SiO_2-ÁSVÁNYOK A TOKAJ-HEGYALJAI JÁSPISOKBAN.

Irta: vitéz dr. *Lengyel* Endre.

SiO_2-MINERALE IN DEN JASPISSEN DES TOKAJ-HEGYALJA-GEBIRGES.

(Mit 1 Textfigur und 1 mikrophot. Tafel.)

Von vitéz Dr. E. *Lengyel*[1].

Die rhyolithischen und andesitischen Gesteine des Tokaj-Sátoraljaújhelyer Gebirgszuges werden vielerorts von Kieselgesteinsvarietäten begleitet. Am Osthang des Zuges ist besonders die Umgebung von *Sárospatak* und *Tolcsva* reich an Opal-, Chalzedon-, Jaspis-Varietäten und Quellenquarziten.

In einem Aufsatz[2] teilte ich bereits die Verhältnisse des Vorkommens dieser Kieselgesteine, wie die eingehendere petrographische Beschreibung der Jaspisvarietäten mit.

An der Zusammensetzung der stets in Gängen und als Ausfüllung von Spalten und Hohlräumen auftretenden Jaspisse nehmen verschiedene SiO_2-Minerale Teil. *Das eingehendere Studium derselben zeigt, dass ihr ursprüngliches Material Opal (wasserreiches Kieselsäuregel) war, der durch Dehydratisation und Umkristallisierung aus dem amorphen Zustand in krypto-, mikro- und phanerokristallinische Modifikationen überging.* Die Entstehung der verschiedenen Kieselgesteine opalischen Ursprunges wird durch die Art und das Mass der mit dem Wechsel der bei der Verfestigung obwaltenden physikalischen Verhältnisse eng zusammenhängenden Umwandlung bestimmt. Das Auftreten kristallinischer Bildungen — parallel mit der fortschreitenden Dehydratisation — verändert den äusseren Charakter und das physikalische Verhalten der Gesteine. Die Opal-Jaspis-Quarzit-Varietäten fixieren verschiedene Stadien dieser Prozesse. Die Abarten des Opals zeigen die Spuren einer sehr geringfügigen oder kaum einsetzenden Umkristallisation. Vollkommen kristallinisch, mitunter grobkörnig sind die verschiedenen Hydro- und Quellen-Quarzite. Die Jaspisse bilden mit breiter Serie einen Übergang zwischen diesen extremen Gliedern.

Die Jaspisse bestehen vom petrographischen Gesichtspunkt

---

[1] Vorgetragen in der Fachsitzung der Ung. Geol. Gesllsch. am 2. Dez. 1936.

[2] Vitéz E. Lengyel: Jáspisváltozatok Tokaj-Hegyaljáról. Jaspisvarietäten vom Tokaj-Hegyalaj-Gebirge. Földt. Közl. (Geol. Mitt.) Bd. LXVI, Heft 4—6, pag. 129—147, Budapest, 1936.

aus *farblosem, oder durch Metalloxyde gefärbtem Opal und Chalzedonarten* von verschiedener Korngrösse, ferner aus Quarz. Das Mass der Umkristallisation steht im verkehrten Verhältnis z. Wassergehalt und die äusseren Merkmale der Jaspisse werden durch die quantitative Proportion der opalischen Partien bestimmt. Die verhältnismässig feinerkörnigeren (10—20 μ) und an Opal reichen Varietäten zeigen dunklere Farben, Wachs-, Perl- oder Fettglanz und muschligen Bruch, die grobkörnigen ($>20\mu$) sind arm an Opal, heller gefärbt (oder sogar farblos), glasglänzend oder glanzlos, fühlen sich rauh an und brechen uneben.

In den Jaspissen des Tokaj-Hegyalja-Gebirges kommen mehrere SiO_2-Modifikationen vor, deren genetischer Zusammenhang besonders an den Wänden der Mandelhöhlen beobachtet werden kann.

Beschreibung der einzelnen SiO_2-Mineralabarten.

Bei der Untersuchung der Jaspisse stellte es sich heraus, dass die einzelnen Kieselminerale in regelloser und ungleicher Verteilung, jedoch meist zusammen vorkommen. An Durchschnitten von Blasenräumen lässt sich der folgende allmähliche Übergang betrachten:

Opal → Chalzedon → Lutecit → Quarzin → Quarz.

Der isotrope *Opal* spielt gewöhnlich eine wechselnde Rolle. in den weniger umkristallisierten Jaspisvarietäten herrscht er vor, in den kristallinischen tritt er oft sehr zurück. Von den Chalzedonarten (eigentlicher *Chalzedon, Lutecit, Quarzin)* kann eine oder die andere aus der Reihenfolge fern bleiben. Der Charakter des *Kacholongs* und *Lussatits* ist wahrscheinlich sekundär: sie sind Umwandlungsprodukte anderer Kieselsäureminerale besonders des Chalzedons. Der *Hyalit* kommt in Krusten und als Ausfüllung von Mandelhöhlen, besonders in Pyroxenandesiten vor. *Quarz* tritt im Inneren der Höhlungen auf, häufig in Gestalt aufgewachsener Kristalle. Im Inneren kleiner Blasenräume fehlt er mitunter.

Opal.

Dieser ist das ursprüngliche Material der Jaspisvarietäten. Als Kieselsäurehydrat mit schwankendem SiO^2-Gehalt kam er in den Gesteinen dieses Gebirgsabschnittes aller Wahrscheinlichkeit nach aus Thermen im Wege des Eintrocknens zustande. Als porodin-amorphes Mineral enthält er kaum winzige kristallinische Bildungen eingestreut. Viele Angaben sprechen dafür, dass das Opalmaterial der Jaspisse ein mit der postvulkanischen Tätigkeit zusammenhängendes„ thermales Zersetzungsprodukt der Andesite und Rhyolithe darstellt. Es enthält stets grössere-geringere Mengen von Pigment. Je nach der Menge der färbenden Metalloxyde und Hydroxyde, sind vom Weiss und Hellbraun bis

zum dunklen Leberrot, ja sogar bis zum Schwarz, alle Farbentöne anzutreffen.

In den wachsglänzenden, dichten Jaspissen bildet der Opal gewöhnlich zusammenhängende Massen, die nur stellenweise in Adern oder unregelmässigen Nestern durch kristallinische SiO_2-Abarten (Chalzedon, Lutecit, Quarzin) unterbrochen werden. Erreicht die Umkristallisierung ein höheres Mass, dann gliedert sich das Opalmaterial in kleinere-grössere, unregelmässig geformte Teile oder verbogene Bänder und Streifen, es wird sozusagen in die Zwischenräume der durchkristallisierten Teile zusammengedrängt, manchmal schrumpft es in Opalkugeln mit Durchmessern von 50—60 μ zusammen.

Die opaligen Partien der typischen Jaspisse enthalten den Farbstoff in gleichmässiger Verteilung. In den, zwischen die aus Chalzedon-Quarz bestehenden kristallinischen Partien eingeklemmten Opalflächen tritt hingegen das Pigment zu stäbchen- oder rankenförmigen, mitunter dendritartigen Bildungen zusammen und weist dementsprechend dunklere Farbentöne auf. Die Färbung ist nur selten kolloidal (submikroskopisch), am häufigsten meldet sie sich in undulierten oder zellenartigen Reihen oder Haufen winziger (0.3—0.6) Körner. (Taf. X, Fig. 1).

Im schwarzen Jaspis von Tolesva (Kisagáros-Berg) sind die Sphärokristallen des Chalzedons und Lutecits von einem hellbraunen, schmalen Opalrahmen umschlossen. Einzelne, langgestreckte Spalten, kleinere Mandelhöhlen wurden ursprünglich durch Opalmaterial ausgefüllt, aus dem sich an den Rändern farblose Chalzedonvarietäten (Lutecit, Quarzin) auskristallisierten. Das nicht umkristallisierte Kieselsäuregel ist mitunter zwischen einen peripherischen und einen zentralen Chalzedonrahmen eingeklemmt.

In den opalischen Jaspissen lässt es sich oft feststellen, dass die Dehydratisation immer an der freien Oberfläche einsetzt, wo sich im Zusammenhang mit dem Wasserverlust des Opals Gelegenheit zur Kristallisation von H_2O-armen oder wasserfreien Kieselmineralen bieten. Die sukzessive Umkristallisierung ist in den Jaspispartien gut zu beobachten.

Chalzedon.

Dieser tritt in Gestalt von Krusten an den Wänden von Geoden auf. In der Zusammensetzung der Jaspisse spielt der *eigentliche Chalzedon* eine untergeordnete Rolle.

Strahlig-faserige Kieselmineral-Varietäten sind auch der *Lutecit* und der *Quarzin*, welche mit dem Chalzedon verwächselt werden können. Ihre Rolle ist in den Jaspissen viel grösser, so dass ich sie abgesondert besprechen will. Unter Chalzedon ist in der Folge stets „eigentlicher Chalzedon" zu verstehen.

Der Chalzedon ist aus feinen Radialfasern aufgebaut. Er bildet oft Sphärokristalle und Gruppen. Manchmal erscheint er als schmaler Überzug an den Wänden von Mandelhöhlen, wobei die Fasern senkrecht auf die Wände stehen. Die Chalzedonfasern sind in der Richtung der c-Achse gestreckt und ihre Extinktion ist parallel. Der Charakter der Streckung ist negativ. Winkel der optischen Achsen 2 V = um 30°. Tangentiale Schnitte geben ein Aggregatpolarisationsbild. Die Ebene der optischen Achsen ist parallel mit den Fasern. Charakter des Minerals positiv. Länge der Fasern zwischen 10—120 μ.

Der Chalzedon unterscheidet sich vom Luteeit und Quarzin durch die regelmässigere Ausbildung seiner Sphärokristalle. (Kugel oder Ellipsoid) und seine feineren Fasern. Der wesentliche Unterschied besteht im Charakter der Streckung der Fasern und in der Extinktion.

Die grösseren Chalzedon-Faserbündel bestehen aus, unter spitzem Winkel aneinandergefügten Faserfäden und bilden Sphärokristalle oder Kugelsektoren. Es lässt sich deutlich beobachten, dass der Chalzedon die im Opal zurückgebliebenen Höhlungen ausfüllt. An der Oberfläche der kleinen Hohlräume traten gleichzeitig mehrere Kristallisationszentren auf, von wo die die Sphärokristalle aufbauenden Fasern in radialstrahliger Richtung in das Innere der Höhlung hineinwuchsen. Zwei oder mehrere benachbarte Sphärokristalle berühren sich in einer glatten Fläche, im Querschnitt an einer geraden Linie.

Der Chalzedon kann nach den Angaben der bisherigen Untersuchungen als zum rhombischen System gehörig betrachtet werden. Nach Michel Lévy und Munier Chalmas[3] ist jede Faser des radalfaserigen Aggregats Chalzedon + zweiachsig mit kleinem optischem Achsenwinkel. Ein über die Chalzedonkugel gelegter, zentrischer Schnitt zeigt das für die Sphärolithe bezeichnende Interferenzkreuz. Stellt man auf den Mittelpunkt eines solchen Schnittes ein, so gelingt es nicht, das Bertrand-Kreutz der optisch einachsigen Minerale Achse zu beobachten. Deshalb ist der Chalzedon für rhombisch anzusehen.

Nach der Ansicht von Hein[4] ist die Zweiachsigkeit nur scheinbar und entsteht dadurch, dass, die Fasern und Bündel nicht parallel liegen. Nach der Untersuchung von Washburn und Navies[5] besitzt der Chalzedon dasselbe Röntgenspektrum, wie der Quarz. Er ist wahrscheinlich eine Verbindung des rechten und linken Quarzes.

---

[3] Hintze: Handbuch der Mineralogie, pag. 464, Leipzig, 1915.

[4] Rosenbusch—Mügge: Mikroskop. Physiogr. d. petrogr. wicht. Mineralien, Bd. I. 2, Stuttgart, 1927, pag. 195.

[5] Ibidem, pag. 196.

An grösseren Chalzedon-Kugeln ist auch eine der Achatschichtung ähnliche, parallelschalige Struktur zu beobachten (Taf. X, Fig. 2). Nach Wetzel und Liesegang[6] wäre dies eine Folge des Eintrocknungsprozesses. Wetzel hält es sogar nicht für ausgeschlossen, dass ⊥ zur Richtung der Fasern opalreiche und arme Schichten wechsellagern.

Nach meinen diesbezüglichen Untersuchungen ist es wahrscheinlich, dass das Zentrifugale Wachstum der Chalzedonkugeln nicht gleichzeitig erfolgte. Das, zur Bildung der Kristalle nötige Material, gelangte mit Unterbrechungen in mehreren Raten dorthin. Das Wachstum verlief mit rhythmischen Wiederholungen, das zur Kristallisation gelangende Kieselsäuregel lagerte sich in dünnen, scharf getrennten Hüllen mit voraussetzlich verschiedenem H_2O-(Opal-) Gehalt übereinander, ähnlich, wie bei der Schichten Bildung d. Calcittropfsteine. Im Querschnitt lässt sich die Dicke d. Schichten gut beobachten. Die Absonderung der Hüllen wird dadurch auffälliger, das zwischen die Chalzedonschichten mitunter schmale Lutecit- doer Quarzin-Zonen eingeteilt sind, auf die sich dann der Chalzedon mit optisch gleicher Orientierung weiter ablagerte. Das Erscheinen des Lutecits und Quarzins bezeugt gleichzeitig, dass im Zusammenhang m. d. Dehydratisation auch das in der Reihenfolge nach der Kristallisierung des Chalzedons folgende Glied, namentlich der Lutecit oder Quarzin, am Wachstum der Sphärokristalle teilnehmen. Ihr Auftreten bedeutet im Verlauf des Wachstums ein kürzeres-längeres Intervall.

Für die Verhältnisse des Vorkommens vom Chalzedon ist es bezeichnend, dass er immer in durch postvulkanische, hauptsächlich thermale Wirkungen zersetzten Gesteinen auftritt. Sein Material wurde aus den veränderten Gesteinen ausgelaugt und die herausgelöste Kieselsäure lagerte sich als Überzug oder Ausfüllung in Höhlungen ab. Grössere Mandelhöhlen sind nicht immer mit Chalzedon ausgefüllt, was auf Mangel an Material hindeutet. Im frischen Gestein ist Chalzedon nicht anzutreffen.

In den Tolesvaer Jaspissen (Kopaszka, Nordhang) bildet er gewöhnlich grössere, selbständigere Sphärokristalle die wasserklar und pigmentfrei sind. Auch hierdurch unterscheiden sie sich von den Quarzin- und Quarz-Kristallen, die fast stets Pigmentkörner als Einschlüsse enthalten. Mitunter bilden mehrere Sphärokristalle eine Gruppe. In den schwarzen Jaspissen vom Nagyagáros-Berg bildet der Chalzedon Nester von 100—300 μ im Durchmesser. Im Mittelpunkt einzelner Sphärolithe nimmt ein Pigmentkörner führender Opalkern Platz, aus dem die Fasern und Bündel radial ausstrahlen. Die Chalzedonkugel des Flő-Berges sind durch einen Opal oder Kacholong-Rahmen umschlossen, auf den

[6] Ibidem, pag. 195.

sich von aussen ein Kranz von Quarzinkörner legt. Es kommen kleine (100—200 μ) Sphärokristalle vor, an deren Aufbau in Gestalt von Segmenten oder Kugelsektoren auch Quarzin teilnimmt.

Mitunter füllt der Chalzedon 50—100 μ messende Sprünge aus. Seine Fasern ordnen sich $\perp$ zur Oberfläche an. In solchen schmalen Spalten tritt nur Chalzedon auf. Auch die kleineren Blasenräume füllt er allein aus. Lutecit, Quarzin und Quarz kristallisieren sich nur in grösseren Mandelhöhlen zusammen aus.

In den roten Jaspissen vom Kisagáros-Berg sind die schönen, grosse Chalzedonsphärokristalle durch einen 23—25 starken, schwächer lichtbrechenden, schief auslöschenden Rahmen aus Lutecit umschlossen. In parallelem Licht ist es bei eingeengtem Diaphragma gut sichtbar, dass diese Hüllen von unregelmässig verlaufenden Sprüngen durchzogen sind. Von aussen schliesst ein breiter Chalzedon-Rahmen die Reihe ab.

Die innerhalb der Sphärokristalle wahrnehmbaren Unterschiede der Farbe und Lichtbrechung rechtfertigen immer wieder die Annahme, dass sowohl der Chalzedon, wie auch der Lutecit noch geringe Mengen von Opal, oder nach Niggli[7] Hydrophan enthalten.

Lutecit.

Diese Modifikation der SiO_2 wurde zuerst von Michel Lévy und Munier Chalmas[8] aus den tertiären Ablagerungen (Lutetien) des Pariser-Beckens beschrieben.

Der Lutecit ist scheinbar hexagonal, in dem mit der Basis parallelen Querschnitten (Tolesva, Határkuter Tal) wechseln aber die Werte zweier gegenüberliegenden Kantenwinkel zwischen 125 und 136°, das Mineral ist demnach pseudohexagonal.

Der grösste Teil der kristallinischen Kieselminerale der Jaspisse ist Lutecit. Er erscheint in Haufen mehr minder radialstrahlig angeordneter Fasern und bildet oft schöne, grosse Sphärokristalle und Gruppen. In diesen sind die Fasern fein, ihre Länge erreicht 400—500 μ. In den besser umkristallisierten Jaspissen sind sie breiter und gehen in lange, rhomboidförmige Platten über die in rosettenartige Bildungen zusammentreten. Im basischen Schnitte berühren sich die Fasern unter 60°-igen Winkeln (Tolesva, Elő-Berg). Mitunter lassen sie eine federartig zusammengesetzte Streifung beobachten. Auch einander durchkreuzende Fasersysteme kommen vor, in denen die Fasern nur bei sehr starker Vergrösserung sichtbar werden. Balogh beschrieb aus dem bituminösen Kalkstein von Békáspatak ein netzartiges Geflecht von Lutecit.

---

[7] Niggli: Lehrb. d. Mineralogie I, 2, Berlin. 1924, pag. 328.
[8] Hintze: Handb. der Mineralogie I. 2, Leipzig, 1915, pag 1465.

In den Jaspissen von Tolesva (Elő-Berg, Határkuter Tal) ist es zu beobachten, dass die Extinction in den langen Fasern des Luteeits nicht gleichzeitig erfolgt, sondern dass die Richtungen der optischen Elastizität z. T. rechts, links verdreht sind. Dies ist dadurch zu erklären, dass die Fasern in den aus dünnen Fäden bestehenden Luteeitbündel nicht parallel, sondern in spiralförmigen Windungen neben einander liegen. Deshalb erfolgt die Extinction längs der Fasern nicht gleichzeitig, sondern sukzessive verdreht, so dass sie sind in der ganzen Länge des Faserbündels öfters wiederholt. In Sphärokristallen erfolgt die Extinction ringförmig,in gleichen Abständen vom Zentrum.

Ein interessantes Problem stellen die einander durchkreuzenden Platensysteme des Luteeits dar, über die zuerst Michel Lévy und Munier Chalmas[10] berichteten.

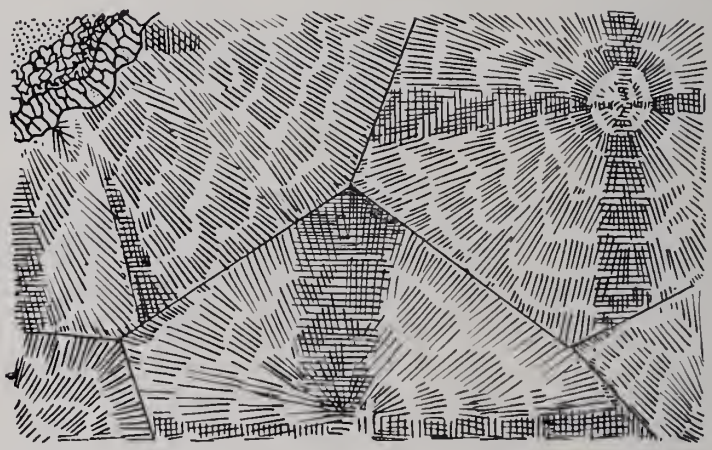

Fig. 52. ábra. Egy síkban érintkező luteeit-sphaerokristályok határa merev vonal. — Starre Grenzlinie der in einer Ebene aneinander stossenden Luteeit-Sphärokristalle.

Balogh[9] behandelt in seiner Studie eingehender die 2 ausnahmsweise 3 Systeme von Fasern, deren Faden sich unter einem Winkel von 60° schneiden. Nach ihm sind diese 2 Fasersysteme auch in schiefen Schnitten immer zu erkennen, doch schneiden sie sich hier unter einem Winkel, der gewöhnlich grösser als 60° ist (bis 75°).

---

[9] Balogh: A Kolozsvár, Kajántó és Torda környéki bitumenes mészkövek és azok ásványai. Muzeumi Füzetek az Erdélyi Muzeum ásványtári értesítőjéből. I. k. 1. sz. Kolozsvár, 1911.

[10] Hintze C.: Handb. d. Mineralogie, Leipzig, 1915 pag. 1465.

Ich untersuchte diese Frage eingehender und gelangte zu dem Resultat, dass einander kreuzende Systeme von Platten nur in Schnitten von bestimmter Richtung und Dicke zu beobachten sind. *Ein Geflecht zeigt sich nur in solchen dickeren Schnitten, in denen sich in 2—3 verschiedenen Ebenen übereinander liegende Lutecit-Faserbündel durchkreuzen. In ein und derselben Ebene wachsende Sphärokristalle berühren sich in einer starren Linie.* Erfolgt das Wachstum in mehreren Ebenen übereinander, so bringen die Faserbündel von 2 oder mehreren Sphärokristallen ein unter verschiedenen Winkeln verflochtenes Netz zustande. Der Winkel der sich kreuzenden Fasern kann und wird auch oft 60° sein, hängt aber stets von der zufälligen Lage ab und ist nach den Messungen $\gtrless$ 60° (32—82°). Die sich kontinuierlich ändernden Winkelgrössen beweisen am deutlichsten die zufällige Lage der

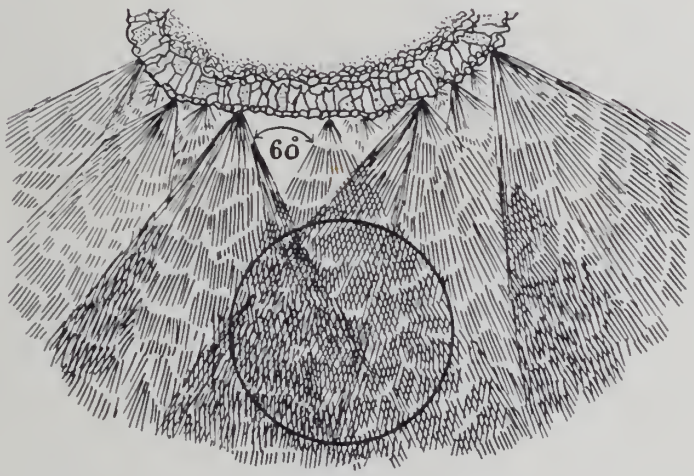

Fig. 53. ábra. Különböző síkokban kiképződött lutecit-sphaerokristályok. Felületi képen, erősebb nagyítással bizonyos részletekben a rostok szövedéke figyelhető meg. A rostkötegek változó (gyakran 60° körüli) szögnagyság mellett kereszteződnek. — In verschiedenen Ebenen zur Ausbildung gelangte Lutecit Sphärokristalle. Im oberflächlichen Bild zeigen gewisse Partien bei stärkerer Vergrösserung ein Geflecht der Fasern. Die Faserbündel kreuzen einander unter verschiedenen Winkeln (oft um 60°).

Fasern (Fig. 52). Das Faserngewebe des Lutecits kann also — nach meiner Ansicht — nicht als eine, durch kristallographische Gesetzmässigkeiten bestimmte, regelmässige Verflechtung (wie im Falle des Mikroklins oder Leucits), sondern bloss als eine ad hoc erfolgte Kreuzung der Faserbündel angesehen werden Textfig. 53).

Das Lutecit unterscheidet sich vom Chalzedon und Quarzin durch seine schiefe Extinktion. Beim Chalzedon liegt nämlich

n_p beim Quarzin n_g in der Längsachse der Faser, beim Lutecit aber ist $n_g : c = 29 - 30^0$ in der Ebene von $n_g - n_m$

Der Lutecit hängt in den meisten Fällen genetisch mit verschiedenen SiO_2-Modifikationen zusammen. Im schwarzen Jaspis vom Kisagáros-Berg folgt auf von Opalrahmen umgrenzte grössere Chalzedonsphärolithe ein von mehreren Zentren ausgehender, breiter Lutecit-Saum, der mit scharfer Grenze in kleinere-grössere Quarzin- und weiters in sukzessive grösser werdende Quarzkristalle übergeht. Manchmal wechselt sich der Lutecit mit Quarzin ab. Im grauen Jaspis von der Ostseite des Barlang-Berges (W-lich von Komlóska) sind grössere Quarzkörner von einem radialfaserigen Kranz umschlossen, dessen Fasern abwechselnd aus Lutecit und Quarzin bestehen. Einzelne Lutecit-Sphärokristalle sind schalig gebaut: eine grössere, zentrale Lutecitkugel wird von einer 2—3-fachen, aus übereinstimmend orientierten, jedoch kleinen Individuen bestehenden, schmalen Zone umhüllt, die in Quarzin dann weiter in Quarz übergeht. Eine interessante genetische Reihenfolge lässt sich in einzelnen Jaspissen von Sárospatak (Pós-Brunnen) beobachten: ein mittlerer Chalzedonstreifen geht nach der einen Seite in Lutecit → Quarzin → Quarz, nach der anderen in Quarzin → Quarz über.

Quarzin.

Ein mit dem Lutecit eng zusammenhängende SiO_2-Modifikation. Der Quarzin ist aber eher divergent- radial plattig, als feinfaserig. Ähnlich dem Chalzedon und Lutecit bildet er auch Sphärokristalle, die aber bedeutend einfacher sind. Die schmalen Platten lassen nicht die bei den obigen auftretende Verdrehung der optischen Orientation erkennen.

Schon Michel Lévy und Munier Chalmas[11] erkennen, dass die äussere Hülle der Chalzedonkugeln von einem anderen Kieselmineral gebildet wird, das sie Quarzin nannten.

Seine Lichtbrechung stimmt annähernd mit der des Quarzes überein, seine Doppelbrechung ist jedoch stärker. Extinktion parallel mit der Längsachse der Platten. Öffnung der optischen Achsen kann bis 35° steigen. In Schnitten ⊥ zu den Platten tritt die + spitze Bissectrix heraus. Die Ebene der optischen Achse liegt in der Längsrichtung der Platten, wie bei dem Chalzedon, der Charakter der Streckung ist jedoch positiv.

Die grösste Rolle spielt der Quarzin in den roten Jaspissen, wo er mit seinen gestreckten, oft unregelmässig begrenzten Platten rosettenartige Gebilde zusammensetzt (Fig. 4.). Gegen das In-

[11] Michel Lévy et Munier Chalmas: Sur les nouvelles formes de silice cristallisée. Ref.: Neues Jahrb. f. Min. etc. Jahrg. 1891, Bd. I, pag. 207.

nere der Mandelhöhlen und im allgemeinen gegen die freien Oberflächen zu geht er mitunter in Quarz über. In den Quarzinfeldern kommen verstreut auch Chalzedon-Sphärokristalle, Lutecit-Faserbündeln und Opalrelikte vor. Manchmal werden von grösseren Chalzedon-Gruppen eingeschlossene Räume von Quarzinkörnerhaufen ausgefüllt (Tolesva, Vár-Berg). In anderen Fällen füllt der Quarzin schmale Sprünge im Jaspis aus, in Gestalt von Fasern, die zur Längsrichtung angeordnet sind (Sárospatak, Bodrog-Ufer). Es kommt nur ausnahmsweise vor (Komlóska, Kenyeres-Hügel), dass von Opal und Chalzedon umgrenzte kleine Mandelhöhlen ohne Lutecit-Übergang von einem Quarzin + Quarz-Körnerhaufen ausgefüllt werden.

Balogh[12] betrachtet auch die im bituminösen Kalkstein von Békáspatak vorkommenden flockigen Gebilde für Quarzin.

Quarz.

Dieser tritt besonders im Inneren der grösseren Mandelhöhlen der Jaspisse auf, als letztes Glied der Serie der SiO_2-Modifikationen. Im Geoden ist er mitunter megaskopisch, in 0.5—2 mm messenden, farblosen Kristallen sichtbar. Die grauen und braunen Kristalle enthalten in ihrem Inneren viele Eisenhydroxydeinschlüsse. In mikroskopischen Nestern bildet er gewöhnlich in Pflasterstruktur dicht aneinander gefügte Haufen. An den in das Innere nicht gänzlich ausgefüllter Höhlungen hineinreichenden Enden der Kristalle lässt sich ein rhomboedrischer Abschluss feststellen. Auch der prismatische Charakter der grösseren Individuen ist gut zu beobachten. Die auf die Wände stehenden Prismen sind dicht aneinander gedrängt, wodurch eine, auch mit unbewaffneten Augen wahrnehmbare, grobfaserige Struktur entsteht.

In den Jaspissen von Tolesva (Kiskopaszka-Berg) füllt der Quarz gestreckte, linsenförmige Nester aus. In seinem Umkreis nehmen Haufen von Quarzin- und Lutecit-Körnern Platz. Nie füllt der Quarz selbständig Blasenräume aus. Die aufgewachsenen Kristalle zeigen an ihren freien Enden oft einen zonalen Bau. Die Grenzen der aufeinander folgenden Hüllen werden oft durch zwischengelagerte Pigment-Körner auffällig hervorgehoben. Oft lassen sich in den aussen unregelmässig umgrenzten Quarzkörnern bei eingeengtem Diaphragma parallele Kristallkanten feststellen. Die Messung der Kantenwinkel ergibt — je nach der La-

[12] Balogh E.: A Kolozsvár, Kajántó és Torda környéki bitumenes mészkövek és azok ásványai. Muzeumi Füzetek az Erdélyi Muzeum Ásványtárának értesítőjéből. I. 1. Kolozsvár, 1911 pag. 14.

ge des Schnittes — manchmal den für den Quarz bezeichnenden Wert von 120°, in anderen Fällen verschiedene Werte 66°, 90°, 126° etc.).

Eine neue SiO_2-Modifikation?

Im Inneren grösserer Mandelhöhlungen kommt in der Gesellschaft von Quarzin und Quarz ein prismatisch entwickeltes, assymmetrisch zugespitztes, farbloses Mineral mit grösserer Öffnung der optischen Achsen vor. Lichtbrechung, stärker wie beim Lutecit, Doppelbrechung mit der des Quarzes überstimmend. Öffnung der optischen Achsen um $n_p > 70°$.

Es ist nicht unmöglich, dass man hier einer neuen Modifikation des Quarzins gegenübersteht. Schon Wallerant[13] erwähnt, dass der Quarzin eventuell triklin sei; Öffnung der optischen Achsen um die I. Bissectrix 2 V = 88°, $v < \varrho$.

Es ist möglich, dass die SiO_2 noch neue Modifikationen aufzuweisen hat. Die Klärung dieser Frage erheischt umsichtigere Untersuchungen, mit denen ich mich zu befassen beabsichtigte.

Hyalit.

Dieser tritt als glasartige, wasserklare Opal-Varietät in Höhlen und Klüften der Pyroxenandesite auf. Er kommt an mehreren Stellen als Zersetzungsprodukt der Silikate durch postvulkanische Einwirkungen veränderter Gesteine vor. Nach seinem Entdecker wurde er ehemals Müller-Glas genannt, dann schlug Link den Namen „Glasstein" vor, der von Werner in Hyalit umgeändert wurde.[14]

Er ist eigentlich nichts anderes, als ein Pigmentfreies, eingetrocknetes Kieselsäuregel, das an den Wänden von Höhlungen kugelige, nierenförmige Krusten bildet. Optisch isotrop (Taf. X, Fig. 6).

Sekundäre SiO_2-Modifikationen.

Die bereits ausgebildeten Kieselsäureminerale können infolge von Veränderungen der in der Natur obwaltenden physikalischen Verhältnisse oder eventuell durch die Einwirkung chemischer Faktoren nachträgliche Umwandlungen erleiden. Da das ursprüngliche Material der SiO_2-Varietäten der durch einen wechselnden Wassergehalt gekennzeichnete Opal war, liegt es auf der Hand, dass bei den weiteren Umwandlungen das Schwanken des H_2O-Gehaltes eine wichtige Rolle spielt.

Die sekundären Veränderungen spielen sich an der Oberflä-

[13] Hintze: Handb. d. Mineralogie, Bd. I, 2, Leipzig, 1915, pag. 1467.

che der Kieselgesteine (oder Gläser) ab, resp. sind dort am intensivsten. Sie dringen aber längs Spalten und Sprünge auch in das Innere der Jaspisse ein, wo sie in Gestalt von Streifen und welligen Bändern zu beobachten sind. Die eintretende Dehydratisation und Oxydation, oder Wasseraufnahme ändert allmählich die innere Struktur des Materials und die Umwandlung offenbart sich in z. T. bereits mit freien Augen wahrnehmbaren, z. T. nur optisch erkennbaren Erscheinungen.

Als solche sekundäre SiO_2-Modifikationen sind der *Lussatit* und *Kacholong* zu betrachten.

Lussatit.

Dieser wurde durch Malard[14] von Lussat (Puy-de-Dome) benannt. Nach diesem Forscher bildet er milchweisse Überzüge auf Quarz oder Quarzaggregaten.

Nach meinen Beobachtungen an Jaspissen verwandelt sich besonders der Chalzedon in faserig-plattigen Lussatit. Er kommt in zweierlei Ausbildungen vor: *a)* an den Wänden von Höhlungen in Gestalt dünner Krusten, *b)* in selbständigen Sphärokristallen und Gruppen.

a) Der im Durchmesser 20—35 μ messende Lussatit-Überzug legt sich auf Chalzedon oder Lutecit. Seine Struktur ist fein faserig. Die Fasern sind $\perp$ zur Oberfläche angeordnet. Der Lussatit bricht das Licht schwächer, wie der Canadabalsam und auch seine Doppelbrechung ist erheblich schwächer, wie der des Chalzedons. Extinction in den Fasern parallel. In der Längsachse der Fasern liegt n_g

b) In den roten Jaspissen von Tolcsva (Kisagáros-Berg) kommen schöne kreisrunde oder etwas ellyptische Sphärokristalle mit Durchmesser von 30—40 vor, die in durchfallendem Licht durchsichtig, in auffallendem Licht milchweiss sind, wodurch sie sich von der rötlich gefärbten Umgebung scharf abheben. Die Fasern der Sphärolithe zeigen in der Längsrichtung positiven Charakter.

Ihr genetischer Zusammenhang mit dem Chalzedon ist in den Jaspissen vom Nagyagáros-Berg gut zu beobachten, wo in durch reichliches Pigment rötlichbraun gefärbten Feldern Nester von Chalzedon vorkommen, in deren Inneren milchweisse Lussatitkügelchen auftreten. In einer Jaspisvarietät von Komlóska (Bolhás-Berg, Kalksteinbruch) ist die ursprüngliche Mandelhöhle durch Lussatit und Kacholong ausgefüllt, in deren radialfase-

---

[14] Hintze: Handb. d. Mineralogie, Bd. I, 2, Leipzig, 1915, pag. 1468.

[15] Hintze: Handb. d. Mineralogie, Bd. I, 2, Leipzig, 1915, pag.

rigen Aggregaten Lussatit-Sphärokristalle vorkommen.

Nach Slavik[15] ist der Lussatit eine faserige Modifikation des Tridymits, deren vertikale Achse mit der Längsrichtung der Lussatitfasern übereinstimmt.

Kacholong.

Kommt mit mikroskopischen Dimensionen in sämtlichen Jaspisarten vor, die schönsten, schon mit freien Augen beobachtbaren Kacholong-Krusten sind aber an den Chalzedonen und Hyalitgeoden vom Pogány-(Pós-)Brunnen neben Sárospatak, sowie in den Höhlungen der Jaspisse von Tolcsva (Kisagaros-Berg) vorzufinden.

Nach meinen Beobachtungen verwandelt sich in den Jaspissen z. T. Opal, z. T. Chalzedon in Kacholong. Im Querschnitt treten an der Oberfläche der die Mandelhöhlen umschliessenden Opalfelder weissliche, durchscheinende, trübe Hüllen auf, deren Material isotrop ist und nur stellenweise in der Längsrichtung positive (Lutecit), oder negative (Chalzedon) Fasern enthält. Es umrahmt oft Chalzedonkugeln. In Blasenräumen bildet der Kacholong mit den Wänden parallele, wiederholt verbogene Bänder. In auffallendem Licht hebt er sich durch seine milchweisse Farbe scharf von dem farblosen, faserigen Chalzedon oder dem rötlichbraun gefärbten Opal ab.

Auf opalreichen Gesteinen (Opal-, Jaspis-, Chalzedon-Varietäten) erscheint er in weissem, bräunlich- oder gelblich weissen, matten Krusten, auf Chalzedon und Hyalit zeigt er mitunter Perlenschimmer. Beim Daraufschlagen verrät sich die konzentrisch schalige Struktur der Hüllen. Die aufeinander folgenden Schichten zeigen verschiedene Farbentöne und zwischen den mattweissen Schalen nehmen mitunter wasserklare Chalzedonpartien Platz.

An den Durchschnitten der Mandelhöhlen ist es zu beobachten, dass sich die Kacholong-Hüllen mitunter mehrfach wiederholen. Die zwischen ihnen verbliebenen Räume sind durch Opal und Chalzedon ausgefüllt. Auch diese Erscheinung bekräftigt die bereits erwähnte Annahme, dass die Ausfüllung der Blasenräume nicht auf einmal, in raschem Tempo, sondern allmählich, unter mehrfach wiederholter Ablagerung der Schichten des ursprünglichen Opalmaterials erfolgte. Die Kacholonghüllen — die sich an den während der Pausen der Ablagerung freigebliebenen Oberflächen bildeten — repräsentieren in der sich wiederholenden Serie der SiO_2-Minerale gewisse Interwalle. Die Dicke der einzelnen Hüllen steht im geraden Verhältnis zur Zeitdauer der Umwandlung. Opalige Krusten von geringem Durchmesser verwandeln sich in ihrer ganzen Ausdehnung in Kacholong.

Dem Kacholong ähnliche Krusten kommen nicht nur auf

Opal, Chalzedon und Quarz, sondern auch auf Hyalit vor. Den auf dem Pyroxenandesit von Sárospatak (Pós-Brunnen) erscheinenden Hyalit überzieht an seiner äusseren Oberfläche eine weisse, gelblich weisse, stellenweise schwach opalisierende Kruste, die eine konzentrisch-schalige Struktur aufweist. Dieses Umwandlungsprodukt des Opals und Hyalits nennt die Literatur Kacholong (mongolisch = schöner Stein).

Der Kacholong kann als dehydratisiertes Kieselsäuregel aufgefasst werden, in dessen Krusten Opalschichten wechsellagern, die einen grösseren-geringeren Teil ihres Wassergehaltes verloren. Die Isotropie der Schichten wird nur stellenweise durch die eingeschalteten Fasern und Faserbündeln des Chalzedons oder Lutecits unterbrochen. Hyalitische Krusten kommen auch auf Rhyolith vor; in diesem Fall ist der entstehende Kacholong hellrostfarbig oder hellbraun und zeigt stellenweise Perlenschimmer.

Genetische Schlussfolgerungen.

Die Resultate der Jaspisuntersuchungen führten zur Erkenntnis, dass die verschiedenen SiO_2-Minerale ursprünglich aus Kieselsäurehydrat als einem Hydrogel im Wege der Dehydratisation zu kristallinischen Aggregaten umgebildet wurden. Sie sind demnach im wesentlichen kolloidalen Ursprunges.

Wherry[16] bezeichnet die mineralischen Bildungen, welche in der Weise zustandekommen, dass aus dem gelartigen oder hypokristallinischen Zustand auf gewisse physikalische Einwirkungen wahrnembare Kristalle hervorgehen, mit dem Namen Metakolloide. Nach seiner Auffassung gestaltet sich die Reihe wie folgt:

Gel-Mineral → Metakolloid → Kristallinisches Endprodukt

Opal = SiO_2 n H_2O → Chalzedon → Quarz = SiO_2

Nach meinen Beobachtungen lässt sich in den Querschnitten der Mandelhöhlen dem allmählich fortschreitenden Dehydratisationsprozess entsprechend die nachstehende Reihenfolge feststellen:

Amorph kripto- und mikrokristallinisch kristallinisch

Opal → Chalzedon → Lutecit → Quarzin → Quarz

Schon Michel Lévy und Munier Chalmas[17] betonten, dass Chalzedon Lutecit-Quarzin bloss verschiedene Formen ein und desselben SiO_2-Minerals mit 2 optischen Achsen sind. Der Chalzedon enthält nach den Angaben immer ein wenig Opal, resp. Wasser. Deshalb nennt ihn Hüttner „gelöstes Glas".

Von der Tatsache ausgehend, dass aus dem sich verfestigen-

[16] P. Niggli: Lehrb. d. Mineralogie, II. 2, Berlin, 1926, pag. 678.

dem Kieselsäuregel — sei es thermalen oder magmatischen Ursprunges — in einer gewissen genetischen Reihenfolge mehrere Abarten von SiO_2-Mineralen hervorgehen, gelangt man zu dem Schluss, dass das Erscheinen der Modifikationen hauptsächlich von physikochemischen Faktoren abhängt. Vom chemischen Gesichtspunkt spielt der H_2O-Gehalt, vom physikalischen die bei der Verfestigung stattfindende Temperaturveränderung, sowie die für die Kristallisation zur Verfügung stehenden Dimensionen des Raumes und der Zeit eine wichtige Rolle.

Das Vorkommen der SiO_2-Modifikationen in den Jaspissen beweist, dass das Ausgangsmaterial derselben immer der Opal war, aus dem unter günstigen Verhältnissen eine ganze Reihe von Kieselsäuremineralen hervorging. Im Laufe der Untersuchung der Jaspisse des okaj-Hegyalja-Gebirges konnte festgestellt werden, dass ihre Entstehung mit postvulkanischen (thermalen) Vorgängen zusammenhängt. Das Wasser der aufsteigenden Thermen durchtränkte die Gesteine, zersetzte einen Teil der Silikatminerale, das Wasser wurde mit Kieselsäure gesättigt, die dann die präexistierenden Spalten und Hohlräume ausfüllte. Das rhythmische Auftreten der Kieselsäuremineralе, die oft wahrnehmbare Schichtung sprechen dafür, dass stellenweise intermittierende Quellen tätig waren, aus welchen das Material in kürzeren-längeren Zeitabschnitten wiederholt zur Ablagerung gelangte.

Auf das gesellige Erscheinen der Kieselsäuremineralе findet man an verschiedenen Stellen Hinweise. Schon Bavir[18] erwähnt, dass in den Quarzadern der Serentine Chalzedon und Quarz zusammen vorkommen. Doch gibt es Fasern, deren Charakter bald +, bald — ist u. die unter 29—30° auslöschen, also Lutecite sind. Nach Lacroix[19] wechselt sich der Quarzin manchmal zonal mit Chalzedon ab. Wallerant[20] nimmt zwischen den 3 Kieselsäuremineralen einen stufenweisen Übrgang an. Er hält den Quarzin für triklin.

Auch Balogh[22] stellt einen engeren Zusammenhang zwischen Chalzedon und Quarzin fest. Immer ist der Chalzedon innen, die Quarzinhülle aussen. Riva[23] fand in den Blasenräumen der Pyroxenandesite von Djadjons SiO_2-Kügelchen mit Durchmesser zwischen 0.5—0.8 mm, an denen er unter dem Mikroskop 3 Zonen unterscheiden konnte.

---

[18] C. Hintze: Lehrb. d. Mineralogie. II, 2, Berlin, 1926, pag. 67[illegible].

[18] C. Hintze: Lehrb. d. Mineralogie, Bd. I, 2, Leipzig, 1915, pag. 1477.

[19] C. Hintze: Lehrb. d. Mineralogie, Bd. I, 2, Leipzig, 1915, pag. 1484.

[20] C. Hintze: Lehrb. d. Mineralogie, Bd. I, 2, Leipzig, 1915, pag. 1466.

1. innere: graues, amorphes Material (Opal).

2. mittlere: dünne, in der Längsrichtung — Fasern (Chalzedon).

3. äussere: breite Fasern, — Charakter, kräftige Doppelbrechung, Extinction um 30°. Nach ihm eine bislang unbekannte SiO_2-Varietät (nichts anderes, als Lutecit).

Meine Untersuchungen führten auch zu der Annahme, dass ein gewisses Ausmass von Zeit und Raum dazu nötig ist, bis die aus dem Kieselsäregel entstehenden Minerale sich der Reihe nach ausbilden können. Erfolgt wegen plötzlicher Änderung der Temperatur die Verfestigung und Kristallisation des Materials in zu raschem Tempo, oder ist der Vorgang der Dehydratisation unregelmässig, gestört, so können sich in der Reihenfolge des Erscheinens der SiO_2Minerale Unterbrechungen, sprunghafte Änderungen ergeben. Stand des Kieselsäure-Material zur Ausfüllung einzelner Mandelhöhlen reichlich zur Verfügung und war die Dehydratisation geringfügig, so tritt in der Höhlung neben dem Opal stört, so können sich in der Reihenfolge des Erscheinens der SiO_2-Minerale Unterbrechungen, sprunghafte Änderungen ergeben Stand das Kieselsäure-Material zur Ausfüllung einzelner Mandelhöhlen reichlich zur Verfügung und war die Dehydratisation geringfügig, so tritt in der Höhlung neben dem Opal höchstens noch Chalcedon auf. Ging aber die Ausfüllung der Höhle wegen Knappheit des Materials nur langsam vor sich und bot sich an der freien Oberfläche der Höhlung reichlich Gelegenheit zur Oxydation so treten aus dem Chalzedon auch Lutecit und nach diesem Quarzin in übereinander gelegten Schichten auf. Im Falle der Komplettheit der Serie wird das Innere der Höhlung durch Quarz ausgefüllt. Schmale Klüften und Spalten werden in den Jaspissen gewöhnlich nur durch Chalzedon ausgefüllt In solchen Fällen besteht die Umgebung aus dem Opal der Jaspisse. Die inden Chalcedonpartien zurückgebliebenen Spalten und Höhlungen besetzen die folgenden Glieder, namentlich: Lutecit und Quarzin. Zwischen dem Erscheinen der SiO_2-Minerale und dem umschliessenden Medium bestehen demnach stets genetische Zusammenhänge. Am vollständigsten ist die Serie längs der grösseren Blasenräume, wo — oft in aufgewachsenen Kristallen — auch schon der Quarz erscheint. Bei den Ausfüllungen der Höhlungen deutet die schmalenweise Wiederholung der einzelnen Mineralglieder auf die Periodizität der Materialzufuhr hin. Unter günstigen Verhältnissen kann das weitere Wachstum mit identischer Modifikation bei optisch übereinstimmender Orientierung erfolgen.

***

Ich spreche Herrn Prof. Dr. Zs. v. Szentpétery meinen verbindlichsten Dank für seine Liebenswürdigkeit aus, mit wel-

cher er mir die Apparate seines Institutes zur Verfügung stellte und mich bei meinen Untersuchungen mit seinen wertvollen Ratschlägen unterstützte.

TÁBLAMAGYARÁZAT— TAFELERKLÄRUNG.

1. Felső rész: Hullámos pigmentum-sorokkal szinezett opal. Alsó rész: Kezdődő átkristályo odás opálban. Az egyenletesen elosztott festékanyag szabálytalan csomókká ugrik össze. Vörös jáspis, Tolcsva, Nagy-Agáros; Nic. 90×. — Oberer Teil: Mit wellenförmigen Pigment-Reihen gefärbter Opal. Unterer Teil: Beginnende Umkristallisierung in Opal. Das ursprünglich gleichmässig verteilte Pigment trat in unregelmässige Klumpen zusammen.
2. Finoman rostos chalcedon-sphaerokristályok. Fekete jáspis; Tolcsva, Kis Agáros. +Nic. 90×. — Feinfaserige Chalzedon-Shärokristalle. Schwarzer Jaspis, Tolcsva, Kisagáros-Berg, +Nic. 90×.
3. Részlet lutecit-sphaerokristályból. A hólyagűr középpontja felé a lutecit quarzinba megy át (bal felső sarok). A rostkötegek hosszirányában a rugalmi tengelyek elfordulása következtében az extinctio többször ismétlődve következik be. Vörös jáspis Tolcsva. +Nic. 68×. — Partie eines Lutecit-Sphärokristalls. Gegen den Mittelpunkt der Blasenhöhlung zu geht der Lutecit in Quarzin über. (Linke obere Ecke). In der Längsrichtung der Faserbündel erfolgt wegen Verdrehung der Elastizitätsachsen mehrfache Wiederholung der Extinktion. Roter Jaspis, Tolcsva, +Nic., 68×.
4. Rosettaszerű quarzin rost- és lemezhalmazok. Barna jáspis. Tolcsva, Nagy Agáros. +Nic. 48×. — Rosettenförmige Aggregate von Quarzinfasern und -Platten. Brauner Jaspis, Nagyagáros-Berg, +Nic., 48×.
5. Koncentrikus-héjas szerkezetű lutecit-sphaerokristályok által határolt mandulaürben quarzinburok és szabalytalan quarz-kristályok. Ez utóbbiak zonális felépítésűek. — Quarzinhüllen und zonal gebaute, unregelmässige Quarzkristalle in einer von konzentrisch schaligen Lutecit-Sphärokristallen umschlossenen Mandelhöhlung.
6. Szőlőded kiképződésű hyalit pyroxenandesit hólyagüregeiben. Sárospatak, Pogánykút. 62×. — Traubig ausgebildeter Hyalit in den Blasenhöhlungen von Pyroxenandesit. Pogány-Brunnen, +Nic., 62×.