Einige Gedanken zu Jadeit-Jade

Some thoughts about Jadeite-Jade

H. A. HÄNNI, Basel

Zusammenfassung

Jadeit als polykristalliner Edelstein streut das Licht an den zahlreichen Korngrenzen. Die Korngrösse und -homogenität beeinflusst die Durchsichtigkeit wesentlich. Bei der Verwitterung von Blöcken in Flüssen öffnet sich an der Oberfläche der Kornverband, eisenhaltige Sekundärmineralien füllen die feinen Fugen. Durch Reinigen und Imprägnieren wird die Durchsichtigkeit stark verbessert. Als Edelsteine verwendet findet man von monokristallinem und polykristallinem Jadeit über Jadeit mit Gastmineralien bis zu Maw Sit Sit finden wir alle Übergänge zum Gestein. Bei grünem Jadeit stellen wir einen isomorphen Ersatz von Al durch Cr fest. Eine Mischkristallserie von Jadeit $NaAlSi_3O_6$ nach Kosmochlor $NaCrSi_3O_6$ belegt alle Farben von farblos über grün bis schwarz. Dabei steigen auch die Werte der Lichtbrechungen und der Dichte. Auch Mischkristallreihen zu Ca- und Fe-haltigen Klinopyroxenen beeinflussen die Bestimmungsgrössen. Ein neuer Standard zur Definition von Jadeit ist in Hong Kong in Gebrauch genommen worden. Dabei werden kleine isomorphe Beimischungen nach Kosmochlor und Omphazit erlaubt, solange die Dichte nicht über 3.4 und die Lichtbrechung nicht über 1.688 steigen. Die mit dieser Spanne eingegrenzten Jadeite werden in China Fei Cui Jade genannt.

Abstract

Jadeite as a polycrystalline gemstone is scattering light on the numerous grain boundaries. Grain size and homogeneity is influencing transparency considerably. Weathering of jade blocks in rivers opens the grain boundaries. By acid cleaning and filling the pores transparency is greatly improved. Varieties from monocrystalline and polycrystalline jadeite over jadeite with guest minerals to Maw Sit Sit rock is encountered as gemstones. With green jadeite we notice an isomorphous replacement of Al by Cr. A mixed crystal series from Jadeit $NaAlSi_3O_6$ to kosmochlore $NaCrSi_3O_6$ covers compositions from colourless over green to black. Along this solid solution series RI and SG increase steadily. There are also series from jadeite to Ca- and Fe- bearing clinopyroxenes may influence these values. A new standard for jadeite definition is introduced in Hong Kong. In this standard small amounts of isomorphic replacement to kosmochlore and omphacite are accepted. The data must, however not exceed SG 3.4 and RI 1.688. Compositions within this field are called Fei Cui jade in China.

Einleitung

Wenn man sich mit Jadeit beschäftigt, kann man sich drei Fragen stellen, die hier kurz diskutiert werden sollen: Warum ist Jade nicht durchsichtig? Warum ist Jade meistens grün? und warum sind die „Konstanten" nicht immer konstant?

Jadeit ist im Osten ein sehr wichtiger Edelstein, vergleichbar mit den Diamanten bei

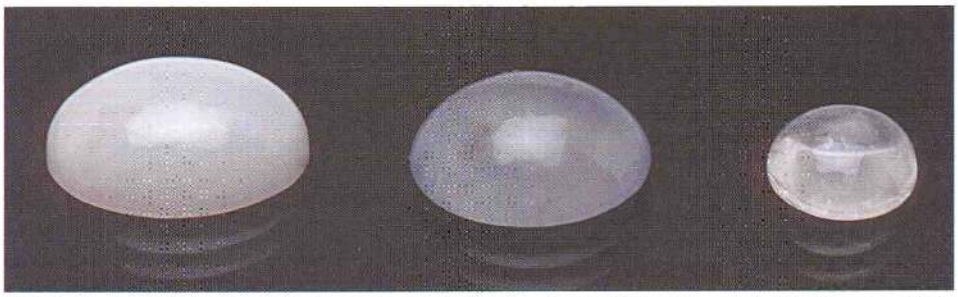

Abb. 1 Zwei polykristalline (links) und ein monokristalliner (rechts) Cabochon aus Jadeit. Die unterschiedlichen Grade von Durchsichtigkeit ergeben sich aus Korngrösse, -homogenität und der Dichte des Gefüges. Der ungewöhnliche Einkristall rechts ist klar durchsichtig. Er wurde freundlicherweise zur Verfügung gestellt von S.T. Wu, Kaoshiung, Taiwan. Photo © H.A. Hänni.

Fig. 1 Two polycrystalline (left) and one single crystal (right) cabochons of colourless jadeite. The different degrees of transparency reflect the amount and tightness of the polycrystalline material. The unique single crystal stone seen on the right is fully transparent. Courtesy S.T. Wu, Kaoshiung, Taiwan. Photo © H.A. Hänni.

uns im Westen. Die Beschreibungen der Jade sind daher z.B. in China viel präziser als es unsere Begriffe zulassen. LAM (2005) hat in einer aktuellen Darstellung in englischer Sprache die wesentlichen Elemente präsentiert. Ein in Hong Kong neu defi-

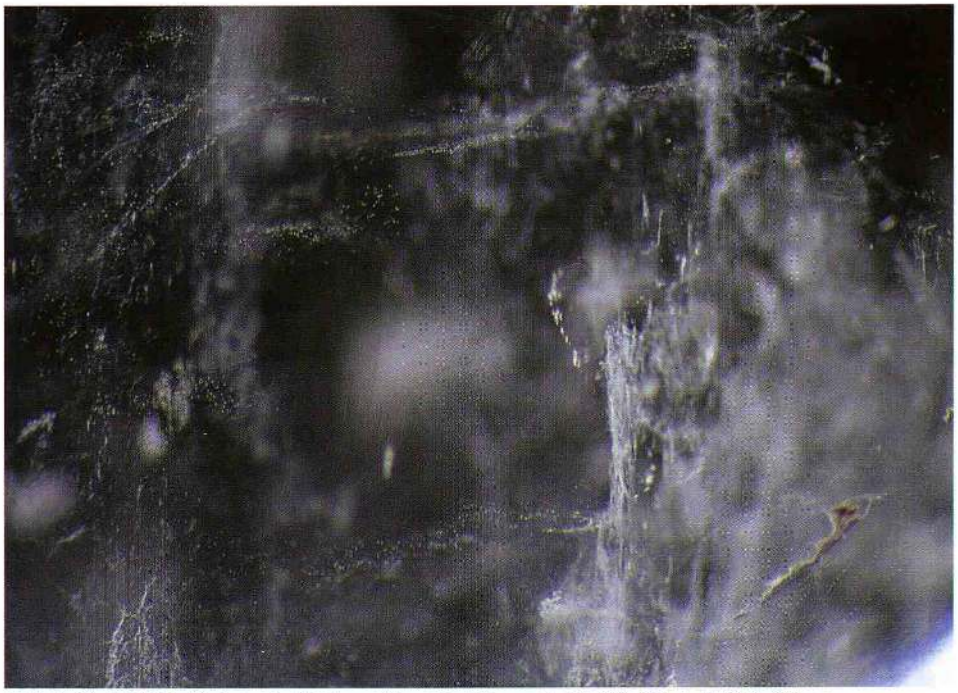

Abb. 2 Dunkelfeldaufnahme des farblosen Monokristalls von Jadeit (40x) Photo © H.A. Hänni

Fig. 2 Darkfield micrograph of the colourless monocrystalline jadeite (40x) Photo © H.A. Hänni

nierter Standard für Jadeit bildet die Hauptmotivation, das Thema zu beleuchten und hier zu präsentieren.

Das Maß der Durchsichtigkeit

Die meisten Edelsteine sind Einkristalle und werden, wenn sie durchsichtig sind, facettiert. Halbdurchsichtige und undurchsichtige Steine werden meistens als Cabochons geschliffen. Gründe für die Halbdurchsichtigkeit oder undurchsichtige Natur der Jade liegen in ihrer polykristallinen Form, der geringen Transparenz der Körner und der Korngrösse (Abb. 1). Als absolut aussergewöhnlich kann eine Jadeitprobe angesehen werden, welche 2006 im Labor untersucht wurde Im Polariskop zeigte sie eine klare Auslöschungen und auch mikroskopisch erschien sie als Einkristall. Das farblose Stück, welches von einem Labor in Taiwan zur Prüfung gesandt wurde, war leider als Cabochon geschliffen (Abb. 2). Im Allgemeinen besteht ein Stück Jadeit allerdings aus einem dichten Gefüge aus tausenden kleiner Kristallen. Ihre Struktur wird als faserig bis körnig beschrieben und reicht von fein- bis grobkörnig. Die Krongrenzen, besonders wenn sie Verwitterung geöffnet wurden, verhindern einen direkten Durchgang des Lichtes und streuen das Licht im Stein (Abb. 3). Eine durch tektonische Spannungen verursachte Zerkleinerung der Körner erschwert ebenfalls den Lichtdurchgang (Ou Yang & Phil, 1993). Werden die Fugen im Kornverband mit einem durchsichtigen Medium gefüllt (z.B. Paraffin, Epoxi), so stellt sich eine viel bessere Transparenz ein, eine Situation die uns von der Behandlung von rissigen Smaragden bestens bekannt ist (Hänni, 1992; Hänni et al., 1996). Es ist ebenfalls bekannt, dass Jadeit mit Verwitterungsrückständen in offenen Poren gereinigt und behandelt

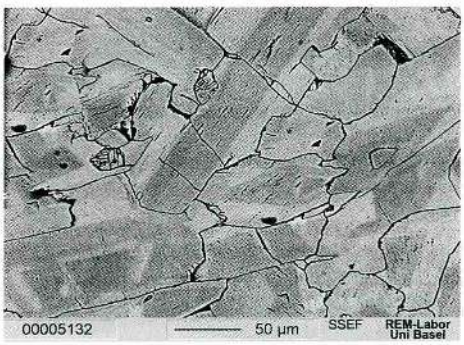

Abb. 3 Elektronen-Rastermikroskopisches Bild von angewittertem und poliertem Jadeit. Um jedes Jadeitkorn erkennt man eine schmale Lücke (schwarze Linie) welche die offene Korngrenze bildet. Diese lässt sich leicht mit farbloser oder farbiger Substanz füllen, was dann B- oder C-Jade ergibt. Die Fugen sind auch verantwortlich für die mikroskopisch erkennbare mindere Politur. Die unterschiedlichen Grautöne spiegeln den chemisch zonaren Aufbau der Körner wider. Foto M. Düggelin, ZLM, Universität Basel.

Fig. 3 Scanning electron-microscope picture of a polished surface of weathered jadeite. Each jadeite grain is surrounded by a narrow gap at the grain boundary. In B-jade and C-jade these openings enable an introduction of organic filler like epoxy or dye. The tiny openings are responsible for a frequent poor polish of B-jade. The different shades of grey within the grains reflect their chemical zonation. Foto M. Düggelin, ZLM, University of Basel.

wird. Bei Jadeitblöcken findet man oft zentimeterdicke Bereiche an der Oberfläche, welche durch eingesickerte Eisenhydroxide braun verfärbt sind. Wenn diese Sekundärminerale mit Säure herausgelöst sind, werden die Fugen mit flüssigen Mitteln gefüllt. Im Falle einer Behandlung mit farblosem Füllmittel (z.B. Epoxidharz) wird das Material als B-Jade bezeichnet. Wird farbiges Füllmittel oder Farbflecke plus Füllmittel eingebracht, wird das Material als C-Jade oder B+C-Jade bezeichnet. Naturbelassene Jade wird A-Jade genannt.

Abb. 4 Ein Stück Maw Sit Sit, das mit Jadeit eng verwandte Gestein aus Nord-Myanmar (Burma). Das Material besteht aus mindestens acht Mineralien und kann sehr unterschiedlich aussehen, entsprechend den Anteilen der einzelnen Mineralarten. Photo © H.A. Hänni. Probe FN 5456 aus der Sammlung Franck Notari.

Fig. 4 A piece of Maw-Sit-Sit, a jade-related rock from N-Myanmar (Burma). The material contains at least eight different minerals and may change its visual aspect strongly with the ratio of the composing minerals. Photo © H.A. Hänni.Sample FN 5456 collection of Franck Notari.

Vom Mineral zum Gestein

Die Burmesischen Jadeite wurden unter Hochdruck/Tieftemperaturbedingungen metamorph gebildet. Die monomineralische polykristalline Struktur kann durch weitere Mineralphasen (z.B. Albit) und Reliktminerale (z.B. Chromit) angereichert werden. Metasomatische Prozesse und Reaktionen mit den umgebenden Gesteinen führen zu komplexen Mineralgesellschaften. Ein solches Gestein mit Edelsteincharakter ist Maw Sit Sit (Abb. 4), der in Bildung und Zusammensetzung eng mit Jadeit verwandt ist (GÜBELIN 1964, OU YANG, 1984, HÄNNI & MEYER, 1984; 1997). Das Vorkommen von Maw Sit Sit (früher auch Chloromelanit oder Jadealbit genannt) liegt im klassischen Gebiet für Jadeit in Nord-Myanmar (Burma), bei Namshawa, etwa 10 km nördlich von Lonkin, am Rande eines grossen Peridotitkörpers. Das oft uneinheitliche Material besteht aus wechselnden Mengen von Chromite, Kosmochlor, Cr-Jadeite, Jadeit, Cr-Eckermanit, Symplektit, Zeolithen, Albit and Serpentin. Die Dichten bewegen sich zwischen 2.5 and 3.2 g/cm^3, enstprechend den unterschiedlichen Anteilen der Minerale.

Grüner Jadeit durch Chrombeimischungen

Ideale Mineralien besitzen einfache chemische Formeln die ihre Zusammensetzung beschreiben, z.B. Jadeite $NaAlSi_2O_6$, was ein farbloses Mineral darstellt. Reale Mineralien enthalten normalerweise fremde Beimischungen, welche bis zu grossen Anteilen der Zusammensetzung gehen können. Man bezeichnet geringe Mengen solcher Beimischungen, die oft für die Farbe verantwortlich sind, als Spurenelement. Spurenelemente sind jedoch nicht generell bestimmte chemische Element, sonder liegen in einem niedrigen Gehalt vor, der unter 0.3 Gewichtsprozent liegt. Bei Gehalten bis zu 5 Gew.% sprechen wir von Nebenelementen, Hauptbestandteile der Zusammensetzung werden als Hauptkomponenten bezeichnet. Es ist interessant, die Rolle des Chroms in Jadeit näher anzusehen: Cr kann als Spurenelement, Nebenkomponente oder gar Hauptkomponente auftreten. Dabei ändert sich nicht nur die Farbe, sondern auch die Bestimmungsgrössen (Lichtbrechung, Dichte, Elementarzelle) und letztlich auch der Mineralname.

Als Grund für die schöne grüne Farbe von Jadeit nennt man Chrom, und eine gute Sättigung ergibt nach Analyse etwa 0,5 Gewichtsprozente Cr_2O_3 (Abb. 5). Bei höheren Gehalten wird das Grün dunkler

Abb. 5 Eine Schnitzerei aus halbdurchsichtiger Jade mit geschätztem Gehalt von 0.6 Gew.% Cr_2O_3 oder einem Kosmochlor-Gehalt von etwa. 1.6 mol %. Photo © H.A. Hänni.

Fig. 5 An engraved piece of semi-transparent jadeite with an estimated content of 0.6 wt% Cr_2O_3 or a kosmochlore content of approx. 1.6 mol %. Photo © H.A. Hänni.

und geht bei weiterer Zunahme in Schwarz über. Gleichzeitig mit der Chromzunahme steigen auch die „Konstanten" Lichtbrechung und Dichte. Man kann sich nun fragen, wie viel Cr ein Jadeit denn aufnehmen kann.

Jadeit - Kosmochlor: eine Mischkristall-Serie

An dieser Stelle sollte sich der Gemmologe eines Prinzips erinnern, das in der Mineralogie manche Beziehungen zwischen Mineralien exakt beschreibt. Es ist das Prinzip der Festen Lösung zwischen zwei Mineralien (sog. Endglieder der Mischkristallserie) mit verwandter Chemie und Kristallstruktur. Die hier erörterten Beimischungen beziehen sich nicht auf Mineralkörner im Gefüge des Gesteins, sonder sie liegen in atomarer Form im Kristallgitter vor. Das Kristallgitter als geometrisches Muster sieht für bestimmte Ionen als Folge ihrer Grösse und Ladung ganz bestimmte Positionen vor. Durch die Periodizität des Gitters stehen sehr viele gleichwertige Gitterplätze zur Verfügung. Diese können nun durch die immer gleichen oder zumindest sehr ähnlichen Ionen besetzt werden. Da nun Al und Cr ähnliche Ionenradien und die gleiche Ladung 3^+ besitzen, sind sie im Kristallgitter des Jadeits beliebig austauschbar. Und da ein Jadeitkorn millionenfach die chemische Formel enthält, ergibt sich die Möglichkeit einer Besetzung der Al Plätze durch Cr nach Massgabe des Angebotes der beiden Bewerber für

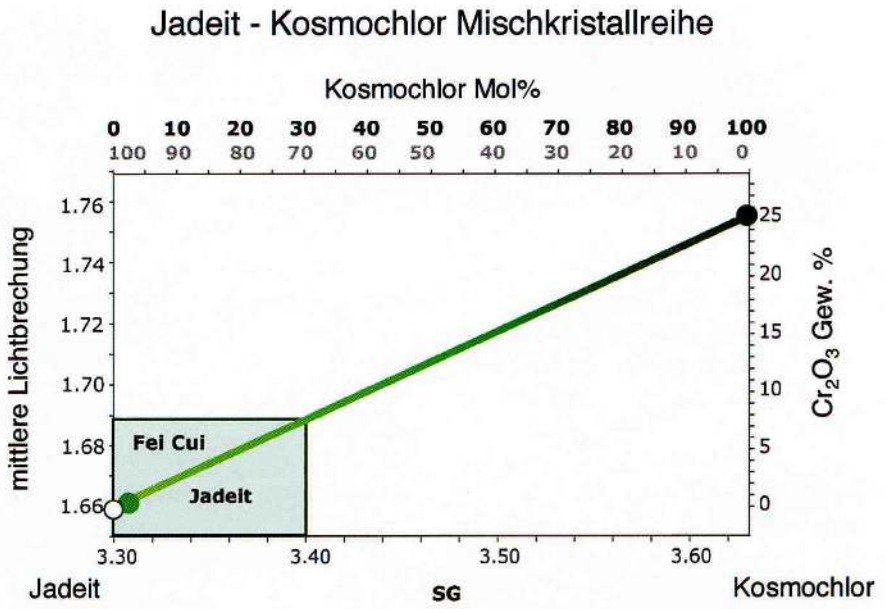

Abb. 6 Einfache graphische Darstellung welche die lineare Beziehung zwischen Dichte und mittlerer Lichtbrechung im Zweikomponentensystem von Jadeit und Kosmochlor zeigt. Die Kurve für Dichte und Lichtbrechung ist direkt korreliert mit dem Chromgehalt bzw. dem Substitutionsgrad. Eine Mischkomponente von Omphazit würde eine ähnlich werterhöhende Auswirkung haben wie Kosmochlor. Das Grüne Feld zeigt den Bereich für Fei Cui Jadeit. Bild © H.A. Hänni.

Fig. 6 Simple graph showing the relationship of density and mean refractive index in the two-component system of jadeite and kosmochlore. The curve for SG and RI show a linear relationship with the degree of substitution. A solid solution of jadeite with omphacite would have a similar increasing effect as that of the kosmochlore admixture. The green field shows the data that include the Fei Cui jade. Picture © H.A. Hänni.

die 3^+-Plätze. Allein das Angebot und die Druck/Temperaturbedingungen bestimmen, wie ein Kristall zusammengesetzt ist. Das Ergebnis ist exakt das Szenario einer isomorphen Mischkristallserie, alle Mischverhältnisse sind möglich, aber meistens ist ein Mischverhältnis für ein Vorkommen typisch. Für die Mischkristallserie zwischen Jadeit $NaAl_1Si_3O_6$ und Kosmochlor $NaCr_1Si_3O_6$ hätte daher eine 50/50 Mischung die Formel Na $(Al_{0.5}\ Cr_{0.5})\ Si_2O_6$.

Eine Weiterentwicklung der Mischkristallserie besteht darin, zum Beispiel vom binären Zweikomponentensystem auf ein ternäres Dreikomponentensystem zu erweitern. Im Bereich der Jadeite decken Jadeit und Kosmochlor zwei wichtige Endglieder ab. Ein drittes Endglied aus der Klinopyroxengruppe ist Omphazit $(Ca,Na)_1(Mg,Fe^{2+},Al)_1Si^2O_6$. Diese Komponente im ternären System erlaubt die Erklärung allfälliger Ca, Mg, oder Fe Anteile im Jadeit.

Um den Gedanken der Mischkristallbildung zwischen farblosen und färbenden Endglieder etwas weiter zu spinnen, sollen die nächsten Beispiele erwähnt werden. Eine sehr bedeutende Mischkristall-

serie ist diejenige zwischen Pyrop und Almandin, mit dem intermediären Glied Rhodolith, der einen Endgliedanteilen wie etwa Pyrope85/Almandine15 besitzt. Man könnte auch bei Korund anstatt von Chromspuren bei der Varietät Rubin davon sprechen, dass Korund Al_2O_3 mit Eskolait Cr_2O_3 eine isomorphe Reihe bildet. Rubine besitzen nur einen kleinen Eskolait-Anteil, etwa 1 - 2 Mol%. Es lässt sich also der Farbbeitrag in einem Edelstein mit chromophoren Elementen entweder über Spurenelement oder als isomorphe Beimischung verstehen.

Wir sind nun in der Lage, die wirklich existierenden Jadeite exakt zu beschreiben und zu diskutieren, wie viel Fremdanteile von Kosmochlor und/oder Omphazit erlaubt sein sollen, um das entsprechende Material noch als Jadeit zu bezeichnen. Denn „reiner Jadeit" wäre, wie wir gesehen haben, farblos. Wir müssen, um der gängigen Verwendung des Begriffs für grüner Jadeit Rechnung zu tragen, Beimischungen wie Cr und Ca akzeptieren.

Ein Vorschlag wurde in Hong Kong gemacht, der als gegenwärtige Lösung gilt und eine Begrenzung über das Wertepaar Lichtbrechung und Dichtewerte benutzt. Jede Jade, die zwischen dem unteren Wertepaar für reiner Jadeit und den Werten 1.688 und 3.40 liegt wird in Hong Kong als Fei Cui Jade (Jadeit-Jade) angesehen und entsprechend gehandelt (Abb. 6). Natürlich bezieht sich das auf polykristalline Mischungen aus Gliedern der Jadeit-Kosmochlor-Omphazit-Serie. Die Fei Cui Jade kann natürlich auch andere Mineralien enthalten, welche die Messdaten etwas beeinflussen.

Schlussbetrachtung

Jadeit-Jade ist meistens als monomineralisches Gestein bzw. ein polykristallin auftretendes Mineral bekannt. In der Regel entspricht Jadeit chemisch nicht der Idealformel sondern enthält in fester Lösung Kosmochlor- und/oder Omphazitmoleküle. Jadeit tritt auch mit anderen Mineralien zusammen auf, und kann dort als Nebenkomponente zurücktreten. Als burmesisches Beispiel dafür kennt man Maw Sit Sit. Die Betrachtung der verschiedenen Rollen von Jadeit ist exemplarisch und erweitert unsere Kenntnisse in der Gemmologie. In Hong Kong hat die gemmologische Gesellschaft (Gemmological Association of Hong Kong) neue Richtlinien zur Identifikation und Benennung von Jadeit erarbeitet und in einem Heft publiziert: Standard Methods for Testing Fei Cui (Jadeite Jade) for Hong Kong.

Verdankungen

Untersuchungsmaterial von Jadeit und Maw Sit Sit verdanke ich den Herren Günther Weinz† (Kirschweiler), Henry Cheng (Hong Kong) und Franck Notari (Genf). Für die Diskussion des Skriptes danke ich Herrn Dr. M. Krzemnicki (SSEF).

Literatur

ABS-WURMBACH, I. & NEUHAUS, A. (1976): Das System NaAlSi2O6 - NaCrSi2O6 (Kosmochlore) im Druckbereich von 1 bar bis 25 kbar bei 800 oC.- N. Jb. Miner. Abh. 127, 213 - 241.

BENDER, F. (1983): Geology of Burma, Beiträge zur Regionalen Geologie der Erde.- Gebrüder Bornträger, Berlin & Stuttgart, p. 210.

GEMMOLOGICAL ASSOCIATION of HONG KONG (2006): Standard Methods for Testing Fei Cui (Jadeite Jade) for Hong Kong. Issued by The Gemmological Association of Hong Kong Limited. Issued Number: HKSM7JJT-2006.

GÜBELIN, E. (1964): Maw-sit-sit: A new decorative gemstone from Burma.- Gems & Gemology, 11, 8, 227 - 238.
HÄNNI, H.A. & MEYER, J. (1984): Is there a gap in the solid solution between jadeite and Ureyite? (German original title: Besteht eine Mischungslücke in der Reihe Jadeit-Ureyit). Paper verbally presented at Bern-Basel Colloquium in Bern.
HÄNNI, H.A. (1992): Erkennung von Edelsteinen mit behandelten Rissen.- Deutsche Goldschmiede Zeitung, 3, 206-210.
HÄNNI, H.A., KIEFERT, L. & CHALAIN, J-P. (1996): How to identify fillings in emeralds using Raman spectroscopy.- Jewellery News Asia, September, 154 - 156.
HÄNNI, H.A. & MEYER, J. (1997) Maw-sit-sit (kosmochlore jade): A metamorphic rock with a complex composition from Myanmar (Burma).- Proceedings of the 26th International Gemmological Conference, Idar-Oberstein, Germany, 22–24.
LAM, C.S.L. (2005): Jade.- Lead On Publishing Co. Hong Kong. ISBN 962-86332-5-2.
MÉVEL, C. & KIÉNAST, J.R. (1986): Jadeite-kosmochlor solid solution and chromian sodic amphiboles in jadeites and associated rocks from Tawmaw (Burma).- Bull.Minéral. 109, 617-633
OU YANG, M.C. (1984): A terrestrial source of Ureyite.- American Mineralogist, 69, 1180 - 1183.
OU YANG, M.C. & PHIL, M. (1993): Microscopic studies of Burmese jadeite-jade.- J. Gemmol. 23, 5, 278 - 284.

Bei der Schriftleitung eingegangen am 21. Dezember 2007.

Anschrift des Verfassers:

Prof. Dr. HENRY A. HÄNNI
SSEF Schweizerisches Gemmologisches Institut, Basel, Schweiz.
E-mail H.A.Haenni@freesurf.ch