

ABHANDLUNGEN UND BERICHTE DES NATURKUNDEMUSEUMS GÖRLITZ

Band 65, Nummer 6

Abh. Ber. Naturkundemus. Görlitz 65, 6: 1-16 (1991)

ISSN 0373-7568

Manuskriptannahme am 12. 12. 1990

Erschienen am 10. 6. 1991

Zum Vorkommen Wavellit im Kieselschiefer des Pansberges bei Horsch/Lausitz

Von LUTZ NASDALA, HARTMUT WALTHER und BERND BUSCHMANN

Bergakademie Freiberg

Mit 5 Abbildungen und 2 Tabellen

Summary

About the occurrence of wavellite in the bedded chert of the Pansberg hill near Horsch/Lausitz.

In the present paper a first mineralogical description is given for the wavellite occurring in the bedded chert of the Pansberg hill near Horsch, Lausitz. The identity of the wavellite was proved unambiguously by X-ray spectroscopy.

The results of the provided analyses are largely in accordance with data published about wavellites of other occurrences. On the whole, the wavellite is poor in trace elements: only the content of silver is exceptionally high. The reasons for the existence of brown rings in wavellite aggregates and of correlated fluorescence phenomena could not be clarified. Hence further investigations of this phosphate mineral, especially with local element analysis, are necessary.

The mineralogical description of the wavellite is complemented by a summarizing depiction of the geological situation and a general petrochemical characterisation of the bedded chert.

Einführung

Das Vorkommen von Phosphatmineralen im Kieselschiefer des Pansberges bei Horsch/Lausitz war schon in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts bekannt geworden. So erwähnte GLOCKER (1845) in der Beschreibung des Calaitvorkommens von Dömsdorf abschließend über einen neuen Fundpunkt: „Ebenfalls grüner Calait, aber von splittigem Bruche, ist im Jahre 1843 in hellgrauem Kieselschiefer bei Nieski, in der Oberlausitz, gefunden worden.“ Entdeckt wurde der „Calait“ durch den damaligen Bruchbesitzer Lehmann, der Proben des neuen Minerals an die Naturforschende Gesellschaft zu Görlitz schickte. E. F. Glocker erhielt das Material von Oberlehrer Fechner zur Bestimmung übergeben (GLOCKER 1857).

Die Identität dieser grünen Kluffüllung des Kieselschiefers war relativ lange umstritten. Im vergangenen Jahrhundert wurde hierfür der allgemeinere Begriff Calait (bzw. Kalait) verwendet, welcher überwiegend für Türkis, aber auch für Variscit in Gebrauch war. In Veröffentlichungen des 20. Jahrhunderts wurde das Mineral sowohl als Variscit (z. B. BEGER 1914, S. 276) als auch als Türkis (z. B. TESCHNER 1977) beschrieben, bis ZWAHR et al. (1978) röntgenanalytisch die Identität sämtlichen untersuchten Probenmaterials als Variscit nachweisen konnten und eine ausführlichere mineralogische Beschreibung lieferten.

Auf das Vorkommen von Wavellit im Kieselschiefer des Pansberges wies erstmals TRAUBE (1888) hin. Er beschrieb „... besonders in Quarzlagen, grünliche bis schwach bläulichgrüne, z. Th. auch gelblichweiß gefärbte, radialstrahlige scheibenförmige Aggregate“ von Wavellit. Ebenso erwähnte BEGER (1914) zum Pansberg: „Als Kluffmineralien finden sich bisweilen Wavellit und Variscit.“

Auch in neueren Publikationen über den Kieselschieferaufschluß am Pansberg wird das Vorkommen von Wavellit stets nur ergänzend erwähnt bzw. eine kurze morphologische Beschreibung dieses Minerals angeführt. Eingehendere mineralogische Untersuchungen wurden dagegen bisher nicht veröffentlicht. Es ist deshalb Anliegen des vorliegenden Beitrages, den analytischen Nachweis der Identität des Wavellits zu dokumentieren und eine erste mineralogische Charakterisierung zu geben.

Der mineralogischen Beschreibung des Phosphatminerals Wavellit sind eine allgemeine Darstellung der regionalen geologischen Situation sowie Gesichtspunkte der Genese des Kieselschiefers und seiner petrochemischen Charakteristik vorangestellt.

Allgemeines zur geologischen Situation, Aufschlußbeschreibung

Das Kieselschiefervorkommen am Pansberg bei Horschau befindet sich im Görlitzer Synklinorium. Die altpaläozoischen Gesteinsfolgen, die im Bereich des Görlitzer Synklinoriums auftreten, faßt man unter dem Begriff Görlitzer Schiefergebirge zusammen. Dieses wird im Norden durch den Lausitzer Hauptabbruch, im Osten durch die Neiße, im Süden durch die Innerlausitzer Hauptverwerfung und im Westen durch die Hoyerswerdaer Querstörung begrenzt.

Im Görlitzer Schiefergebirge ist die Gesteinsfolge vom Unterkambrium bis zum Unterkarbon (oberes Dinant) anzutreffen. Die Sedimentation erscheint vom Unterkambrium bis zum oberen Ordovizium lückenhaft. Mit dem oberordovizischen Eichbergsandstein setzt eine kontinuierliche und verbreitete Sedimentation ein, die bis zum oberen Visé (oberstes Unterkarbon) anhält. Auf tektonische Bewegungen während dieses Zeitraumes weisen zum Beispiel Aufarbeitungshorizonte im Grenzbereich Silur/Devon (FREYER & HIRSCHMANN 1970) hin.

Das Verbreitungsgebiet der altpaläozoischen Schichtenfolge wurde im obersten Visé im Verlaufe der Auffaltung des variszischen Orogens stark eingengt. Diese Einengung führte zu einer intensiven Verfaltung und Verschuppung des Altpaläozoikums. Die Falten verlaufen heute in NW-SE-Richtung und besitzen SW-Vergenz.

Die Kieselgesteine des Pansberges gehören zum älteren Teil der Schichtenfolge des Görlitzer Schiefergebirges. Durch zahlreiche Graptolithenfunde wurde eine Einstufung der Kieselgesteins-Schiefer-Wechselagerung vom Pansberg in das unterste Silur ermöglicht. So belegt beispielsweise die Leitform *Petalograpsus folium* His. unteres Llandovery. Bereits 1857 erwähnte GLOCKER mit *Monograpsus becki* Barrande und *Monograpsus horschensis* Glocker Graptolithen vom Pansberg, welcher somit der erste in der Literatur beschriebene Fossilfundpunkt im Paläozoikum der Lausitz ist.

PECK (1865) wies darauf hin, daß es sich bei *Monograpsus horschensis* Glocker nicht um eine eigenständige Art, sondern ein Jugendstadium von *Monograpsus becki* Barrande handelt. Eine tabellarische Übersicht der am Pansberg gefundenen Graptolithenarten wird von PIETZSCH (1962, S. 185) gegeben.

Aus dem Pansberger Kieselschiefer sind außerdem Radiolarien bekannt. Bereits PECK (1865, S. 166) beschrieb „... zahlreiche kleine weiße kreisrunde Flecke, die mitunter einen dunklen Punkt im Centrum haben und nicht nur auf den Flächen des Kieselschiefers aufgelagert sind, sondern sich auch in der Masse des Gesteins eingebettet finden“. PECK (a. a. O.) war sich aber „über die Natur dieser Flecke noch völlig im Unklaren“. PIETZSCH (1909), der sich des Charakters dieser Flecke als Radiolarienreste sicher war, wies auf ihr zahlreiches Vorkommen und ihre gute Erhaltung am Pansberg hin.

Die Gesteinsfolge am Pansberg ist durch einen im Betrieb befindlichen kleinen Steinbruch auf zwei Sohlen aufgeschlossen. Die harten, spröden Kieselgesteine stehen als verschieden mächtige Bänke und Lager mit einer oft sehr engständigen Klüftung an. Ihnen sind Schiefer blättriger Ausbildung zwischengelagert. Durch die Klüftung zerbrechen die Kieselgesteinslagen meist in flache, quaderförmige Stücke. Deshalb werden diese Kieselgesteine üblicherweise als Kieselschiefer bezeichnet.

Charakteristisch für die Kieselschiefer des Pansberges ist eine Aufeinanderfolge hell/dunkel gefärbter Laminen und Lagen, welche dem Gestein ein gebändertes Aussehen verleihen (Abb. 1). Das Farbspektrum reicht von hellgrau bis schwarzgrau.

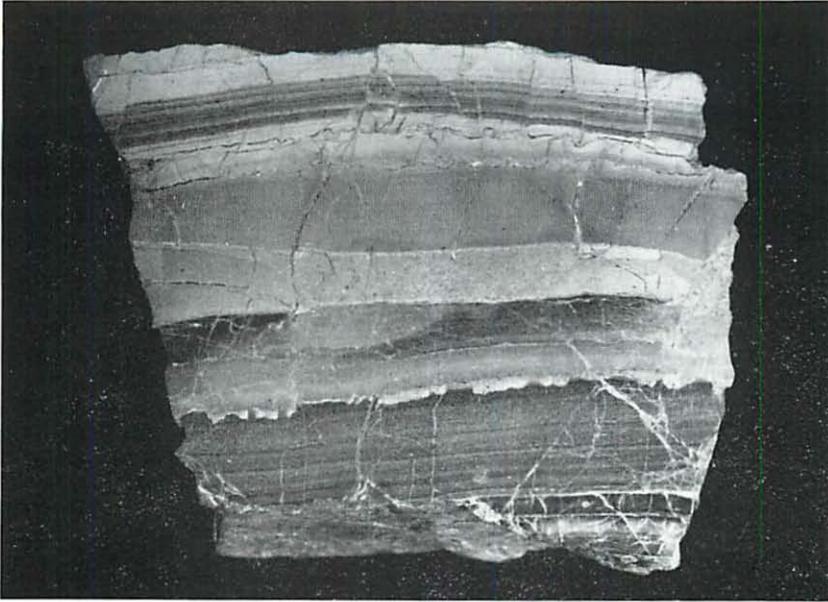


Abb. 1 Angeschliffenes und poliertes Handstück eines Pansberger Kiesel-schiefers mit ausgeprägter „Bänderung“ (Breite ca. 10 cm).
Sammlung: Institut für Geologie der Bergakademie Freiberg
Foto: M. Knopfe

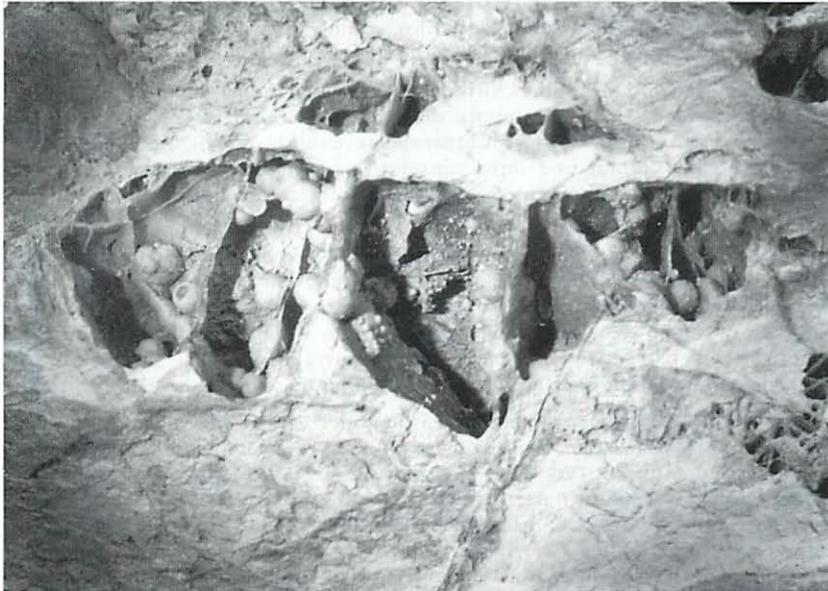


Abb. 2 Ausgewitterter länglicher Hohlraum im Kiesel-schiefer mit Resten des im Text beschriebenen, gelblichweißen porösen Materials (Breite ca. 3 cm). Deutlich sind im Inneren des Hohlraumes die bei der Verwitterung „übriggebliebenen“ Quarztrümchen als bis mm-starke Wände bzw. Leisten erkennbar. An diesen Leisten sowie an den Wänden des Hohlraumes sitzen kleine kugelige Variscitaggregate (Durchmesser 1 bis 2 mm).
Sammlung: Institut für Geologie der Bergakademie Freiberg
Foto: M. Knopfe

Im Kiesel-schiefer fallen gelblichweiße bis weiße, poröse schichtparallele Lagen und Linsen auf. Besonders bei größeren Linsen mit mehreren cm Längsdurchmesser sind die Randbereiche durch dunkleres Kieselgestein, welches verwitterungsresistenter erscheint, markiert. Häufig ist ein Anschmiegen der umgebenden Kieselgesteinsschichten um diese Linsen zu beobachten, was auf eine Verfestigung der Linsen vor der endgültigen Kompaktion und Aushärtung des umliegenden Sediments hinweist. Im Zentrum solcher poröser Lagen oder Linsen ist das Gesteinsmaterial nicht selten grusig zersetzt, was mitunter die Entstehung kleiner Hohlräume zur Folge hat. In diesen Hohlräumen sind lediglich die das gesamte Kieselgestein durchsetzenden Quarztrümer als Leisten erhalten. Gelegentlich finden sich auf diesen Leisten bzw. an den Wänden des Hohlraumes kugelig-traubige Variscitaggregate (Abb. 2).

Der primäre Charakter der beschriebenen hellen porösen Lagen und Linsen ist uns noch nicht bekannt. Hierzu werden gegenwärtig noch detailliertere Untersuchungen durchgeführt. Wegen der im Vergleich zum umgebenden Kiesel-schiefer deutlich geringeren Verwitterungsresistenz und dem gelegentlichen Auftreten von Variscit im Inneren zersetzter Linsen erscheint ein phosphatreicheres Ausgangsmaterial wahrscheinlich. Es wäre nach dem gegenwärtigen Kenntnisstand jedoch noch verfrüht, hier von den Resten von Phosphatkonkretionen zu sprechen. Im Görlitzer Schiefergebirge sind Phosphatkonkretionen aus dem ebenfalls silurischen, im Vergleich zu den Gesteinen des Pansberges aber etwas jüngeren Kiesel-schiefer des Eichberges bei Weißig bekannt. Das verbreitete Auftreten von Phosphatmineralen auf Klüften des Pansberger Kiesel-schiefers (siehe unten) zeigt den Phosphorreichtum auch dieser Gesteinsfolgen an.

Die in den Kiesel-schiefer eingeschalteten Schieferzwischenlagen sind kieselig-blättrig bis tonschieferartig mild aufgebaut. Ihre Färbung variiert von weiß über grau bis zu einem Karminrot. Vor allem in den tonigen Schieferlagen kann man dunklere, offensichtlich schwächer gebleichte Kerne beobachten. Auf den Schichtflächen dieser Schiefer kommen Graptolithen entweder als Hohlformen oder als weiße bis dunkle Beläge vor.

Radiolarienreste treten im Kiesel-schiefer selbst relativ häufig auf; sie fallen in der von PECK (1865, Zitat oben) beschriebenen Weise als kleinste (um 0,2 mm große) weiße Punkte im Gestein auf. Außerdem sind im Kiesel-schiefer größere (bis 1 mm) hellgrau bis weiß erscheinende, im Dünnschliff farblose Flecke kreisrunder bis linsenartiger Form vorhanden, welche BRAUSE (1969) als sammelkristallisierte Quarzaggregate deutet.

Die Kieselgesteine werden in allen Richtungen von Quarzadern durchzogen, an denen die Schichtung häufig versetzt ist. Belastungen des Kieselgesteins nach seiner Aushärtung führten zur Bildung zahlreicher, meist schichtparalleler Drucklösungsflächen, welche an ihrem wellig-eingebuchteten Verlauf und ihrer runzelig-warzigen Oberfläche erkennbar sind. Besonders auf drucklösungsbeanspruchten Schichtflächen treten die Quarztrümer und -gänge als Rippen hervor.

Bereits an Handstücken sind mitunter Verfaltungen beobachtbar. Schlingenartige Verfaltungen sind sehr wahrscheinlich auf Sedimentrutschungsvorgänge im plastischen Zustand zurückzuführen, während zick-zack-förmige Schichtdeformationen – welche häufig Drucklösungserscheinungen in den Knickbereichen aufweisen – dagegen durch (tektonische) Einengung des Gesteinspaketes im festen Zustand verursacht wurden. Im Steinbruchbereich sind nahezu liegende Falten beispielsweise am NE-Stoß der oberen Bruchsohle beobachtbar.

Bemerkenswert ist die helle, graubetonte Färbung der Kiesel-schiefer des Pansberges (hierzu siehe unten). Die silurischen Kiesel-schiefer anderer Vorkommen im Görlitzer Schiefergebirge, in Thüringen und im Vogtland sind dagegen meist tiefschwarz gefärbt und lagern mit kohlenstoffreichen Alaunschiefern zwischen. Solche schwarzen Kieselgesteine – in der Literatur oft als Lydit bezeichnet – wurden am Pansberg nur an einer lokal sehr begrenzten Stelle im unteren Bereich des Gesteinsverbandes aufgeschlossen. Der Kiesel-schiefer weist nur hier eine nahezu schwarze Färbung auf und ist mit einem Alaunschiefer wechselgelagert. Der kohlig-schwarz abfärbende Alaunschiefer führt auf den Schichtflächen Graptolithen in Form kohligler, glänzender Beläge und zeigt graphitisch glänzende Ruschelflächen. Bei feuchter Witterung bemerkt man im Bereich dieser dunklen Gesteine einen schwachen Alaungeruch.

Die Alaunschiefer-Lydit-Einschaltung scheint nach oben und lateral in helle Kieselgesteine überzugehen. Die oben beschriebenen, im hellen Kiesel-schiefer zahlreich vorhandenen Ein-

lagerungen des gelblichweißen, porösen Materials wurden in den schwarzen Schiefen nicht gefunden.

In der Mitte des Kieselschieferbruches steht an der Basis der unteren Abbausohle sowie an einem kleinen Abschnitt der Ostwand der oberen Abbausohle ein stark verwitterter, kaolinführender gelblichweißer Sandstein an, welcher vereinzelt bis cm-große, gut gerundete Quarzgerölle führt. Dem Sandstein ist ein stark toniger, hell-bräunlicher Schieferzersatz mit Graptolithenresten zwischengeschaltet. Er geht nach oben in eine Wechsellagerung solcher Schieferzersätze mit grauen Kieselschieferlagen über.

Dieser Sandstein leitet offensichtlich zum oberordovizischen Eichbergsandstein über. Die Verbreitung des Eichbergsandsteins im Liegenden der Kieselgesteinsfolge ist in der Umgebung des Pansberges gut dokumentiert (siehe BRAUSE 1969, S. 17, Abb. 6).

Der Kieselgesteinsfolge lagert ein in jüngster Zeit gebildeter Schutthorizont aus kaum gerundeten Kieselgesteinsbrocken auf, welcher wiederum von teilweise schräggeschichteten, sandig-kiesigen Lockersedimenten mit abgerundeten Kieselgesteinsbrocken überdeckt wird.

Genese und Geochemie der Kieselschiefer

Als Kieselschiefer werden traditionell jungproterozoisch-altpaläozoische, lagig-bankige Kieselgesteine in Grundgebirgseinheiten bezeichnet.

In der deutschsprachigen Literatur hat sich für Kieselgesteine allerdings noch keine einheitliche Nomenklatur durchgesetzt. Kieselschiefern entsprechende Gesteine werden z. B. als Kieselplit, Chert, Lydit oder Aphanit benannt, wobei die beiden letztgenannten Termini kohlenstoffreiche, überwiegend schwarze Kieselgesteinstypen bezeichnen. Zur Kieselgesteinsklassifikation und -nomenklatur siehe u. a. bei HOSS (1957), HAAGE (1966), BRAUSE (1969), BLANKENBURG et al. (1982), LASCHET (1984) und KURZE (1985, 1988).

Kieselschiefer besitzen im allgemeinen einen SiO_2 -Gehalt von mehr als 85 %. Bei intensiver Verwitterung und Oxydation der Gesteinssubstanz kann der SiO_2 -Gehalt bis nahe 100 % ansteigen.

Die Genese der Kieselschiefer ist gegenwärtig noch nicht detailliert geklärt. Durchgesetzt hat sich die Meinung, daß es sich bei ihnen um Stillwassersedimente handelt, welche überwiegend in meerähnlichen Gewässern gebildet wurden.

Die Herkunft der Kieselsäure in den Ozeanen ist in der Literatur mehrfach diskutiert worden. Eine quantitativ bedeutende SiO_2 -Quelle stellt der Transport terrestrischer Verwitterungsprodukte vom Festland in das Meer (insbesondere durch Flüsse) dar (HEIN & OBRADOVIČ 1989). DeMASTER (1981) gibt hierfür die Zahl von weltweit 420 Mt/a an. Ein weiterer SiO_2 -Eintrag in die Ozeane erfolgt durch den submarinen Vulkanismus. Die so zugeführte Kieselsäuremenge ist mit 190 ± 100 Mt/a (EDMOND et al. 1979) etwas geringer als die aus der terrestrischen Verwitterung. Gegenüber den beiden genannten Hauptlieferanten für die in die Ozeane gelangende Kieselsäure besitzen submarine Verwitterungsprozesse nur sehr lokale Bedeutung (nach CALVERT 1968 durchschnittlich 3 Mt/a).

Da das Silur in Mitteleuropa eine Zeit relativer tektonischer Ruhe war, muß die Genese der silurischen Kieselschiefer wohl überwiegend auf die bei der terrestrischen Verwitterung freigesetzte Kieselsäure zurückgeführt werden. Dagegen ist für die Entstehung der devonischen Hornsteine Sachsens (z. B. Vorkommen nördlich Sproitz) wegen des im Devon intensiven Vulkanismus ein relativ höherer Anteil vulkanogener Kieselsäure möglich. Diese genetische Verschiedenheit wird durch differierende kompositionelle Eigenschaften angedeutet (zur Interpretation von Spurenelementenunterschieden zwischen silurischen und devonischen Kieselgesteinen Sachsens siehe WALTHER 1989).

Nach einer gewissen Verweilzeit in der Hydrosphäre – VINOGRADOV (1967; aus RÖSLER & LANGE 1975) gibt hierfür durchschnittlich 20 000 Jahre an – kommt die Kieselsäure zur Ausscheidung. Die Rekonstruktion der dabei wirkenden Mechanismen ist relativ kompliziert, da sie sehr eng mit der Entwicklung des Lebens auf der Erde sowie atmosphärischen und hydrosphärischen Bedingungen verbunden sind.

Die Kieselsäure kann anorganisch oder organisch ausgeschieden werden. Zur anorganischen Ausfällung führen z. B. das Absinken von Temperatur und/oder pH-Wert sowie der Einfluß bestimmter Fremdionen. Im Meerwasser wird das SiO_2 jedoch überwiegend

organisch, d. h. durch Meeresorganismen (Diatomeen, Radiolarien, . . .) fixiert (hierzu siehe WISE & WEAVER 1974).

WOLLAST (1974) gibt für die Menge des im Meer organogen ausgeschiedenen SiO_2 25 000 Mt/a an. Der Vergleich dieser Zahl mit den o. a. Kieselsäure-Eintragsmengen zeigt, daß die Ausscheidung des SiO_2 nur im Kreislauf mit Lösungsprozessen erfolgen kann (LASCHET 1984). Man muß also davon ausgehen, daß durchschnittlich nur wenige Prozent der biogen ausgefällten Kieselsäure zur Ablagerung kommen, der große „Rest“ dagegen wieder gelöst wird. Für die Art des Wechselwirkens beider Prozesse sind Kristallinitätsgrad, Partikelgröße und -form, Temperatur, Druck sowie organische und anorganische Schutzüberzüge wichtige Faktoren.

Die altpaläozoischen Kieselschiefer waren schon seit längerem Gegenstand geochemischer Untersuchungen (z. B. LEUTWEIN 1951, SCHULZ 1971, CLAUSS 1986, WALTHER 1989). Die folgende Diskussion stützt sich hauptsächlich auf der letztgenannten Arbeit entnommene Daten.

In die von WALTHER (1989) vorgenommenen Untersuchungen an sächsischen Kieselgesteinen sind drei Pansberger Kieselschieferproben einbezogen worden. Diese Proben zeichnen sich durch eine für das im Kieselschieferbruch am Pansberg anstehende Gesteinsmaterial typische, für silurische Kieselschiefer allgemein jedoch ungewöhnlich helle Färbung aus. Die hellen Gesteinsfarben weisen auf geringe Gehalte an organischen Substanzen hin. Dies wird durch den sehr geringen Glühverlust der Proben (durchschnittlich 0,5 %) und den relativ hohen SiO_2 -Gehalt des geglühten Materials von 99,6 % (Bestimmung durch Röntgenfluoreszenzanalysen) bestätigt.

Tab. 1 Spurenelementgehalte der untersuchten Kieselschieferproben vom Pansberg im Vergleich mit den von WALTHER (1989) ermittelten durchschnittlichen Spurenelementgehalten von 39 silurischen Kieselschieferproben aus dem sächsischen Raum

Element	Gehalt in silurischen Kieselschiefern Sachsens (nach WALTHER 1989)		mittlere Gehalte in den unter- suchten drei Kieselschieferproben vom Pansberg	
	Schwankungsbreite	Mittelwert		
Ag	< 0,1 . . .	2,5	0,4	0,8
B	< 4 . . .	60	10	8
Ba	4 . . .	1300	200	26
Ca	< 10 . . .	6500	280	13
Cu	< 2 . . .	200	25	6
Fe	50 . . . >	10 000	1700	180
Ge	0,8 . . .	7	1,6	1,4
Mg	40 . . .	8000	1000	500
Mn	< 2 . . .	230	15	2
Nb	< 10 . . .	33	< 10	13
Rb	< 3 . . .	90	15	5
Ti	12 . . .	4000	280	70
V	< 5 . . .	600	110	50
Zr	2,5 . . .	160	28	11

Anmerkungen:

Alle Angaben in ppm (g/t). Die Elemente Be (2), Co (3), Cr (25), Ga (2), Li (30), Mo (1), Nb (10), Ni (2), Pb (3), Sn (1), und Sr (3) waren nicht nachweisbar bzw. lagen mit ihren Gehalten bei der Mehrzahl der Proben unterhalb der jeweiligen Nachweisgrenzen (ppm-Angaben in Klammern) des Analysenverfahrens (Atomemissionsspektralanalyse mit Bogenanregung). Die Gehalte von Al lagen bei den meisten der untersuchten Proben oberhalb des Eichbereiches des Analysenverfahrens (Werte > 3600 ppm).

Die von WALTHER (1989) untersuchten 39 Kieselschieferproben sind folgenden regionalen Einheiten zuzuordnen (Probenzahl in Klammern nachgestellt): Wildenfesler Zwischengebirge (5), Löbnitz-Zwönitzer-Zwischenmulde (2), Frankenberger Zwischengebirge (3), Nossen-Wilsdruffer Schiefergebirge (23), Elbtalschiefergebirge (1), Görlitzer Schiefergebirge (5).

Betrachtet man die Ergebnisse der Spurenelementanalytik (Tab. 1), stellt man im Vergleich zum Durchschnittsgehalt aller untersuchten silurischen Kieselschieferproben bei vielen Elementen eine Abreicherung fest. Dies ist auf vergleichsweise geringere Gehalte des Gesteins an Ton- und Schwermineralen sowie organischer Substanz (siehe oben) zurückzuführen. Obwohl die hier zugrundeliegende Probenauswahl für die Berechnung eines „durchschnittlichen silurischen Kieselschiefers“ für Sachsen bei weitem nicht repräsentativ

ist, muß der Pansberger Kiesel-schiefer als insgesamt relativ spurenelementarm eingestuft werden.

In Tabelle 1 fällt auf, daß besonders diejenigen Spurenelemente stark abgereichert sind, die bei Verwitterungsprozessen im allgemeinen leicht mobilisiert werden, wie z. B. Eisen, Kalzium und Barium (Abreicherung etwa eine Größenordnung). Dagegen weisen im Verwitterungskreislauf schwerer mobilisierbare Elemente wie Silber oder Zirkonium Gehalte etwa in der „durchschnittlichen“ Größenordnung auf. Dieser Zusammenhang weist darauf hin, daß der Pansberger Kiesel-schiefer besonders intensiven Verwitterungsvorgängen ausgesetzt war. Zur Präzisierung dieser Aussage wäre es notwendig, die Bindungsverhältnisse der einzelnen Elemente genauer zu betrachten und auch die oben erwähnte Alaunschiefer-Lydit-Einschaltung in die Beprobung einzubeziehen. Die Auffassung von PIETZSCH (1909), daß die insgesamt sehr helle Färbung des Pansberger Kiesel-schiefers auf die Sedimentation bereits primär besonders hellen, an organischen Substanzen armen SiO_2 -Materials zurückzuführen ist, dürfte nach den bisherigen Ergebnissen allerdings noch nicht vollständig zu widerlegen sein. Auch andere Kiesel-schiefer-vorkommen weisen z. T. Anzeichen intensivster Verwitterungsprozesse auf, ohne jedoch derart gleichmäßig hell gefärbt zu sein.

Zusammenfassend muß eingeschätzt werden, daß bei der Bildung von Kiesel-schiefern verschiedene Herkunfts- und Fixierungsparameter in wechselndem Maße wirksam wurden. Eindeutige genetische Zuordnungen sind deshalb bis heute problematisch. Für den silurischen Kiesel-schiefer des Pansberges kann allerdings mit hoher Wahrscheinlichkeit organogene Fällung der Kieselsäure („Radiolarit“) und Sedimentation des ausgefallenen SiO_2 in Stillwasserbereichen angenommen werden. Der Pansberger Kiesel-schiefer weist im Vergleich zu anderen silurischen Kiesel-schiefern Sachsens unterdurchschnittlich geringe Gehalte an organischen Substanzen Kohlenstoff, Neben- und Spurenelementen auf, wobei dies auf intensive Verwitterungsprozesse und eventuell auch auf die Sedimentation primär relativ reinen SiO_2 -Materials zurückgeführt werden kann.

Mineralogische Untersuchung des Wavellits

Der Kiesel-schieferbruch am Pansberg bei Horschau/Lausitz ist schon seit langem auch als Lieferant mineralogisch interessanter Proben bekannt (siehe oben).

Das Gestein wird von einer Vielzahl von Quarzgängen und -trümmern durchzogen, welche eine lebhaft tektonische Beanspruchung ebenso belegen wie das wiederholte Wechselwirken SiO_2 -mobilisierender (z. B. Drucklösungserscheinungen!) und SiO_2 -ausscheidender Prozesse. Mitunter findet man in handstückgroßen Proben oder bereits in einem Dünnschliff mehrere (nicht selten sechs oder mehr) Generationen von SiO_2 -Mineralisationen unterschiedlichster Ausbildung. Die Quarzgänge sind meist nur wenige mm dick, können jedoch auch Mächtigkeiten von einigen cm erreichen.

In den stärkeren Quarzgängen konnte das SiO_2 bei ausreichendem Raumangebot in drusenartigen Hohlräumen frei auskristallisieren. So findet man gelegentlich grauweiße Milchquarze oder kleine Bergkristalle. Nur sehr selten konnten auch Stücke mit Rauchquarzen geborgen werden. Die bis cm-großen Rauchquarzkristalle besitzen gedrungene, kurzprismatisch-dipyramidale Formen, bei denen die (1011) gegenüber der (1010) dominiert. Die sehr dunkle Farbe dieser Kristalle läßt z. T. auch die Varietätsbezeichnung Morion gerechtfertigt erscheinen.

Neben den verschiedenen derben und frei auskristallisierten Quarzvarietäten treten insbesondere Phosphatminerale auf. Bereits im Anstehenden fallen die massenhaft vorhandenen, zumeist verschiedene Grüntöne aufweisenden Kluftfüllungen und -beläge auf. Hierbei handelt es sich überwiegend um Variscit $\text{Al}(\text{PO}_4) \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$. Der Variscit kommt am Pansberg ausschließlich in dichter Ausbildung vor; Kristallindividuen wurden bisher nicht gefunden. Er bildet meist bis mm-dicke, apfelgrüne bis blaugrüne, seltener gelblichgrüne Kluftbeläge, erreicht jedoch in Ausnahmefällen auch größere Mächtigkeiten von bis zu 8 cm (ZWAHR 1978).

Sehr viel seltener als Variscit tritt auf Klüften des Kiesel-schiefers und in Quarzgängen Wavellit $\text{Al}_3[(\text{OH})_3/(\text{PO}_4)_2] \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$ auf. Dieser bildet säulige bis nadelige Kriställchen, welche in radialstrahliger Anordnung meist zu scheibenförmigen Rosetten, bei größerem Platzangebot in der Kluft bzw. im Gang auch zu halbkugeligen oder kugeligen Aggregaten

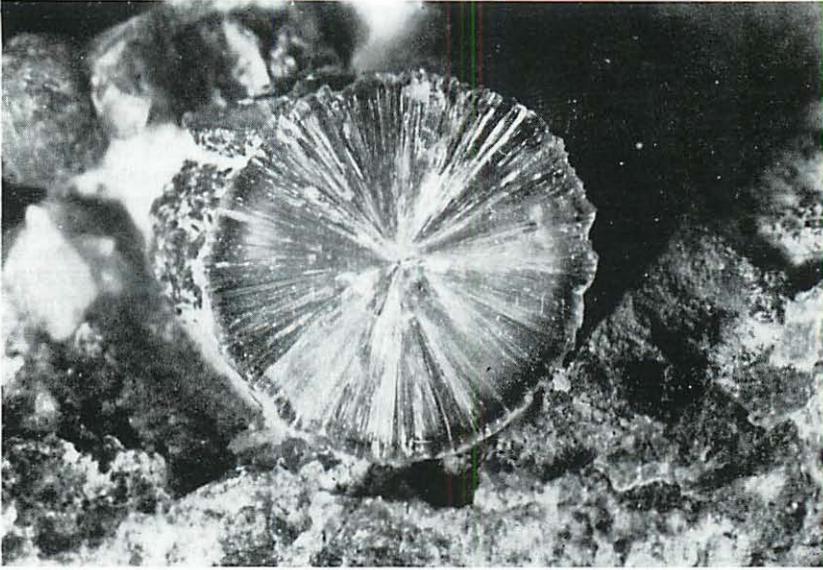


Abb. 3 Halbkugelförmiges Wavellitaggregat (Durchmesser um 8 mm) auf Kieselschiefer vom Pansberg.

Sammlung: L. Nasdala

Foto: M. Knopfe



Abb. 4 Von Variscit überkrustete, nach vorn offene Wavellitaggregat (Durchmesser bis 6 mm) vom Pansberg, bei denen im Außenbereich besonders intensiv dunkelgefärbte Ringe erkennbar sind.

Sammlung: Mineralogische Sammlung der Bergakademie Freiberg

Foto: M. Knopfe

gruppiert sind (Abb. 3 und 4). Der Wavellit weist fast ausschließlich gelbe Färbungen auf. Es überwiegen strohgelbe bis graugelbe Farben, gelegentlich können auch weingelbe bis bräunlichgelbe Farbtöne beobachtet werden. Zuweilen ist im Außenbereich größerer Wavellitaggregate ein dunkelbraun gefärbter „Ring“ ausgebildet (vergl. insb. Abb. 4; hierzu siehe unten). Die von TRAUBE (1888) beschriebenen grünlichen Wavellitfärbungen (Zitat im einführenden Abschnitt) waren an dem in den letzten Jahren aufgetretenen Wavellitmaterial nur selten beobachtbar.

Auf Klüften des Kieselschiefers, im Inneren ausgewitterter Hohlräume und auch in Graptolithenhohlformen konnten wir sehr vereinzelt kleine schwarzblaue, spießartige Kristalle bzw. Kristallaggregate mit glasartigem Glanz beobachten, welche stets eng mit „Limonit“ vergesellschaftet auftraten. Bei diesen Bildungen handelt es sich um Vivianit $\text{Fe}_3(\text{PO}_4) \cdot 8 \text{H}_2\text{O}$.

Die oben beschriebene Alaunschiefer-Lydit-Einlagerung enthält (insbesondere auf Klüften des Alaunschiefers) sehr geringe Mengen von Pyrit FeS_2 und weiteren Sulfidmineralen. Hierzu liegen gegenwärtig allerdings noch keine näheren Untersuchungen vor.

Das mehrfach vermutete Auftreten von Türkis am Pansberg kann nach den Untersuchungen von ZWAHR et al. (1978) und nach eigenen Untersuchungen nicht bestätigt werden.

Zur Altersstellung der oben beschriebenen Minerale muß eingeschätzt werden, daß die Phosphate im allgemeinen jünger sind als die SiO_2 -Bildungen. Variscit und Wavellit sitzen in den Klüften und Gängen oft auf Quarz auf; die Quarzkristalle sind von den Phosphaten überkrustet bzw. in diese eingewachsen. Nur selten scheinen Quarzkristalle (dann meist sehr kleine, klare Bergkriställchen) als sehr junge Bildung ihrerseits auf Variscit aufgewachsen zu sein. TESCHNER (1977) beschrieb „mm-große, auf Türkis aufgewachsene Rauchquarze“.

Die Bildungsfolge der Phosphatminerale untereinander erscheint eindeutiger. In sämtlichen gewonnenen Probestücken sitzt der Wavellit direkt auf Kieselschiefer bzw. auf Quarz, nie jedoch auf Variscit auf, wird aber von diesem sehr häufig überkrustet. Der Wavellit muß daher als das ältere, der Variscit als das jüngere dieser beiden Phosphatminerale angesehen werden. Während die Entstehung von Wavellit und Variscit sehr wahrscheinlich auf eine Phosphormobilisation aus dem Gestein selbst zurückzuführen ist, bildete sich der Vivianit erst sehr viel später infolge sekundärer Verwitterungsprozesse.

Auch Wavellit und Variscit unterliegen unter Oberflächenbedingungen verschiedenen Verwitterungseinflüssen. Hierbei erweist sich der Wavellit als der Verwitterung gegenüber deutlich weniger resistent als Variscit. In Kieselschieferpartien, die bereits mehrere Jahre anstehen, ist der Wavellit oft teilweise oder ganz zersetzt. Hier findet man auf Klüften gelegentlich Variscitbeläge mit kreisförmigen Löchern, in welchen z. T. noch Reste angewitterter Wavellitkristalle vorhanden sind. Auch halbkugelförmige hohle Variscitaggregate mit Wavellitresten im Inneren wurden beobachtet. Diese Löcher oder hohlen Halbkugeln repräsentieren perimorphe Bildungen des Variscits nach scheiben- bzw. halbkugelförmigen Wavellitaggregaten.

In den bisher publizierten Arbeiten über das Kieselschiefervorkommen am Pansberg wurde bereits mehrfach auf das Auftreten von Wavellit hingewiesen, ohne dies jedoch analytisch zu dokumentieren. Es war deshalb zunächst notwendig, die Identität des Wavellits nachzuweisen.

Im mineralogischen Labor des Instituts für Mineralogie, Geochemie und Lagerstättenlehre der Bergakademie Freiberg wurden von mehreren Pansberger Wavellitproben Röntgenphasendiagramme angefertigt. Hierzu wurden von den im Achatmörser analysenfreien ($\leq 63 \mu\text{m}$) aufgemahlene Proben Vaselinepräparate hergestellt und am Horizontalzählrohrgoniometer HZG-4 (Präzisionsmechanik Freiberg) unter folgenden Aufnahmebedingungen geröntgt:

- Co-K α -Strahlung mit Fe-Filter ($\lambda = 1,7902 \text{ \AA}$)
- Hochspannung 15 kV
- Stromstärke 30 mA
- Zählrohrblende 0,8 mm
- Zählrohrgeschwindigkeit 0,5 $^\circ/\text{min}$
- Papiergeschwindigkeit 10 mm/min

Die aufgenommenen Röntgenspektren sind relativ linienreich und stimmen untereinander in Zahl, Lage und Intensitätsverhältnissen der Peaks weitestgehend überein.

Im θ -Bereich von 2° bis $40,5^\circ$ wurden 69 Röntgeninterferenzen registriert, welche eine eindeutige Zuordnung des untersuchten Probenmaterials zu Wavellit gestatten. Die ermittelten d-Werte der Röntgenpeaks und im wesentlichen auch ihre relativen Intensitäten zeigen deutliche Übereinstimmung mit Literaturwerten (Tab. 2). Nur die gemessene Röntgeninterferenzen mit den d-Werten 3,34 Å, 2,761 Å, 2,244 Å, 1,910 Å, 1,899 Å, 1,841 Å und 1,642 Å haben in den angeführten Vergleichsdaten keine Entsprechung.

Tab. 2 Ergebnisse der Röntgenphasenanalysen von Pansberger Wavellitproben. Vergleich der ermittelten d-Werte und relativen Intensitäten der Röntgeninterferenzen mit Literaturwerten und daraus abgeleitete Zuordnung

Vergleichsdaten: Röntgeninterferenzen von Wavellit				Röntgeninterferenzen der Proben vom Pansberg bei Horsch/Lausitz			Interpretation
gemessen von KLEMIC & MROSE (1972)		nach SMITH et al. (1974)		Peak Nr.	d (Å)	I_{rel}	
d (Å)	I_{rel}	d (Å)	I_{rel}				
8.670	100	8.680	100	1	8.63	70	020
8.415	100	8.414	89	2	8.40	100	110
5.654	50	5.653	54	3	5.65	50	101
5.375	15	5.377	17	4	5.38	15	111
4.954	13	4.959	11	5	4.94	12	130
4.812	25	4.810	13	6	4.80	50	200
		4.738	6	7	4.73	5	121
4.335	3	4.340	3	8	4.33	5	040
4.042	9	4.046	9	9	4.04	10	131
3.963	9	3.962	6	10	3.96	10	201
3.864	4	3.863	4	11	3.85	5	211
3.426	33	3.424	42	12	3.42	40	012 (+ 141?)
		3.269		13	3.34	2	Quarz
		3.222	30	14	3.27	8	231 (+ 102?)
3.220	63	3.222	30	15	3.22	60	240
3.155	9	3.153	5	16	3.15	15	310
3.070	13	3.072	13	17	3.07	10	122
		2.992	3	18	2.980	3	032
2.956	6	2.959	5	19	2.952	8	151
2.925	9	2.926	5	20	2.922	10	241 (+ 301?)
2.890	4	2.893	3	21	2.886	5	060
		2.874	3	22	2.872	3	311
2.805	18	2.805	10	23	2.799	10	330
				24	2.761	3	321
2.607	8	2.611	4				
		2.603	5	25	2.601	15	331
2.573	25	2.576	17	26	2.572	35	161
2.539	6	2.540	5	27	2.537	10	232
2.475	1			28	2.475	3	260
2.406	3	2.405	2	29	2.401	2	400 (+ 170?)
2.363	9	2.363	5	30	2.361	8	302
2.275	11	2.274	5	31	2.271	10	401 (+ 171?)
				32	2.244	2	113
2.233	4	2.232	2				
2.226	4			33	2.229	5	062
2.198	3						
2.191	3	2.191	2	34	2.191	5	123 (+ 252?)
2.167	3			35	2.167	3	080
2.105	21	2.104	9				
2.095	21	2.097	8	36	2.098	25	203 (+ 271?)
2.081	2	2.082	2	37	2.078	2	213
2.052	3	2.053	2	38	2.050	5	361
2.039	4	2.038	2	39	2.035	5	223
2.022	1			40	2.021	3	071

1,976	13	1,9780	5	41	1,976	12	280
1,960	13	1,9618	5	42	1,958	10	370
				43	1,910	2	fraglich
				44	1,899	5	fraglich
1,889	3	1,8888	2	45	1,886	3	190
				46	1,841	2	fraglich
1,829	3	1,8301	2	47	1,827	5	362
1,814	3	1,8140	2	48	1,811	3	521
1,792	2			49	1,791	2	333
1,767	1			50	1,763	3	531
1,746	6	1,7475	3	51	1,746	3	004
1,721	8	1,7208	4				
1,719	2			52	1,718	8	452, 104
1,707	2	1,7110	3	53	1,708	2	114, 372
1,671	6	1,6723	3	54	1,671	5	173, 403
				55	1,642	3	fraglich
1,603	3	1,6111	8	56	1,608	5	480
		1,6033	2	57	1,601	5	600, 273
1,592	6	1,5934	3	58	1,592	3	292, 2 10 1
		1,5901	2				
1,571	8	1,5712	3	59	1,570	5	542
1,554	8	1,5574	3	60	1,555	8	1 11 0
1,535	8	1,5361	4	61	1,535	5	244
1,519	4	1,5202	2	62	1,519	10	570
1,483	3	1,4832	2	63	1,481	3	334
1,467	3			64	1,469	5	Wavellit
1,456	9	1,4564	4	65	1,455	8	562
1,445	1	1,4467	2	66	1,445	8	1 12 0
1,412	6	1,4130	3	67	1,413	8	174
1,398	3			68	1,399	3	Wavellit
1,381	5			69	1,381	3	Wavellit

Anmerkungen: Die relativen Intensitäten I_{rel} sind auf die jeweils intensitätsstärkste Röntgeninterferenz bezogen; deren Intensität wird gleich 100 gesetzt.

Die in der rechten Spalte ohne weitere Erläuterung angegebenen (hkl)-Werte sind auf das Wavellit-Kristallgitter bezogen; diese Angaben wurden aus KLEMIC & MROSE (1972) und SMITH et al. (1974) entnommen. Die Röntgeninterferenzen mit den d-Werten 1,469 Å, 1,399 Å und 1,381 Å müssen entsprechend KLEMIC & MROSE (1972) dem Wavellit zugeordnet werden, in der zitierten Publikation sind jedoch (hkl)-Indizierungen für Röntgenpeaks mit d-Werten < 1,74 Å nicht mehr angeführt.

Die Röntgeninterferenz mit $d = 3,34$ Å muß auf eine Verunreinigung der untersuchten Proben mit Quarz zurückgeführt werden. Wegen der vergleichsweise sehr geringen Intensität dieses intensitätsstärksten Quarzpeaks ist die Menge der SiO_2 -Verunreinigung als für diese Untersuchungen vernachlässigbar gering einzuschätzen, zumal bereits der zweitstärkste Quarzpeak mit $d = 4,26$ Å und $I_{rel} = 40$ nicht mehr gegenüber den Untergrundschwankungen in den Spektren aushaltbar war.

Die Röntgeninterferenzen mit $d = 2,761$ Å und $d = 2,244$ Å können auf der Grundlage eines von KLEMIC & MROSE (1972) berechneten theoretischen Wavellit-Röntgenspektrums dem Wavellit zugeordnet werden (berechnete d-Werte 2,763 Å und 2,244 Å).

Die Zuordnung der übrigen vier der oben genannten Röntgeninterferenzen ohne Entsprechung war unter Verwendung der zitierten Arbeiten nicht möglich (KLEMIC & MROSE führten nur oberhalb $d = 2$ Å alle berechneten Röntgeninterferenzen an, im Intervall $1,999$ Å $\geq d \geq 1,745$ Å dagegen nur solche, denen ein gemessener Peak entsprach).

Eine (zu erwartende) mögliche Verunreinigung der untersuchten Wavellitproben mit Variscit war nicht nachweisbar. Zu Vergleichszwecken hierfür wurden mehrere Pansberger Variscite wie oben beschrieben präpariert und unter analogen Bedingungen geröntgt. In Übereinstimmung mit ZWAHR et al. (1978) konnten wir dabei feststellen, daß die Variscite vom Pansberg – unabhängig von ihrer makroskopischen Ausbildung – den Messbach-Strukturtyp repräsentieren (hierzu SALVADOR & FAYOS 1972). In keinem der aufgenommenen Wavellitspektren wurde die intensitätsstärkste Röntgeninterferenz des Variscits vom Messbach-Typ mit $d = 4,29$ Å (und ebenfalls nicht die des Lucin-Typs mit $d = 3,04$ Å) registriert.

Auch das eventuelle Vorhandensein einer anderen Mineralphase konnte nicht nachgewiesen werden. Zwar ist die Zuordnung von vier Röntgeninterferenzen noch fraglich (siehe oben), außerdem liegen die gemessenen relativen Intensitäten einiger Peaks (insbesondere der mit den d-Werten 4,80 Å und 2,601 Å) höher als nach Literaturangaben zu erwarten – so daß hier eventuell Röntgeninterferenzen eines weiteren Minerals „überdeckt“ sein könnten –, diese Abweichungen reichen jedoch nicht aus, um auf die Anwesenheit eines weiteren Minerals im untersuchten Probenmaterial sicher schließen zu können.

Diese Feststellung ist insbesondere für die Klärung der Frage nach den Ursachen des oben beschriebenen, gelegentlich auftretenden braunen Ringes im Außenbereich größerer Wavellitaggregate bedeutsam. Die Vermutung, daß hier beim Kristallwachstum mikromineralische Einschlüsse in das Wavellitaggregat eingebaut wurden, kann also zunächst nicht bestätigt, jedoch auch nicht mit Sicherheit widerlegt werden. Die Röntgendiagramme hellgelber Wavellitproben und solcher Proben mit höherem braunen Anteil wiesen keine signifikanten Unterschiede auf.

Weiterhin sollte überprüft werden, inwieweit unterschiedliche Spurenelementkonzentrationen in gelbem und braunem Wavellit als Ursache für den deutlichen Farbintensitätsunterschied in Frage kommen. Hierzu wurden unter dem Binokular ausgelesene Wavellitfraktionen gelber und brauner Farbe mittels Atomemissionsspektralanalyse (AES) im Spektrollabor des Instituts für Mineralogie, Geochemie und Lagerstättenlehre der Bergakademie Freiberg untersucht.

Bei diesem Analysenverfahren werden die zu untersuchenden, mit Kohlepulver vermengten Proben zwischen zwei Kohleelektroden im Lichtbogen verdampft und das dabei emittierte Licht optisch zerlegt und photographisch registriert. Dabei erscheinen für jedes Spurenelement spezifische Linien auf der Photoplatte, deren Schwärzungsintensitäten (gemessen werden die Lichtdurchlässigkeiten der geschwärzten Linien auf der Platte) den Gehalten der jeweiligen Elemente in der verdampften Probe entsprechen. Zur Kontrolle der Verdampfungsintensität der jeweiligen Probe sind dem Kohlepulver definierte Mengen der Referenzelemente Ge und Pd beigemischt (innerer Standard).

Da im Labor keine spezielle Methodik zur AES-Analytik von Phosphatmineralen und auch kein entsprechender Phosphatstandard zur Verfügung stand (und der hohe Aufwand zur Entwicklung einer solchen Methodik zur Spurenelementuntersuchung nur weniger Wavellitproben bei weitem nicht gerechtfertigt war), mußten die AES-Analysen behelfsweise nach der Silikatmethodik durchgeführt werden. Wegen des unterschiedlichen Verdampfungsverhaltens von Silikaten und Phosphaten und des Fehlens von Spurenelement-Eichkurven für Phosphatminerale ist es nicht möglich, aus den ermittelten Durchlässigkeitswerten die Absolutgehalte der einzelnen Elemente zu berechnen, lediglich sehr grobe Abschätzungen erscheinen sinnvoll. Durch paarweises Vergleichen der Durchlässigkeitswerte der einzelnen Elementlinien (jeweils auf den Durchlässigkeitswert der Referenzelementlinie bezogen) in den Spektren gelber und brauner Wavellite können jedoch Aussagen darüber getroffen werden, in welcher Farbfraktion welches Spurenelement höher konzentriert ist.

Fast immer weisen bei Mineralen die intensiver gefärbten Spezies höhere Spuren- oder Nebenelementgehalte auf. Hierbei sind besonders die Menge des in das Kristallgitter eingebauten Eisens (z. B. Braunfärbung von Kassiterit, Glimmern oder Sphalerit durch Fe) sowie die Elemente Ti, Cr, Mn u. a. bedeutsam.

In Auswertung der durchgeführten AES-Untersuchungen wurde überraschend festgestellt, daß die gelben Wavellitfraktionen sogar etwas höhere Fe-Konzentrationen aufweisen als die braunen. Ein erhöhter Fe-Gehalt kommt somit als Ursache für die Ausbildung der braunen Ringe in Wavellitaggregaten nicht in Frage.

Auch die Gehalte einiger anderer Spurenelemente liegen in den braunen Wavellitfraktionen niedriger als in den gelben:

- in gelbem Wavellit höherkonzentriert: Be, Cu, Fe, Mg
- in beiden Fraktionen annähernd gleich: V, Zr
- in braunem Wavellit höherkonzentriert: Ag
- nicht nachweisbar (in beiden Fraktionen): As, B, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Ga, Mn, Mo, Nb, Ni, Pb, Sn, Sr, Ti
- stets extrem starke Schwärzung (sehr hohe Gehalte als Hauptelement): Al

In Übereinstimmung mit KLEMIC & MROSE (1972) zeigte sich, daß die Wavellite neben den Hauptelementen P und Al nur wenige Spurenelemente in nachweisbaren Konzentrationen enthalten. (Die Nachweisgrenzen des Analysenverfahrens sind elementspezifisch und betragen durchschnittlich um 5 ppm bzw. 0,0005 ‰.) Lediglich der Gehalt an Silber ist in den Pansberger Wavelliten als ungewöhnlich hoch einzuschätzen; dies gilt sowohl für gelbe als auch für braune Fraktionen. Die gemessenen Durchlässigkeitswerte der Silberlinien entsprechen in grober Abschätzung – vorbehaltlich des oben zur Methodik Gesagten – Silbergehalten in der Größenordnung um 100 ppm.

Die Wavellite müssen jedoch als im Vergleich zu vielen anderen Mineralen insgesamt relativ spurenelementärmer eingeschätzt werden. Dies gilt bereits auch im Vergleich zu den Varisciten vom Pansberg. Mit der analogen AES-Methodik konnten in den Variscitproben außer den oben angeführten Elementen noch Gehalte an Ca, Cr, Ga, Mo, Nb, Pb und Ti nachgewiesen werden.

Als Ursache für die dunkelbraune Wavellitfärbung käme von den untersuchten Spurenelementen somit nur das Silber (als das einzige in den braunen Fraktionen höherkonzentrierte Element) in Frage. Es erscheint jedoch als fraglich, daß eine derart intensive Farbänderung nur durch eine relativ geringe Silbergehaltsschwankung verursacht sein sollte.

Auch erste HF-Lösungsversuche mit dem Ziel, eventuell in den braunen Wavellit eingebaute bituminöse Substanzen nachzuweisen, blieben erfolglos.

In diesem Zusammenhang wurde interessanterweise festgestellt, daß sich die offenbar vorhandene mineralogische Verschiedenheit von gelbem und braunem Wavellit auch in unterschiedlicher Fluoreszenz niederschlägt. Bei Bestrahlung der Proben mit UV-Licht (Strahlungsquelle UVK 125-2) zeigte sich ein deutlicher Zusammenhang zwischen Mineral- und Fluoreszenzfarbe, wobei besonders die hellbraunen Bereiche durch eine lebhafte Leuchterscheinung auffallen (Abb. 5).

Für die Klärung der Ursachen beider Phänomene sind weitere Untersuchungen, insbesondere des Lokalchemismus, notwendig.

Zur Ergänzung der oben angeführten Röntgendaten wurde außerdem eine thermische Analyse des Pansberger Wavellits (Gemischfraktion, überwiegend gelbes Material) durchgeführt. Die Analyse erfolgte, ebenfalls im mineralogischen Labor des Instituts für Mineralogie, Geochemie und Lagerstättenlehre der Bergakademie Freiberg, am Q-Derivatographen (MOM, Budapest) unter folgenden Aufnahmebedingungen:

- Einwaage 83 mg Probenmaterial (analysenfein $\leq 63 \mu\text{m}$)
- Inertsubstanz Al_2O_3 (370 mg)
- Probengefäß Platintiegel mit Deckel
- Aufheizung 10 grad/min
- Papiergeschwindigkeit 2 mm/min

Es wurden zwei endotherme Maxima bei $225 \text{ }^\circ\text{C}$ (hohe Intensität) und $305 \text{ }^\circ\text{C}$ (geringe Intensität) sowie ein exothermes Maximum bei $980 \text{ }^\circ\text{C}$ (geringe Intensität) registriert. Diese Werte stimmen weitgehend mit den von MITCHELL (1962) gemessenen Wavellit-Reaktionstemperaturen überein.

Der Masseverlust betrug zwischen $22 \text{ }^\circ\text{C}$ und $> 1000 \text{ }^\circ\text{C}$ $24,1 \text{ g}$ (entspricht $29,0 \text{ }^\circ\text{}$) und war damit etwas höher als der durch Abgabe von $6,5 \text{ H}_2\text{O}$ pro Wavellit-Formeleinheit $\text{Al}_3[(\text{OH})_3(\text{PO}_4)_2] \cdot 5 \text{ H}_2\text{O}$ zu erwartende theoretische Masseverlust von $28,4 \text{ }^\circ\text{}$. Die geringe Abweichung des gemessenen Wertes nach oben ist sicherlich auf eine gewisse Restfeuchte bzw. bei Zimmertemperatur adsorptiv gebundenes Wasser zurückzuführen. Dieses Wasser verdampfte zunächst bei Aufheizung der Probe auf etwa $100 \text{ }^\circ\text{C}$, was die Probenmasse von 83 g auf $82,1 \text{ g}$ verringerte. Der relative Masseverlust zwischen $100 \text{ }^\circ\text{C}$ und $> 1000 \text{ }^\circ\text{C}$ betrug $28,3 \text{ }^\circ\text{}$ und zeigt sehr gute Übereinstimmung mit dem theoretischen Wert.

Aus DTG- und DTA-Kurve des aufgenommenen Thermodiagrammes (mehrere Maxima) ist abzuleiten, daß die Wasserabgabe nicht in einem Schritt, sondern mit mehreren Zwischenstufen erfolgt. Dies ist auf die unterschiedliche Bindung (z. T. als Kristallwasser, z. T. als Hydroxylionen) und die Existenz von (metastabilen) Zwischenzuständen zurückzuführen.

Abschließend möchten wir uns für die Durchführung der in dieser Arbeit verwendeten Analysen stellvertretend bei den Laborleitern, Herrn Dipl.-Min. R. Kleeberg (mineralogisches Labor) und Herrn Dipl.-Min. P. Biskop (Spektrallabor), herzlich bedanken.

Herrn M. Knopfe (Hochschulbildstelle der Bergakademie Freiberg) danken wir für die Anfertigung der Fotografien.

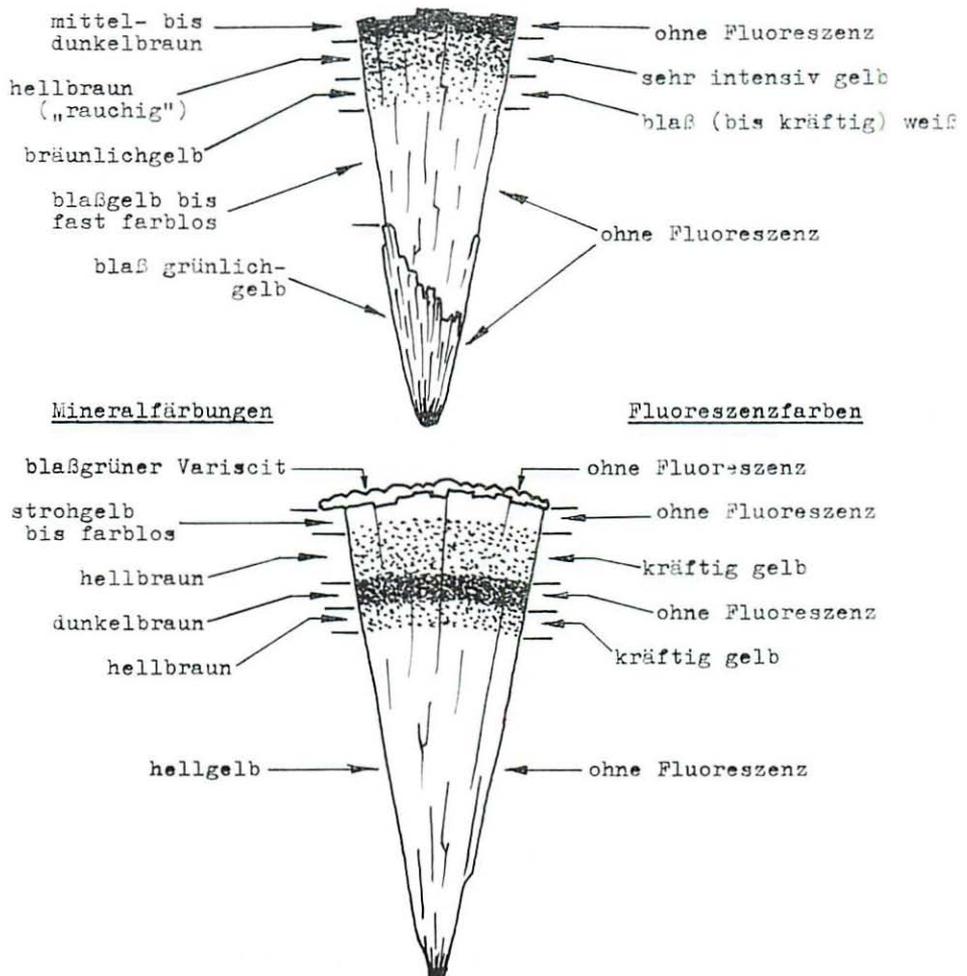


Abb. 5 Skizze zweier Wavellit-Kristallaggregate (Segmente aus kugeligen Wavellitaggregaten, Höhe 3 und 4 mm). Das untere der beiden Aggregate zeigt Reste einer Variscit-Überkrustung. Darstellung der Korrelation von Mineralfärbung (links) und Farbe/Farbintensität der Fluoreszenz bei Bestrahlung mit UV-Licht.

Skizze: L. Nasdala

Zusammenfassung

Im vorliegenden Beitrag wird eine erste mineralogische Beschreibung des im Kiesel-schiefer des Pansberges bei Horschau/Lausitz vorkommenden Wavellits gegeben. Die Identität des Wavellits konnte röntgenographisch eindeutig nachgewiesen werden.

Die Ergebnisse der durchgeführten analytischen Arbeiten stimmen weitgehend mit bisher publizierten Angaben über Wavellite anderer Vorkommen überein. Der Wavellit ist insgesamt relativ spurenelementarm, lediglich der Silbergehalt ist als ungewöhnlich hoch einzuschätzen. Die Ursachen für das Auftreten braungefärbter Ringe in Wavellitaggregaten und einer hiermit korrelierenden intensiven Fluoreszenz konnten nicht geklärt werden. Hierfür sind weitere Untersuchungen, insbesondere solche mit lokaler Elementanalytik, notwendig.

Die mineralogische Beschreibung des Wavellits wird durch eine zusammenfassende Darstellung der geologischen Situation sowie eine allgemeine petrochemische Charakterisierung des Kiesel-schiefers ergänzt.

Literatur

- BEGER, P. J. (1914): Geologischer Führer durch die Lausitz. — Sammlung Geolog. Führer 20, Gebr. Borntraeger, Berlin, 319 S.
- BLANKENBURG, H.-J., C. D. WERNER, W. SCHRÖN & W. KLEMM (1982): Flint und Chert — Gemeinsamkeiten und Unterschiede. — Z. geol. Wiss. 10, 9: 1287–1298
- BRAUSE, H. (1969): Das verdeckte Altpaläozoikum der Lausitz und seine regionale Stellung. — Abh. Deutsch. Akad. Wiss., Berlin, Kl. f. Bergbau, Hüttenwesen u. Montangeologie 1968, 1: 1–143
- CALVERT, S. E. (1968): Silica balance in the ocean and diagenesis. — Nature 219: 919–920
- CLAUSS, W. (1986): Untersuchungen zu Lithologie und Stoffbestand silurischer Sapropelite unter besonderer Berücksichtigung der Schwermetallführung. — unveröff. Diplomarb., Bergakademie Freiberg
- DeMASTER, D. J. (1981): The supply and accumulation of silica in the marine environment. — Geochim. Cosmochim. Acta, London 45: 1715–1732
- EDMOND, J. M., C. MEASURES, R. E. McDUFF, L. H. CHAN, R. COLLIER, B. GRANT, L. T. GORDON & O. B. CORLISS (1979): Ridge crest hydrothermal activity and the balances of the major and minor elements in the ocean: the Galapagos data. — Earth Planet. Sci. Lett., Amsterdam 46: 1–18
- FREYER, G., & G. HIRSCHMANN (1970): Das Devonprofil von Sproutz (Oberlausitz) unter besonderer Berücksichtigung des Nachweises von Unterdevon. — Geologie, Berlin 19, 5: 503–513
- GLOCKER, E. F. (1845): Neues Vorkommen von Calait in Schlesien. — P. A. 64, 4: 633–636
- (1857): Geognostische Beschreibung der preussischen Oberlausitz, theilweise mit Berücksichtigung des sächsischen Antheils. — Abh. Naturforsch. Ges. Görlitz 8: 147–153
- HAAGE, R. (1966): Zur Unterscheidung der petrologischen Begriffe „Kiesel-schiefer“ und „Lydit“. — Geologie, Berlin 7: 876–878
- HEIN, J. R., & J. OBRADOVIĆ (1989): Siliceous Deposits of the Tethys and Pacific Regions. — Springer-Verlag, 17 S.
- HOSS, H. (1957): Untersuchungen über die Petrographie kulmischer Kiesel-schiefer. — Beitr. Min. Petr. 6: 59–88
- KLEMIC, H., & M. E. MROSE (1972): Geologic relations and X-ray crystallography of wavellite from Jackson County, Wisconsin, and their geologic implications. — U S Geol. Surv. Prof. Paper 800-C (Geological Survey Research 1972, Washington): 53–62
- KURZE, M. (1985): Sedimentite. — In: PFEIFFER, L., M. KURZE & G. MATHE: Einführung in die Petrologie. — 2. Aufl., Akademie-Verlag Berlin: 189–418
- (1988): Vergleichende Untersuchungen zur Petrographie und Genese devonischer und silurischer Kiesel-schieferfolgen des Maxen-Berggishübler Synklinoriums (Elbtalschiefergebirge). — unveröff. Forschungsbericht, Bergakademie Freiberg
- LASCHET, C. (1984): On the Origin of Cherts. — Facies, Erlangen 10: 257–290
- LEUTWEIN, F. (1951): Geochemische Untersuchungen an den Alaun- und Kiesel-schiefern Thüringens. — Archiv für Lagerstaettenforschung, Kgl. Preuss. Geol. Landesanstalt Berlin 82: 1–45
- MITCHELL (1962): unpublished data in: MACKENZIE, R. C.: Scifax Differential Thermal Analysis. Data Index with explanatory booklet. — Cleaver-Hume Press Ltd., London, Kartei A-0951
- PECK, R. (1985): Nachträge und Berichtigungen zur geognostischen Beschreibung der Preussischen Oberlausitz. — Abh. Naturforsch. Ges. Görlitz 12: 145–199
- PIETZSCH, K. (1909): Die geologischen Verhältnisse der Oberlausitz zwischen Görlitz, Weißenberg und Niesky. — Z. d. D. Geol. Ges., Berlin 61: 35–139
- (1962): Geologie von Sachsen. — Dt. Verlag d. Wiss., Berlin, 870 S.
- RÜSLER, H. J., & H. LANGE (1975): Geochemische Tabellen. — Verl. f. Grundstoffind. Leipzig, 674 S.

- SMITH et al. (1974): Annual Report of the Joint Committee on Powder Diffraction Standards; Angaben aus: X-ray Powder Diffraction File 27-19, American Society for Testing Materials (ASTM)
- SCHULZ, H. et al. (1971): Metallogenie Silur. – unveröff. Forschungsbericht, GFE Halle, BT Dresden
- TESCHNER, H. (1977): Türkis in der Oberlausitz. – Fundgrube 13, 3/4: 112
– (1978): Berichtigung. – Fundgrube 14, 3/4: 106
- TRAUBE, H. (1888): Die Minerale Schlesiens. – J. U. Kern's Verlag, Breslau, 286 S.
- WALTHER, H. (1989): Vergleichende Untersuchungen mikrokristalliner SiO₂-Bildungen unterschiedlicher sedimentärer Genese (Schwerpunkt: Tertiärquarzite in den Braunkohletagebauen des BKK Bitterfeld). – unveröff. Diplomarbeit, Bergakademie Freiberg
- WISE, S. W., & F. M. WEAVER (1974): Certification of oceanic sediments. – In: HSÜ, K. J., & H. C. JENKINS (eds.): Pelagic Sediments on Land and under the Sea. – Spec. Publ. Int. Ass. Sed. 1: 301–326
- WOLLAST, R. (1974): The silica problem. – In: The sea – Ideas and observations on progress in the study of the sea (E. D. GOLDBERG, ed.). – Marine Chemistry, New York 5: 359–392
- ZWAHR, H. (1978): Zum Auftreten von Variscit am Pansberg bei Horschach (Lausitz). – Fundgrube 14, 3/4: 105–106
- ZWAHR, H., J. SCHOMBURG & D. SCHMIDT (1978): Mineralogische Untersuchungen am Variscit vom Pansberg bei Horschach (Lausitz). – Chem. Erde, Jena 37: 165–171

Anschrift des korrespondierenden Verfassers:

Dipl.-Min. Lutz Nasdala

Institut für Theoretische Physik der Bergakademie Freiberg

Bernhard-von-Cotta-Straße 4

O-9200 Freiberg

Bitte beachten Sie in Band 65, Heft 6, den bedauerlicherweise durch die Druckerei verursachten Fehler im Titel.

Richtig muß es heißen:

**Zum Vorkommen von Wavellit im Kieselschiefer des Pansberges
bei Horschach/Lausitz**

Von LUTZ NASDALA, HARTMUT WALTHER und BERND BUSCHMANN

Bergakademie Freiberg

Mit 5 Abbildungen und 2 Tabellen