücke fielen mir sofort dadurch auf, daß sie sehr reichlich Sulfide und Magnetit führten und in gar keiner Weise die für die durch Verwitterung an Ni angereicherten Serpentine meist charakteristischen Farben zeigten, vielmehr hellgrüngrau und damit — trotz des frischen Sulfids — gegen normale Serpentinfarbe etwas ausgebleicht erschienen. Es lag nahe, anzunehmen, daß die Ni-Gehalte an die Sulfide gebunden seien, ein bei Peridotit ungewöhnlicher, aber nicht einzig dastehender Fall. Als sich die Ergebnisse der Untersuchung als besonders interessant erwiesen, wurde das Vorkommen selbst aufgesucht und Dutzende sehr ähnlicher Stücke, dazu auch einige Proben von dichtem Serpentin dunklerer Farbe, der aber nur vereinzelt Sulfidkörnchen führt, gesammelt. Insgesamt ist trotzdem der Eindruck der, daß die lichte Farbe nichts mit der Sulfidführung zu tun hat, sondern klimatisch bedingt ist, also vererzte und unvererzte Teile in gleicher Weise erfaßt hat; der dunklere Serpentin entstammt dem Stollentiefsten.

Die mikroskopische Untersuchung von Dünnschliffen, besonders aber von Anschliffen ergab wichtige Dinge! Zunächst muß bemerkt werden, daß serpentinreiche Gesteine, besonders wenn sie dazu etwas Talk führen, sich sehr schwer und überhaupt nicht ohne Relief polieren lassen. Sowohl die Vanderwiltmaschine wie die Pechscheibe versagen; die besten Resultate, aber eben mit sehr hohem Relief, ergibt die „klassische“ Methode des Vor- und Endpolierens auf Billardtuch mit Chromoxyd und Magnesia. Man wolle demgemäß bei den Photos, besonders denen mit mäßiger Vergrößerung, Nachsicht üben!

Das mit freiem Auge erkennbare Sulfid ist ein Gemenge von Pentlandit mit sehr wechselnd viel Heazlewoodit; das schwarze körnige Erz ist Magnetit. Genauere Untersuchung gestattet dann noch zwei weitere Sulfide, ein Metall und Chromeisenstein, dazu im Sulfid noch sekundären „Millerit“ aufzufinden. Unabhängig von dieser „älteren“ Vererzung ist dann noch während oder nach der Serpentinisierung ganz spurenhaltig Kupferkies und Vallerit entstanden. — Auf die silikatischen Mineralien und einige Neubildungen sei später eingegangen.

Die Struktur und Textur sind ganz überraschend. Im großen erkennt man eine schwache Schlierigkeit in der Verteilung der Erze, die einer Strukturlinie im Handstück unbestimmbarer Natur parallel geht. Bei *sehr* oberflächlicher Betrachtung erinnert die Anordnung etwas an Lagen von etwa erbsen- bis bohnen großen Erzknollen, die sich bei genauerer Prüfung als größere und kleinere, manchmal stark verästelte Interstitialfüllungen zwischen den ehemaligen Olivinen darstellen. Die Sulfidmassen sind immer oder fast immer von Magnetit begleitet, schlierige Magnetitmassen ihrerseits brauchen kein Sulfid zu enthalten. Das Alter sowohl von Magnetit wie Sulfid ist höher als das der Serpentinisierung, da beide verschwundene oder nur in Resten erhaltene Olivine umhüllen. Dagegen ist ungemein schwer zu sagen, ob Magnetit oder Sulfid älter ist. Oberflächlich ist der Eindruck der, daß die Interstitialräume zwischen Olivin zu-

nächst mit Magnetit erfüllt wurden, dem dann etwas später in ähnlicher Weise für die dann noch bleibenden Räume das Sulfid folgte. Dieser Eindruck würde dem entsprechen, was man meist für die Altersfolge Oxyd-Sulfid erwartet. Vielfach sieht man aber in Magnetitkörnern eingeschlossene Sulfide, während der umgekehrte Fall sehr selten ist. Daraus und auch aus anderen Teilbeobachtungen müßte man eigentlich auf ein älteres Sulfid schließen. Es scheint tatsächlich auf minimalste Entfernung einmal die eine, einmal die andere Altersfolge vorzuliegen, was praktisch auf Gleichalterigkeit herauskommt. — Älter als Olivin und natürlich Sulfide und Magnetit ist der spärliche, stets stark kataklastische, aber durch Magnetit verheilte *Chromit*, der manchmal ungewöhnlich rot statt braun gefärbte Innenreflexe enthält, eine Farbe, die der Verf. bei keinem seiner sehr zahlreichen Chromitschliffe sonst registrieren konnte. Leider war das Material viel zu klein, dem hier liegenden Problem nachzugehen. Die Unterscheidung von Magnetit ist in Öl durch geringeres Reflexionsvermögen und höhere Härte leicht; in Luft ist sie nur bei sorgfältiger Beobachtung möglich. — Sowohl Magnetit wie die Sulfide bilden körnige Aggregate von etwa ähnlicher Korngröße ohne irgendwelche Regelung. Vereinzelt Körner von Pentlandit sind auch einmal größer. Über die Magnetitmassen ist wenig zu sagen, dagegen sind die Sulfide sehr interessant.

Die *Sulfide* bestehen wie gesagt auch hier überwiegend aus Pentlandit, vielleicht 10—15% (lokal auch mehr) Heazlewoodit, einem zunächst nicht bestimmbar, sehr lebhaft anisotropen Mineral, Zinkblende — die beiden letzten meist innig vergesellschaftet — und einer Spur Awaruit. Dazu tritt sekundär etwas „Millerit“. Die Verteilung der selteneren Sulfide auf die Sulfidzwickel ist etwa proportional der verschiedenen Größe. Man hat also in den größeren die besseren Chancen, Interessantes zu finden.

*Pentlandit* ähnelt in mancher Hinsicht dem von Heazlewood. Auch er ist in situ sehr stark nach den Spaltrissen zersprungen,

zeigt keine Bravoitbildung und ist — in diesem Falle gänzlich — frei von Magnetkies. Die Sprünge im Pentlandit, wie auch im Magnetit und seltener Heazlewoodit sind bei der Serpentinisierung gebildet und mit Antigorit verheilt. — Dagegen sind Austapezierungen der Sprünge mit Magnetit nicht beobachtet. — Es ist bemerkenswert, daß er in einigen Proben Verwitterung unter Brauneisenbildung zeigt, ohne auch nur eine Spur von Bravoitbildung erkennen zu lassen. Dieses sehr ungewöhnliche Verhalten geht wohl auch hier auf das Fehlen von begleitendem Magnetkies zurück.

*Heazlewoodit* tritt in zwei durch einen vielleicht nur sehr kleinen Altersunterschied getrennten Formen auf. Etwas spärlicher, aber durch größere Körner repräsentiert, ein älterer, der gleichalt oder eher ein wenig älter ist als Pentlandit, und ein jüngerer, der vereinzelt größere Sprünge im Pentlandit erfüllt, also ersichtlich jünger ist als dieser (Abb. 4 und 5 bzw. 6). Von besonderem Interesse ist für uns der *erstere*. Er ist im Gegensatz zu dem Heazlewoodit des Originalvorkommens meist einheitlich, zeigt weder die vielleicht mimetische, bei PEACOCK abgebildete Felderteilung, noch mimetische Zwillinglamellen; demgemäß kann sich die Spaltbarkeit nach dem würfelähnlichen Rhomboeder bemerkbar machen und ist oft geradezu ausgezeichnet entwickelt (Abb. 5). Sie ist — abgesehen von einigen seltenen bei der Präparatherstellung entstandenen Fällen — offenbar gleichzeitig mit ihrer Entwicklung beim Pentlandit und auf Kataklyse infolge der Serpentinisierung zurückzuführen. Auch Spaltbarkeit  $\parallel$  (0001) ist gelegentlich leidlich deutlich sichtbar.

In den gewöhnlichen erzmikroskopischen Eigenschaften ist sonst der Beschreibung durch PEACOCK wenig hinzuzufügen. Die Ähnlichkeit mit Pentlandit kann, abgesehen von der Anisotropie, recht groß sein. Besonders im halbfertigen, noch nicht durchpolierten Schliff wird man aber auf seine Anwesenheit und Verteilung aufmerksam gemacht, da er viel früher hohe metallähnliche Politur annimmt.

Nicht selten sind *Zwillinglamellen* beobachtet. Sie sind nicht mimetisch, sondern durch Druck entstanden und laufen, meist vereinzelt, geradlinig in gleicher Breite durch das Mineralkorn. Selten treten sie auch in größerer Zahl und nach mehreren der Rhomboederflächen und anscheinend zwei Gesetzen gleichzeitig auf. Besonders in Stücken ganz nahe von der Tagesoberfläche, in denen Heazlewoodit weitgehend in Millerit übergeführt ist, sind sie durch die bei +Nic. sehr auffallende Verschiedenheit der Orientierung des Millerits in Hauptkorn und Lamelle sehr leicht erkennbar. Durch Zerrungsrisse und wechselseitiges Versetzen „en échelon“ zeigen sie, daß sie wie die Spaltbarkeit mikrotektonisch bedingt sind. Sie folgen nicht dem Spaltungsrhomboeder (10 $\bar{1}$ 1), sondern einem steileren, wohl (02 $\bar{2}$ 1), und einem flacheren, wohl (01 $\bar{1}$ 2).

Selten wurde eine eigentümliche, wohl ebenfalls druckbedingte Mosaikstruktur, die sich in winzigen Abweichungen in der Auslöschungsrichtung äußert, festgestellt. Sie hat mit der im Heazlewoodvorkommen beschriebenen Felderteilung nichts zu tun.

Unter einem dünnen, zum Schutz der Politur beim Schneiden der Stücke angebrachten Gelatinefilm entwickelte sich einmal eine feine Strichätzung  $\parallel$  (0001) und sehr vereinzelt einige spindelige vielleicht als Entmischungskörper deutbare Lamellen (etwa  $8 \times 1 \mu$ ). — Die größte überhaupt beobachtete Partie (etwa  $1 \text{ mm}^2$ ), nicht aber Hunderte von anderen, enthielt gleichmäßig verteilt tropfenförmige Einschlüsse von Pentlandit, wo [111] des Pentlandits mit [0001] des Heazlewoodits zusammenfällt.

Die vorhin erwähnte etwas jüngere Generation füllt Sprünge im Pentlandit. Diese gehören einer älteren Kataklyse an als der vorhin erwähnten und sind durch letztere oft typisch verworfen und gezerrt. Der Heazlewoodit besteht hier aus Schnüren etwa gleichmäßig großer Körner und zeigt keine Besonderheit gegen den etwas älteren.

Die sekundäre Verdrängung durch „Millerit“ ist genau so wie im klassischen Vorkommen zu beobachten, aber meist nur in

den ersten Stadien. Die Orientierung ist gerade dadurch leicht feststellbar und für die Zwillingslamellen schon erwähnt.

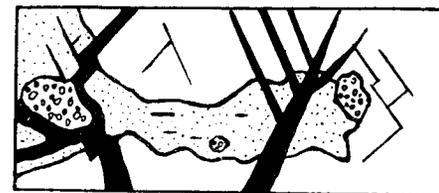
Seinerseits verdrängt der Heazlewoodit das gleich zu beschreibende fragliche Mineral, Zinkblende und selten Awaruit. Ob der jüngere, den Pentlandit durchsetzende, sein Wirtsmineral in nennenswertem Umfang verdrängt, ist nicht sicher; es hat mehr den Anschein, als ob er nur vorhandene Klüfte ausfüllte.

*Mineral X.* Von besonderem Interesse war ein Mineral, das nur in Öl vom Heazlewoodit leichter zu unterscheiden war, bei sorgfältiger Beobachtung aber auch in Luft neben ihm durch viel stärkere Anisotropie und deutlichen Pleochroismus erkennbar ist. In Luft und Öl ist es in der Hellstellung (anscheinend E) fast genau gleich dem Heazlewoodit (Abb. 8a), senkrecht dazu erheblich dunkler, während der Heazlewoodit ja kaum erkennbar pleochroitisch ist. In Öl sind die Unterschiede noch etwas verstärkt dadurch, daß man die dunklere Stellung gegenüber dem begleitenden Heazlewoodit jetzt als etwas bläulichgrau anspricht. Die Eigenschaften schließen von den hier wahrscheinlichen Mineralien aus: Millerit, NiS und Magnetkies, FeS (Farbe!), Rotnickelkies, NiAs und Breithauptit, NiSb (Farbe!), Maucherit,  $Ni_{11}As_8$ ; und Melonit  $NiTe_2$  (beide sind schwächer anisotrop), natürlich auch alle isotropen und fast isotropen Mineralien. Denkbar sind einige ganz seltene Nickelmineralien, denkbar — wegen der Vergesellschaftung mit Zinkblende kam der Verf. auf den Gedanken! — einige Bleimineralien. Zunächst schien bei der vorliegenden geringen Menge eine Bestimmung hoffnungslos, besonders da in der ungewöhnlichen schwefelarmen Umgebung mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit an bisher unbekannte Mineralien zu denken war.

Einen Hinweis gab eine fast zufällige Beobachtung, die zusammen mit einer auch mehr beiläufig gemachten Mitteilung im Schrifttum auf den richtigen Weg führte. Heazlewoodit und das fragliche Mineral sind oft wirt orientiert, das erstgenannte ist

jünger und verdrängt und umkrustet das zweite, meist mit glatten, nicht verzahnten Grenzen (Abb. 7, 8). Öfter aber noch sind beide orientiert verwachsen und löschen gemeinsam aus. Die Zeichnung gibt nun die entscheidende Beobachtung: Beide Mineralien löschen

hier nicht nur gemeinsam aus, sondern zeigen eine übereinstimmende, manchmal durchlaufende gute bis vollkommene, würfelig erscheinende Spaltbarkeit, die beim Heazlewoodit das Grundrhomboeder kennzeich-



$Ni_3S_2$      $Ni_3Pb_2S_2$     ZnS    Sprünge

net. Das bedeutet nicht nur orientierte Verwachsung, sondern höchstwahrscheinlich große Ähnlichkeit im Gitter. Dem entspricht auch, daß das fragliche Material auch vereinzelt in dicken Lamellen || (0001) im Heazlewoodit eingelagert und gleich orientiert vorkommt. Man wird also nach Substanzen suchen, die ein dem Heazlewoodit ähnliches Gitter besitzen und einen oder gar beide Bestandteile Ni und S enthalten . . . Ein solches aufzufinden, wäre aber kaum möglich, wenn dem Verf. nicht zufällig eine Bemerkung von PEACOCK in dessen Heazlewooditarbeit in Erinnerung geblieben wäre, wo dieser schreibt: „It remains to point out and explain a curious similarity between the X-ray powder patterns of heazlewoodite ( $Ni_3S_2$ ) and parkerite ( $Ni_3Bi_2S_2$ ) . . . . . it is merely a result of the fact that both structures simulate a simple cubic lattice with a cube edge of about 4 kX. In heazlewoodite the rhombohedral lattice with  $r = 4.072$  kX,  $\alpha = 89^\circ 25'$  is geometrically very nearly cubic; in parkerite the heavy Bi-atoms are evidently at or near 000,  $0\frac{1}{2}\frac{1}{2}$  in the orthorhombic cell, making a nearly cubic lattice with sides 3.97 and 4.02 kX.“ — Parkerit würde also kristallographisch ganz schön für das fragliche Mineral passen, auch sein erheblicher Pleo-

chroismus und die starke Anisotropie; es paßt aber *nicht*, daß es sich in der optischen Orientierung wie Heazlewoodit verhält und diagonal, nicht parallel zur Spaltbarkeit auslöscht, also wohl ebenfalls rhomboedrisch ist. Daß das fragliche Mineral eine ausgezeichnete Netzebene (0001) (rhomboedrisch gedeutet) haben muß, ist auch daran zu erkennen, daß gelegentlich einer Auslöschungsrichtung sehr feine strichförmige (also, räumlich gesehen, Tafeln) Einlagerungen von Zinkblende vorkommen, die wohl als primäre, orientierte Einlagerungen zu deuten sind. Es paßt auch ziemlich schlecht der Bi-Gehalt des Parkerits, wenn man bei diesem Element auch auf Überraschungen gefaßt sein darf.

Nun ist aber ganz neuerdings in Südafrika durch CORMACK (5) die Mischungsreihe  $\text{Ni}_3\text{Bi}_2\text{S}_2 - \text{Ni}_3\text{Pb}_2\text{S}_2$  untersucht worden, mit dem merkwürdigen Ergebnis, daß die Endglieder unbeschränkt mischbar sind von 100%  $\text{Ni}_3\text{Bi}_2\text{S}_2$  bis etwa 75%  $\text{Ni}_3\text{Pb}_2\text{S}_2$  daß aber das reine  $\text{Ni}_3\text{Pb}_2\text{S}_2$  ein zwar äußerst ähnliches, aber doch deutlich abweichendes Gitter besitzt, über dessen Symmetrie dort nichts ausgesagt wird. — Wäre dieses Gitter rhomboedrisch oder pseudorhomboedrisch, etwa monoklin, dann käme  $\text{Ni}_3\text{Pb}_2\text{S}_2$  in allererster Linie in Frage, da Ni und S vorhanden sind und ein Bleigehalt nach der Paragenese mit ZnS sehr wahrscheinlich ist. Soweit die Überlegungen, die der Verf. anstellte und niederschrieb, bevor synthetisch oder mit ausgebohrtem Mineralpulver irgendwelche Untersuchungen ausgeführt werden konnten! — Weiteres s. S. 19.

*Magnetit* hat, wie das auch bei den anderen relativ seltenen primären Vorkommen dieses Minerals in Duniten zutrifft, keine besonderen Merkmale; es fehlen Entmischungen, Martitisierung, Zonenbau und ungewöhnliche Farbtöne. Ein Ni-Gehalt macht sich erzmikroskopisch nicht bemerkbar; ob der bei PART-RIDGE (9) angegebene Unterschied im Ätzverhalten — auch konz. Salzsäure soll bei 100° in 3 Minuten keine Einwirkung auf

*Trevorit* zeigen — zuverlässige Unterscheidung ermöglicht, erscheint mir recht unsicher. Chemisch ist qualitativ ein Ni-Gehalt nachgewiesen, was aber bei dem Vorkommen von Sulfideinschlüssen wenig besagt. Die Magnetitkörner sind meist rundlich, von recht wechselnder Größe, oft stark zerbrochen, aber ohne erkennbare Spaltbarkeit.

„*Chromit*“ tritt in der Menge gegenüber Magnetit stark zurück, ist aber doch sehr verbreitet, und zwar in ursprünglich recht großen Körnern. Er ist sehr alt, älter als der Olivin, und war schon vor der Zufuhr des Magnetits und der Sulfide stark zerbrochen. Die Zerbrechung steht also hier *außer* Beziehung zur Serpentinisierung. Er ist an großer Härte, merklich schlechterer Politur, geringerem Reflexionsvermögen und an den besonders in Öl leicht erkennbaren Innenreflexen vom Magnetit zu unterscheiden, der seine Bruchstücke überall verkittet. Da in der Nähe des Chromits Magnetit oft Wolken geringeren Reflexionsvermögens zeigt, muß bei der Verkittung auch eine Resorption stattgefunden haben. Die gerade in den letzten Jahren sehr anwachsende Literatur über „Chromit“ stellt fest, daß die in Duniten enthaltenen Chromite eigentlich nie Chromeisenstein, sondern Chromspinelle komplexer Zusammensetzung sind, etwa  $(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Mn}, \text{Zn}) (\text{Cr}, \text{Al}, \text{Fe})_2\text{O}_4$ . Die meisten haben dunkelbraune, einige hellbraune Innenreflexe. Der vorliegende gehört zu den letzteren. Auffallend ist, daß, wie gesagt, gelegentlich auch ausgesprochen rote Farbe vorkommt.

*Zinkblende* ist in dieser Vergesellschaftung so überraschend, daß auch an sehr ungewöhnliche oder neue Mineralien gedacht wurde. Sie ist aber mikrochemisch bestätigt, nachdem die Beobachtung von typischen Zwillinglamellen die Bestimmung schon sehr wahrscheinlich gemacht hatte. Sie fällt auf durch ihre sehr frühe Bildung, da sie von Heazlewoodit, ja dem noch älteren „Mineral X“ verdrängt wird und zudem trotz der frühen Bildung wasserklar farblose Innenreflexe zeigt! Die letzteren sind infolge

des Durchleuchtens der metallisch reflektierenden Umgebung leicht feststellbar (sie schließen die Möglichkeit, daß das Mineral, etwa NiO, das ja tiefgrün ist, sofort aus!). Verteilung und Korngröße der Zinkblende ist aus den Abb. 5, 7 und der Figur S. 15 erkennbar. Wenn auch die meisten Körner ganz stark korrodiert und gerundet sind, lassen sich doch Reste von Idiomorphie erkennen. Das ist als geologisches Thermometer auszuwerten (reines ZnS wandelt sich bei  $1020^\circ$  in die hexagonale Modifikation um, von der Formenreste erkennbar sein müßten. — In einigen Fällen sind entmischungskörperartig winzige ( $< 1 \mu$ ) unbestimmbare Fünkchen eines reinweißen (Ni-?) - Minerals beobachtet.

*Awaruit*. In mehreren Fällen enthielt Heazlewoodit, selten auch das neue Mineral, Einschlüsse kleiner tropfenförmiger Körner eines gediegenen, weiß reflektierenden Metalls. Die Körner sind meist zu mehreren vergesellschaftet, fehlen aber in den meisten Heazlewooditen; mengenmäßig treten sie ganz zurück. Zu einer exakten Bestimmung evtl. durch mikrochemische Reaktionen sind die Körner zu klein, auch durch ihre Begleiter ungeeignet, so daß nach einengenden Beobachtungen bestimmt werden mußte. Die Farbe ist reinweiß, das Reflexionsvermögen sehr hoch, aber nicht ganz extrem, Anisotropie ist nicht erkennbar, die Härte ist wenig höher als bei Heazlewoodit. Die weiße Farbe schließt Gold, Wismut und die unbenannte natürliche Legierung  $Au_2Cu_3$  aus. Platin hat höheres Reflexionsvermögen. Die Härte schließt Iridium und Osmiridium, an die wegen der Nachbarschaft der Iridiumlagerstätten natürlich in erster Linie gedacht war, mit Sicherheit aus. Die Isotropie macht alle anisotropen Metalle, Allopalladium, Antimon, Osmiridium unmöglich. Silber ist wegen des Fehlens oder nur spurenhafte Auftretens eines Anlaufbeschlages auszuschließen. Es bleiben damit nur *Awaruit*, für den die eben erwähnte Spur des Anlaufens sprechen könnte, *Palladium* und *güldiges Silber* zur Diskussion, von denen

nach der Paragenese [vgl. auch die Arbeit von DE QUERVAIN (2)] der ersterwähnte soviel wahrscheinlicher ist, daß Verf. die Bestimmung als *gesichert* ansieht. — Ein einziges Mal wurde ein runder Einschluß von Awaruit auch in einem noch intakten Olivinkorn beobachtet. Es konnte festgestellt werden, daß die fast kugelige Form durch sehr zahlreiche, aber scharfe Kristallflächen vorgetäuscht war. Mindestens dieser Awaruit ist also ganz früh gebildet und älter als der Olivin.

Ganz untergeordnete Spuren von *Kupferkies* und *Vallerit* wurden selten in Serpentin beobachtet und sind bei dessen Bildung entstanden. Sie haben an sich mit der hier beschriebenen Vererzung nichts zu tun, zeigen aber, daß die Serpentinisierung ein ziemlich hochthermalen Vorgang ist (*Vallerit* setzt Temperaturen von etwa  $230-250^\circ$  voraus!). Einmal zeigt der *Vallerit* die bei ihm ja so selten zu beobachtende Idiomorphie.

#### 4. Versuch zur Bestimmung der Natur des fraglichen Minerals

Da es zunächst mit dem überaus spärlichen Material hoffnungslos erschien, eine auch nur für eine Pulveraufnahme nötige Substanzmenge zu isolieren, geschweige denn Analysenmaterial, mußte versucht werden, die reichlich kühne Vermutung, daß es sich um ein rhomboedrisches  $Ni_3Pb_2S_2$  handeln könnte, durch synthetisches Vergleichsmaterial und dann Vergleich der Farbe der Anisotropieeffekte, der Spaltbarkeit, der orientierten Einlagerungen von Zinkblende, der Verwachsung mit Heazlewoodit zu bestätigen. Die Herstellung von  $Ni_3Pb_2S_2$  aus den Elementen gelingt im evakuierten Pyrexglas nicht so leicht, wie es nach den Schriftumsangaben angenommen wurde, z. T., weil Reaktion von Pb und S zu Bleiglanz vor der Reaktion mit Nickel einsetzt und dieser Bleiglanz langsam oder gar nicht zerstört wird, jedenfalls bei den dem Pyrexglas zuzumutenden Temperaturen, z. T. weil sich gleichzeitig auch NiS bildet, anscheinend in der NiAs-ähnlichen Form; die Reaktion wird da-

durch weiter verzögert. Wird feine Bleifolie in kleinen Stückchen verwendet und Pulver von Nickel und Schwefel, dazu die gut gemischte Beschickung im Glasrohr etwas festgestampft, so geht die gewünschte Vereinigung glatter. Immerhin bleiben auch jetzt reichlich Teile, wo die Reaktion unvollständig ist. Es ist das nicht ganz unangenehm; man kann vielmehr Reaktionsbilder beobachten, die dem Naturvorkommen nicht ganz unähnlich, aber viel komplizierter sind. Es wird so „verdrängt“ Ni durch  $\text{Ni}_3\text{S}_2$ ,  $\text{Ni}_3\text{S}_2$  durch  $\text{Ni}_3\text{Pb}_2\text{S}_2$ , oder NiS durch  $\text{Ni}_3\text{S}_2$ , oder PbS durch  $\text{Ni}_3\text{Pb}_2\text{S}_2$  — also alles im Sinne auf das formelmäßig zu erwartende Endglied. Wegen lokaler Ungleichgewichte kommen aber auch umgekehrte Folgen vor. Erst bei gründlicher Pulverung der inhomogenen Massen und erneutem Erhitzen, besonders aber Schmelzen im Quarzglas, wird ein einigermaßen homogenes, grobkörniges und für weitere Untersuchungen geeignetes Produkt erzielt.

Der Befund ist nun *genau so*, wie man ihn erwartet: Das optische Verhalten des  $\text{Ni}_3\text{Pb}_2\text{S}_2$  entspricht dem des unbekanntten Minerals, was bei den recht auffallenden Eigenschaften eine zufällige Koinzidenz ja so gut wie ausschließt. Die „Verdrängung“, die durch Zusatz von  $\text{Ni}_3\text{S}_2$  im Überschuß in die Richtung wie im Naturvorkommen gelenkt werden kann, durch Ungleichgewichte aber auch ohne das häufig genug ist, zeigt z. T. orientierte Umwachsungen des  $\text{Ni}_3\text{Pb}_2\text{S}_2$  durch  $\text{Ni}_3\text{S}_2$ . Dabei können die Formen, bei allerdings erheblich kleinerem Korn ganz außerordentlich ähnlich sein. Die zugesetzten relativ groben Zinkblendekörnchen werden etwas korrodiert, verlieren ihren Fe-Gehalt und werden dadurch fast weiß (verwendet wurde die dunkelbraune Blende von Broken Hill).

Der herausdiffundierte Fe-Gehalt, immerhin höchstens 8% des ZnS, kann nicht im Produkt, etwa als Pentlandit, nachgewiesen werden.

Nach Herstellung von vielleicht 30 Schlifften gelang es schließlich doch, einen zu finden, in dem das fragliche Mineral isoliert in einem so großen Korn vorlag, daß eine Pulveraufnahme möglich erschien. Durch Vermittlung von Herrn Kollegen PEACOCK in Toronto gelang es, Herrn Kollegen R. M. THOMPSON in Vancouver an der Frage zu interessieren, und diesem glückte es bei seinem großen experimentellen Geschick, eine einwandfreie Pulveraufnahme der winzigen Probe zu erhalten. Nach freundlicher Mitteilung von Herrn PEACOCK liefert das Mineral tatsächlich genauestens dasselbe Diagramm, das CORMACK für reines  $\text{Ni}_3\text{Pb}_2\text{S}_2$  erhalten hatte (Except for insignificant impurities, probably serpentine, pentlandite e. c. t., the patterns are identical and the glancing angles agree precisely with those given by CORMACK . . .). Die Ähnlichkeit des Diagramms mit dem des eigentlichen Parkerits ( $\text{Ni}_3\text{Bi}_2\text{S}_2$ ) ist nur ziemlich roh, was natürlich erst recht meine Deutung bestätigt, die bei zu weitgehender Ähnlichkeit der Diagramme immerhin zweifelhaft hätte bleiben können.

*Wir haben also  $\text{Ni}_3\text{Pb}_2\text{S}_2$  als neues Mineral.* Ich dachte daran, es nach dem Entdecker des Parkerits, Herrn SCHOLTZ in Stellenbosch zu nennen, mußte davon aber Abstand nehmen, da gerade ein Zinkphosphat „Scholzit“ genannt wurde. Herr SCHOLTZ selbst machte nun den Vorschlag, das neue Mineral nach seinem Lehrer und Amtsvorgänger, Herrn SHAND, zu nennen, der die Bearbeitung der Insizwa-Lagerstätten durch Herrn SCHOLTZ und damit auch die erste Erkennung des Parkerits angeregt hat. Diesem Vorschlag folge ich um so lieber, als ich damit meine Dankbarkeit an einen der Führer der unvergeßlich schönen Bushveldexkursion 1929 abstaten kann. „Shandit“ ist rhomboedrisch und pseudokubisch. Die Gitterdimensionen stimmen weitgehend mit denen von Heazlewoodit und Parkerit überein (vergl. S. 27—29).

## 5. Geochemische Überlegungen

In verschiedener Hinsicht ist das Vorkommen von Trial Harbour und der übrigen erwähnten Lagerstätten geochemisch von Interesse:

a) Das Auftreten einer besonderen Anreicherung von Ni in einem Dunit über die ja gewöhnliche Tarnung im Olivin hinaus. Dieser Ni-Gehalt ist in einem sehr großen Bildungsintervall zugeführt oder wenigstens umgelagert und charakterisiert durch immer höhere Schwefelungsstufen. Ganz früh erscheint Nickel als Awaruit metallisch (also Metall: Schwefel =  $\infty$ ) bereits als Einschluß im Olivin. Es folgte die Verbindung  $\text{Ni}_3\text{Pb}_2\text{S}_2$ , die noch starken Legierungscharakter hat (M: S = 5:2), weiter reichlich und die beiden vorerwähnten verdrängend Heazlewoodit (M: S = 3:2) und der Pentlandit (M: S = 9:8). Im supergenen Bereich folgt dann Millerit (M: S = 1:1) und — allerdings soweit bisher beobachtet nur im Vorkommen von Heazlewood — Violarit (= Polydymit) (M: S = 3:4), Bravoit und Vaesit (M: S = 1:2)!

b) Das sehr frühzeitige Erscheinen von Blei und Zink, so früh, daß noch nicht genügend Schwefel vorhanden war, um die sonst so beständige Verbindung Bleiglanz entstehen zu lassen. Ein sehr frühes Auftreten von Blei und Zink ist nicht ganz beispiellos und neuerdings aus Insizwa und von der Froodmine bei Sudbury beschrieben, dem Verf. aber auch z. B. aus der alten Nickelgrube der Farm Vlakfontein 902 in Transvaal bekannt. In all diesen Fällen ist die Vergesellschaftung aber doch eine erheblich andere, so daß der Vergleich nicht ganz zutrifft. Immerhin ist von Insizwa ein Parkerit,  $\text{Ni}_3\text{Bi}_2\text{S}_2$ , mit nicht unerheblichem Pb-Anteil bekannt. Hier in Trial Harbour kam es dann vollends zur Bildung des reinen  $\text{Ni}_3\text{Pb}_2\text{S}_2$ , *Shandit*. Zink hat gegenüber Blei eine so hohe Affinität zu Schwefel, daß es sich die nötige Menge zunächst einmal vorweg besorgte, also Zinkblende bildete.

Die Lagerstätte ist sicher hochtemperiert — nach den Schmelzversuchen mit  $\text{Ni}_3\text{Pb}_2\text{S}_2$  und  $\text{Ni}_3\text{S}_2$  schließt Verf. ganz roh auf  $800^\circ$  —, trotzdem ist diese Zinkblende wasserklar, also ganz eisenfrei, und zwar das, obwohl die Paragenese mit Pentlandit und Magnetit beweist, daß einigermaßen viel Eisen vorhanden war. Bei einer so hohen Ni-Konzentration ist Eisen offenbar viel mehr geneigt, auch in sulfidischer Bindung mit dem Nickel zusammenzugehen als mit dem Zink. — Daß die Zinkblende etwa bei hoher Temperatur viel Eisen enthalten hätte, das aber bei extrem langsamer Abkühlung ausgewandert wäre, ist aus geologischen Gründen nicht anzunehmen, vor allem aber durch das Fehlen jeden Eisenminerals in unmittelbarer Nachbarschaft der Zinkblende ausgeschlossen.

c) Der Chemismus der *oxydischen Begleiter* der Sulfiderze zeigt, daß, sobald überhaupt Schwefel vorhanden ist, dieser überwiegend mit Nickel zusammenggeht, während das Eisen als mehr lithophil oxydisch gebunden wird. Immerhin sind z. B. von Barberton und Dodoma Ni-reiche Magnetite in Peridotiten bekannt — in ihnen muß Schwefel fehlen! Größerer Reichtum an Schwefel läßt dann auch das Eisen in sulfidische Verbindungen eintreten.

d) Geochemisch von Bedeutung ist auch, daß im Verwitterungsbereich hier die sonst so extrem leicht verwitternde bzw. im Umweg über daraus entstehenden Bravoit verwitternde Verbindung Pentlandit so beständig ist. In allen Nickelmagnetkiesen, die nur die geringsten Anzeichen von Verwitterung zeigen, ist Pentlandit von Bravoit führenden Klüften durchzogen, die dann den Anlaß geben, daß in Sammlungen (bei nicht völlig trockener Luft) Handstücke wie Anschliffe zerfallen. — Hier kaum eine Spur davon, obwohl ein Teil der Handstücke ganz offenbar aus unmittelbarer Nähe der Tagesoberfläche stammt und die klimatischen Verhältnisse (etwa 2000 mm Regen an 250 Tagen!) der Verwitterung extrem günstig wären. Der

Schlüssel ist im Fehlen des Magnetkieses zu suchen, der besonders schnell verwittert und mit den entstehenden Eisensulfaten katalytisch den Pentlandit infiziert.

#### 6. Die Veränderungen des Begleitgesteins

Da die „Lagerstätte“ gebildet ist, als das Begleitgestein noch ein typischer, nur aus Chromit und Olivin bestehender Dunit war und die Serpentinisierung und weitere Veränderung des Gesteins die sulfidischen Erze außer der mechanischen Beanspruchung nicht wesentlich beeinflußten, soll der Mineralbestand nur kurz behandelt werden.

Von *Olivin* sind noch zahlreiche, aber stets weitgehend korrodierte Reste vorhanden. Das ursprüngliche Korn war, wie auch aus Abb. 3 hervorgeht, für einen Peridotit sehr fein, selten 0,5 mm, meist etwa 0,2. Optisch zeigt er keine Besonderheiten; der Achsenwinkel deutet auf sehr geringen Eisengehalt. Erscheinungen der oberflächennahen Serpentinisierung in Gestalt von konzentrischen und parallelschaligen Krusten fehlt. Primäre Silikate anderer Art (Enstatit, Diallag, Hornblende usw.) wurden, außer Spuren einer rhombischen Hornblende, ebensowenig beobachtet wie gewöhnliche Spinelle, abgesehen von dem dem Chromit nahestehenden  $(\text{Mg, Fe}) (\text{Cr}_2, \text{Al}_2)\text{O}_4$ . Bei der Serpentinisierung, die vielleicht 70% aller Olivine restlos zerstört hat, den Rest in allen Stadien der Relikte, entsteht ein sehr schwach anisotroper, meist etwas parallelfasriger *Faserserpentin*, der zwar nicht völlig, aber doch sehr weitgehend von der Orientierung des Olivins unabhängig ist. Sehr auffallend ist die ihm zeitlich folgende Bildung eines *Talks*, der teilweise die Außenteile des alten Olivins einnimmt, hauptsächlich aber die Klüfte erfüllt, die im Gefolge der Serpentinisierung entstanden sind. Besonders die jüngsten Teile von ihm sind lebhaft, sericitartig, doppelbrechend.

An manchen Stellen des kleinen Serpentinmassivs treten dann noch Bildungen rezenter Verwitterung auf: Hydromagnesit,

Artinit und schwer bestimmbare dünnste weiße Krusten und Brauneisenresiduen. Auf alle wurde bei der Untersuchung weiter kein Gewicht gelegt.

#### 7. Ähnliche Vorkommen

Der Verf. erinnerte sich einer Arbeit von F. DE QUERVAIN (2), in der aus einem technisch viel verwendeten Serpentin von *Selva im Puschlav*, Graubünden, das Vorkommen von Awaruit neben Pentlandit, beide oft mit Magnetitkrusten beschrieben wird. Er vermutete, daß man wohl auch hier mit dem Auftreten von Heazlewoodit würde rechnen können. Kollege DE QUERVAIN hatte die große Freundlichkeit, sechs Splitter von verschiedenen Handstücken des Vorkommens zur Verfügung zu stellen, wofür ich ihm herzlichst danke. Die Vermutung bestätigte sich völlig; *de Quervains* Proben Nr. 5, 102, 212, führten Heazlewoodit in typischster Form, Nr. 5 sogar in einer Andeutung von Kristallformen, dem würfelförmigen Grundrhomboeder mit gerundeten Flächen (Abb. 13, 14). Die Probe 100 enthielt nur Awaruit, aber keine Spur von Sulfiden, 17 dagegen nur Pentlandit. Hier fehlte also der Schwefel überhaupt bzw. war er in einem gewissen Überschuß vorhanden. Die anderen führten alle Heazlewoodit mit Awaruit oder Pentlandit oder beiden. Da Herr DE QUERVAIN und der Verf. auf dieses und vielleicht noch weitere alpine Vorkommen bald näher eingehen zu können hofft, beschränke ich mich auf diese kurze Mitteilung.

Auch aus *Neu Caledonien* sind aus den dortigen umfangreichen Serpentinmassiven vereinzelt Sulfidlinsen bescheidensten Ausmaßes bekannt geworden, wo Heazlewoodit als Ausgangsmaterial des allein erwähnten Millerits zu erwarten wäre. Eine neue Angabe des japanischen Schrifttums, worin bei der Sulfidführung eines Peridotits Pentlandit, Bravoit und Millerit erwähnt werden, läßt, wie mir auch Kollege WATANABE bestätigt, ebenfalls auf das Vorhandensein eines bisher übersehenen Heazlewoodits schließen.

## 8. Zusammenfassung

Der von PETTERD beschriebene, erst neuerdings aber durch PEACOCK bestätigte Heazlewoodit,  $Ni_3S_2$ , wurde außer in seinem Originalvorkommen auch in Trial Harbour, Tasmanien und Poschiavo, Graubünden, aufgefunden. In Trial Harbour ist er vergesellschaftet mit Pentlandit, Magnetit, Chromit, wenig Zinkblende, Awaruit und einem neuen Mineral, das sich als  $Ni_3Pb_2S_2$  erwies. Im Augenblick der Bildung der Sulfide und des Magnetits lag der jetzige Serpentin noch als intakter Peridotit vor. Das neue Mineral, dessen Zusammensetzung durch die Begleiter Heazlewoodit und Zinkblende aus geochemischen Gründen und dem erzmikroskopischen Verhalten schon als  $Ni_3Pb_2S_2$  vorausgesagt war, erwies sich durch Vergleich mit künstlichem Material und durch die freundlich von Herrn THOMPSON in Vancouver hergestellte Pulveraufnahme tatsächlich als solches. Zu Heazlewoodit bestehen enge Beziehungen im Gitterbau, die sich in gelegentlicher orientierter Verwachsung mit durchlaufender Spaltbarkeit zeigen. Allem Anschein nach hat das neue, *Shandit* genannte Mineral ebenfalls eine rhomboedrisch-pseudokubische Zelle, was auch durch das optische Verhalten wahrscheinlich gemacht wird (vergl. S. 27—29).

Die geochemischen Verhältnisse zeigen in der zunächst sehr hochtemperierten Lagerstätte ein eigentümliches Vorschreiten von metallischem Ni zu immer höher geschwefelten Verbindungen, eine Tendenz, die sich auch im Verwitterungszyklus noch fortsetzt. Durch den anfangs bestehenden Mangel an Schwefel ist trotz hoher Bildungstemperatur eine fast eisenfreie Zinkblende entstanden.

Es besteht die große Wahrscheinlichkeit, daß Heazlewoodit und auch Shandit viel verbreiteter sind; nicht seltene Angaben über Sulfidführung in Serpentin deuten darauf hin.

$Ni_3S_2$ (Daten nach PEACOCK und Indizierung)				$Ni_3Pb_2S_2$ (Daten nach CORMACK. In- dizierung nach RAMDOHR und Borchert)				$Ni_3Bi_2S_2$ (Daten und Indizierung nach PEACOCK)			
I	$\vartheta$	$d$	Index	I	$\vartheta$	$d$	Index	I	$\vartheta$	$d$	Index
				2	9.81	4.51	111	2	7.14	5.8	001
				1	10.09	4.39	$\beta$ 200				
5	10.85	4.08	100	9	11.29	3.92	200	8	11.14	4.01	{100 011
				2	14.44	3.08	$\beta$ 220	1	13.57	3.29	101
								1	14.23	—	—
								1	14.75	—	—
9	15,6	2.86	10 $\bar{1}$	10	16.04	2.78	220	10	15.77	2.85	{002 111
								2	16.21	—	—
				2	17.79	2.51	$\beta$ 222	1	17.26	2.56	012
				2	18.87	2.37	311	1	17.75	—	—
3	18.3	2.37	111	8	19.78	2.27	222	6	19.31	2.33	102
$\frac{1}{2}$	19.0	2.36	11 $\bar{1}$	$\frac{1}{2}$	20.31	2.21		5	19.79	2.28	120
				1	20.67	2.18	$\beta$ 400	$\frac{1}{2}$	20.47	—	—
								$\frac{1}{2}$	20.93	2.15	112
								$\frac{1}{2}$	21.37	2.12	121
4	22.15	2.04	200	6	22.99	1.968	400	4	22.47	2.02	200
								6	22.85	1.984	022
								$\frac{1}{2}$	23.85	1.897	201
				1	25.27	1.800	331	$\frac{1}{2}$	24.39	—	—
				1	25.60	1.779	$\beta$ 422	$\frac{1}{2}$	24.91	—	—
10	{ 24.95	1.822	210	5	25.92	1.758	420	4	25.34	1.802	013
	{ 25.05	1.816	20 $\bar{1}$					3	25.64	1.782	122
1	27.4	1.670	211					$\frac{1}{2}$	26.09	—	—
				5	28.58	1.607	422	$\frac{1}{2}$	26.54	1.723	103
								5	27.92	1.645	113, 202
5	27.6	1.659	2 $\bar{1}\bar{1}$					$\frac{1}{2}$	28.16	—	—
				$\frac{1}{2}$	29.33	1.569		3	28.65	1.611	131
								$\frac{1}{2}$	29.14	—	—
								$\frac{1}{2}$	29.41	—	—
				$\frac{1}{2}$	30.54	1.513	{ 333 511	$\frac{1}{2}$	31.11	—	—

I	$\vartheta$	d	Index	I	$\vartheta$	d	Index	I	$\vartheta$	d	Index
				4	33.55	1.391	440	3	32.61	1.431	004
				$1/2$	35.28	1.331	531	4	33.01	1.415	222
$1/2$	34.4	1.361	300	3	35.89	1.311	{600 442	1	33.87	1.385	{014 203
1	34.75	1.348	212	3	38.17	1.244	620	2	34.95	1.345	104, 213
2	36.75	1.285	310	3	40.40	1.186	622	$1/2$	35.94	1.324	033
2	39.05	1.220	311	1	44.87	1.089	640	1	37.24	1.270	311, 024
$1/2$	40.55	1.183	222	$1/2$	48.50	1.026	{731 553	$1/2$	38.18	—	—
$1/2$	41.1	1.169	222	$1/2$	48.64	1.024	—	2	39.53	1.211	302, 124
2	42.85	1.130	320	$1/2$	51.37	0.984	800	1	40.36	1.186	321
2	43.4	1.119	302	$1/2$	53.58	0.955	{820 644	1	41.24	1.165	141
2	44.7	1.093	321	$1/2$	53.88	0.952	—	$1/2$	42.47	1.140	214
3	45.3	1.081	312, 312	$1/2$	55.90	0.928	{822 660	$1/2$	43.45	1.119	015
2	49.15	1.016	400	$1/2$	58.20	0.905	662	1	45.52	1.078	115
$1/2$	51.2	0.987	401	$1/2$	60.77	0.881	840	$1/2$	46.72	—	—
1	53.5	0.956	411, 303	$1/2$	61.05	0.878	842	$1/2$	48.88	—	—
1	57.4	0.912	420	$1/2$	63.88	0.856	664	$1/2$	51.84	0.978	215, 302
1	58.05	0.906	402	$1/2$	66.21	0.840	931	$1/2$	54.65	0.944	420, 135 333
1	59.4	0.893	421	$1/2$	66.83	0.836	844	$1/2$	55.75	0.927	106
1	59.95	0.888	421	$1/2$	73.08	0.804	844	$1/2$	56.40	0.923	324
1	60.5	0.883	412	$1/2$	73.78	0.801	10·0·0	$1/2$	58.70	0.901	026
$1/2$	61.45	0.875	332	$1/2$	77.72	0.787	10·0·0	$1/2$	59.75	—	—
1	62.9	0.864	323	$1/2$	78.33	0.785	10·2·0	$1/2$	61.05	0.879	126, 413
$1/2$	71.6	0.810	403	$1/2$	84.27	0.772	10·2·0				
$1/2$	74.7	0.797	413, 413								
$1/2$	75.9	0.793	333								
$1/2$	77.8	0.786	511								

Die Pulverdiagramme von  $Ni_3S_2$ ,  $Ni_3Pb_2S_2$ ,  $Ni_3Bi_2S_2$ .

Um einen Anhalt für die Ähnlichkeit der hier besprochenen Mineralien Heazlewoodit und Shandit untereinander und mit dem reinen Wismutparkerit zu geben, werden hier die Pulverdiagramme der künstlichen Produkte nach PEACOCK (3) bzw. CORMACK (5) wiedergegeben. In allen Fällen handelt es sich um gefilterte<sup>1)</sup>  $CuK\alpha$ -Strahlung; für hohe F-Werte ist für  $CuK\alpha$  und  $CuK\alpha$  das gewogene Mittel eingesetzt.

Die Übereinstimmung der stärksten Linien ist augenfällig. Leicht erkennbar ist auch, daß bei  $Ni_3Pb_2S_2$  eine Verdoppelung von  $a_{rh}$  notwendig ist, ebenso, daß eine kleine Verkürzung gegenüber  $Ni_3S_2$  in allen  $d$ -Werten vorliegt.

Die Indizierung, die bei den höheren  $\vartheta$ -Werten z. T. eine Ergänzung oder Berichtigung noch nötig haben mag, wurde vom Verf. mit Unterstützung durch Koll. Borchert vorgenommen. Um anderen nicht vorzugreifen, wurden nur die Gittergrößen angenähert aus  $(hh\bar{2}h0)$  und  $(0001)$  zu  $a_0 = 11.128$  bzw.  $c_0 = 13.63$ , aus  $(h0\bar{h}l)$   $d_{100} = 7.87$  KX festgelegt. Aus  $a_0$  und  $c_0$  ergeben sich  $\alpha_{rh} = 90^\circ 0'$ ,  $a_{rh} = 7.87$  KX. Diese Zelle enthält 4 Formeleinheiten. Koll. Peacock macht mich freundlicher Weise darauf aufmerksam, daß auch eine kleinere Zelle ( $Z=1$ ) mit  $\alpha_{rh} = 60^\circ$ ,  $a_{rh} = 5,565$  KX gewählt werden kann.

<sup>1)</sup> Die Filterung ist allerdings bei Cormack offenbar nicht recht geglückt!