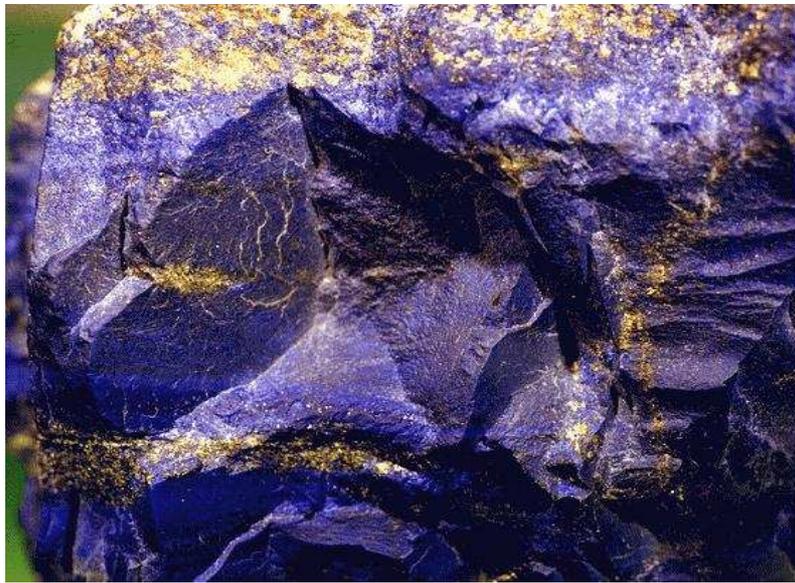




## == LAPISLAZULI ==

### VORKOMMEN, GEWINNUNG UND MARKTPOTENTIAL EINES MINERALISCHEN BLAUPIGMENTES

Thomas Krassmann



## -- Lapislazuli --

### Occurrence, Mining and Market Potential of a blue Mineral Pigment

#### Summary :

Lapislazuli is one of the classic gemstones and artists pigments, known and treasured for its deep blue colour since antiquity. Lapislazuli from the mines in the Hindukush mountains was traded over long distances and over the ocean, hence the mineral was known as „ultramarine“, i.e. the stone coming over the sea from afar. Though some new deposits has been discovered in more modern times in Chile, Russia and the USA, lapislazuli remains a rare and elusive gemstone, which for some reason generally shows a great affinity to high altitudes and mountain peak regions. The following publication gives a comprehensive description of all known lapislazuli deposits worldwide and gives some mineralogical insight into the structure of this minerals and the origin of its deep blue colour.



## Lapislazuli - Definition eines mineralischen Rohstoffes :

Lapislazuli gehört zu den "alten Edelsteinen", die bereits in der Antike bekannt und über Jahrhunderte hinweg hoch geschätzt waren. Wie Funde von Lapislazulischmuck im Indusgebiet belegen, müssen die klassischen Lagerstätten im Hindukusch / Afghanistan bereits um 7000 v. Christus in Abbau gestanden haben. Der dort gewonnene Stein wurde bereits damals bis nach Mesopotamien hin gehandelt, sodaß Lapislazuli eines der frühesten Fernhandels Güter der Welt überhaupt darstellt.

Der aus dem persischen stammende Name "Lazward" wurde latinisiert zu Lapislazuli und bedeutet "blauer Stein". Die Farbtonung des Steines war dabei so einprägsam, das er ähnlich wie die Minerale Türkis, Smaragd oder Zinnober zur Bezeichnung einer ganzen Farbengruppe führte. So leitet sich das in vielen romanischen Sprachen gebräuchliche Wort "azur" für den Farbton blau letztlich von dem Mineralnamen Lapislazuli ab. Ähnliches gilt für den deutschen Begriff "Lasur". Auch der heutige Begriff "Ultramarin" für synthetische Blaufarbpigmente leitet sich von deren Vorgänger Lapislazuli ab, da dieser über das Meer hinweg, also "Ultra Mare" seinen Weg nach Europa fand.

Betrachtet man das "Mineral" Lapislazuli mineralogisch, so stellt man fest, daß es sich streng genommen weniger um ein Mineral als vielmehr um ein Gestein handelt, da sich Lapislazuli aus mehreren sehr unterschiedlichen mineralischen Komponenten zusammensetzt. Hierbei ist die tiefblaue Farbe fast ausschließlich an das Mineral Lasurit gebunden. Als wesentliche weitere Bestandteile des Lapislazulis gesellt sich immer das verwandte Mineral Hauyn sowie meist auch das ebenfalls verwandte Mineral Sodalith hinzu. Ebenfalls charakteristisch ist das Auftreten von Pyritkriställchen, die die blaue Grundmasse regellos mit goldgelben Funken durchziehen und so zur Schönheit des Materials beitragen.

Fast immer findet sich in wechselnden Mengen auch Calcit und/oder Dolomit, die in Form von Marmor auch stets das "Muttergestein" des Lapislazulis bilden. Lapislazuli tritt dabei meist in derber, massiver Form innerhalb langgestreckter Linsen auf, die mehrere hundert Meter Ausdehnung erreichen können und bis zu mehreren Metern mächtig werden. Daneben kommen auch voluminösere Lapislazulimassen vor, so etwa in Ovalen in den chilenischen Anden. Innerhalb der Linsen ist das Material nie durchgehend blau, sondern bildet in der Farbe variierende Lagen, wobei qualitativ hochwertige tiefblaue Abschnitte relativ selten sind. Neben dieser massiven Ausbildung tritt Lasurit - also das farbgebende Mineral - gelegentlich auch in gut ausgebildeten tiefblauen rhombendodekaedrischen Kristallen auf, die bis mehrere Zentimeter Größe erreichen können und von weißem Marmor umgeben sind. Früher als große mineralogische Seltenheit bezeichnet, fanden solche optisch attraktiven Stufen aus Afghanistan in den letzten Jahren vermehrt den Weg auf europäische Mineralienbörsen.

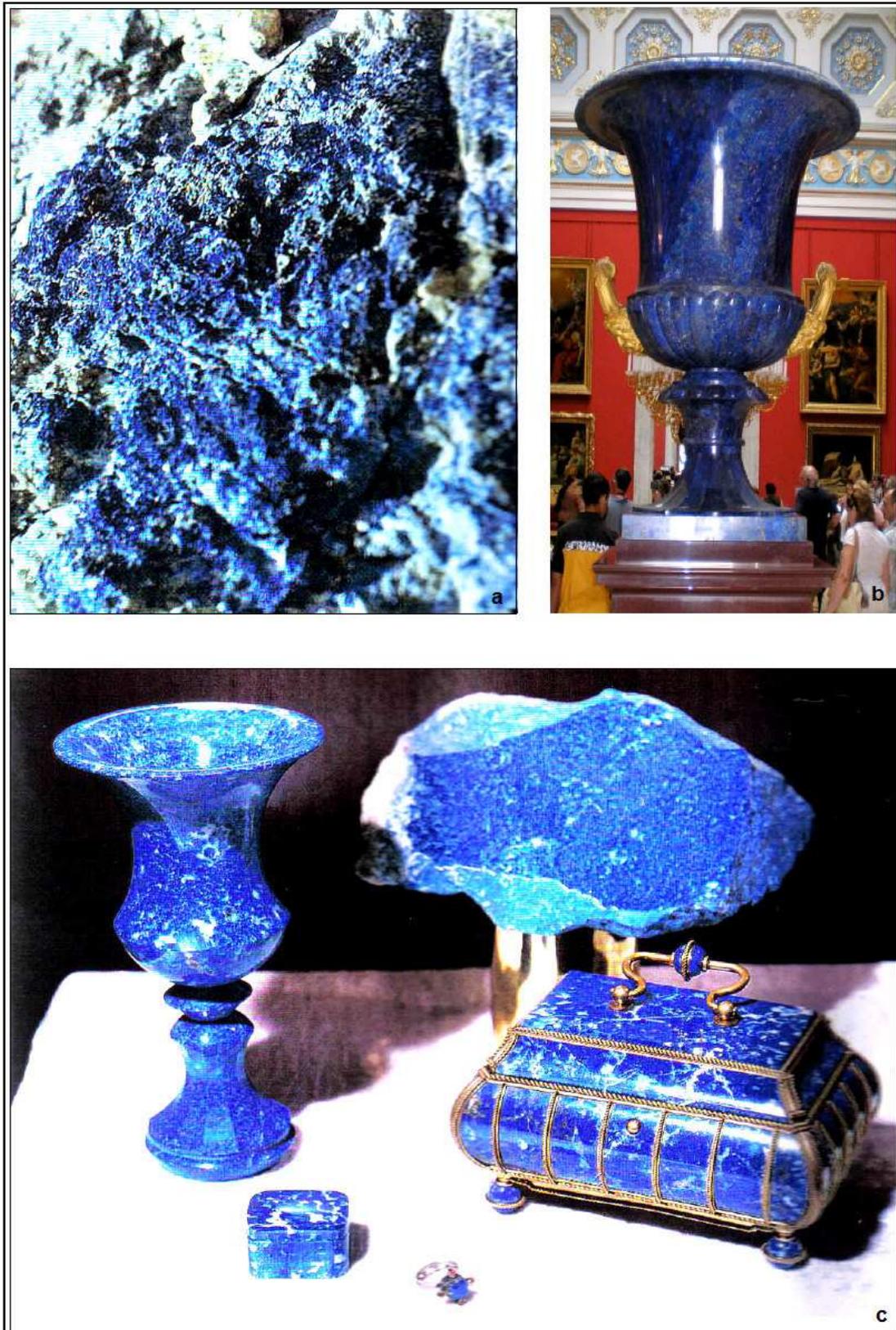
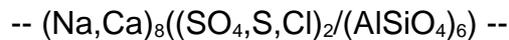


Abb. 1 : Beispiele von Lapislazuli aus dem Baikalseegebiet im rohen und verarbeiteten Zustand (aus : SAMSONOV 1993 u.a.)



Betrachtet man die chemische Zusammensetzung des Lasurits :

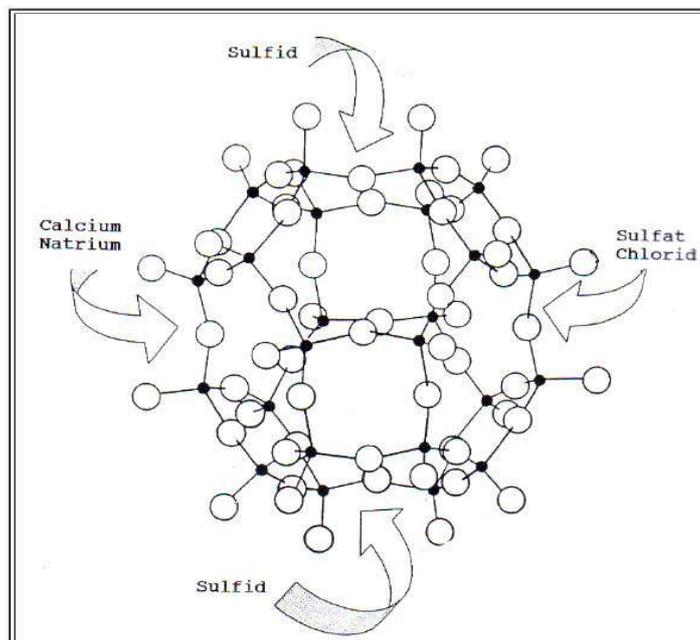


so erscheint zunächst die Ursache der Blaufärbung rätselhaft, da keines der üblichen farbgebenden Metalle wie Eisen, Kupfer oder Chrom in der Formel erscheint.

Wie die anderen Spezies der Mineralgruppe - Sodalith, Hauyn und einige weitere - bildet das Kristallgitter des Lasurits jedoch eine sehr lockere Käfigstruktur aus Silikat -SiO<sub>4</sub> und Aluminat -AlO<sub>4</sub> Tetraedern, (Abb. 2), in die nun verschiedene Moleküle in wechselnden Mengen eingelagert werden können. Entsprechend der bei der Kristallisation in diese offene Käfigstruktur vorwiegend eingebauten Kationen und Anionen entstehen dabei :

- bei vorwiegenden Chlorideinbau : Sodalith\*  $\text{Na}_8\text{(Cl}_2\text{/(AlSiO}_4\text{)}_6\text{)}$
- bei vorwiegenden Sulfateinbau : Nosean  $\text{Na}_8\text{(SO}_4\text{/(AlSiO}_4\text{)}_6\text{)}$
- bei Sulfat und Calciumeinbau : Hauyn  $\text{(Na,Ca)}_8\text{(SO}_4\text{/(AlSiO}_4\text{)}_6\text{)}$

und bei vorherrschenden Sulfideinbau eben der tiefblau gefärbte Lasurit. Die blaue Farbe ist somit eindeutig auf das Eintreten von Sulfidionen in die Kristallgitterstruktur zurückzuführen. Hierfür spricht auch das reichliche Vorkommen von Sulfidionen in Form von Pyrit und weiteren Sulfiden und Sulfaten auf den bekannten Lapislazulilagerstätten - bis hin zu gelegentlich auftretenden elementaren Schwefel. Schließlich weisen auch die synthetischen schwefelhaltigen Ultramarinfarbstoffe ein dem natürlichen Lapislazuli sehr ähnliches Kristallgitter mit Sulfidionen auf.



**Abb. 2 : Kristallgitter des Lapislazuli : gezeigt ist nur die "offene" Käfigstruktur, in die sich andere Kationen (Na,Ca) und Anionen (Cl, SO<sub>4</sub>, S) einlagern können**

-----

\* = wobei Sodalith und Hauyn häufig - vermutlich durch zumindestens teilweisen Einbau von Schwefel - ebenfalls blau gefärbt sind, vergleiche die Anmerkungen zu den Konkurrenzprodukten weiter unten.



Physikalisch weist das Material Lapislazuli eine relativ große Mohs - Härte von 5 - 5 1/2 auf sowie eine schlechte Spaltbarkeit. Das Mineral lässt sich gut polieren und ist chemisch resistent gegen schwache anorganische und organische Säuren und Laugen.

Besonders hervorzuheben ist die völlige Lichtechtheit des Lapislazulis : auch über sehr lange Zeiträume hinweg behält das Mineral seine tiefblaue Farbe und bleicht nicht aus. Als weniger günstig muß seine Empfindlichkeit gegenüber stärkeren Säuren und Laugen angesehen werden.

### **Vorkommen und Lagerstätten von Lapislazuli :**

Trotz seiner kulturhistorischen und wirtschaftlichen Bedeutung als eines der wenigen natürlichen Gesteine/Mineralien mit intensiven Blauton\*, wurden bisher weltweit nur wenige Lapislazuli - Lagerstätten entdeckt. Dies ist umso erstaunlicher, als Lapislazuli eben durch seine ungewöhnliche Farbe auffällt und daher leicht entdeckt werden sollte. Man muß daher davon ausgehen, dass es zur Bildung von Lapislazuli ganz spezieller Bedingungen bedarf, die sich weltweit nur unter ganz besonderen geologischen Verhältnissen realisiert finden, wie noch zu zeigen sein wird.

Einen Überblick über die wichtigsten Lapislazuli - Lagerstätten gibt folgende Tabelle 1, die zugehörige Karte findet sich als Abbildung 3. Hierbei wurden produzierende und wichtige Lapislagerstätten durch ausgefüllte rote Kreise, weniger wichtige Vorkommen durch leere Kreise und Vorkommen ausschließlich mineralogischer Bedeutung als rote Punkte dargestellt.

Betrachtet man die Verbreitung der Lapislazulivorkommen, so fällt auf, dass diese eine deutliche Affinität zu abgelegenen Regionen, großen Berghöhen und/oder klimatisch ungünstigen Gebieten haben. Tatsächlich wurde bisher keine einzige wirtschaftlich abbaubare Lagerstätte in gemäßigteren Klimazonen gefunden. Dieser überraschende Befund könnte damit erklärt werden, dass Lapislazulivorkommen an junge Faltengebirge gebunden sind. Dies ist allerdings nur teilweise der Fall (Afghanistan, Anden, Rocky Mountains), während die russischen und kanadischen Vorkommen geologisch ausgesprochen alt sind. Eine plausible Erklärung für die ausgesetzte Lage fast aller bekannten Lapislazulivorkommen steht somit noch aus.

Im Folgenden wird auf die einzelnen Lagerstätten und Vorkommen des Lapislazulis näher eingegangen.

----

\* = als weitere gewinnbare Blauminerale mit ähnlichen Eigenschaften, jedoch unterschiedlichen und in der Regel blässeren Farbtönen sind unter anderem zu nennen : Sodalith, Dumortierit, gelegentlich Azurit sowie blaue Quarzite



## Afghanistan :

Die Vorkommen im Kokchatal in Afghanistan stellen die klassische Fundstelle für Lapislazuli sowohl in Hinblick auf Alter als auch hinsichtlich Qualität dar. Der Abbau dieser Lagerstätte gehört dabei zu den frühesten bekannten Bergbauaktivitäten überhaupt, wurden doch bei archäologischen Ausgrabungen im Indus 9000 Jahre alte Schmuckstücke aus Lapislazuli gefunden, die zweifellos aus den afghanischen Lagerstätten stammen. Die Lapisgruben von Sar-e-Sang und Umgebung stellen somit wahrscheinlich die am längsten kontinuierlich betriebenen Bergwerke der Welt dar !

Während der gesamten Antike stand dieser Bergbau in Blüte und Lapislazuli wurde von hier aus in die gesamte antike Welt versandt, wo er in Ägypten, Griechenland, Mesopotamien und Rom zu Schmuckstücken unterschiedlichster Art verarbeitet wurde. Mit dem Zusammenbruch des römischen Weltreiches endete diese erste Blütezeit, obwohl in Afghanistan durchaus weiterhin Lapislazuli abgebaut wurde.

Vorkommen :	Lage :	Koordinaten :	Höhe über NN :	bekannt seit :	Abbausaison :	Produktion : (pro Jahr)	Qualität :	Bemerkungen :
<b>Afghanistan :</b>								
Sar-e-Sang	NE - Afghanistan	70°54' N 36°23' E	2700 - 3400	7000 v. Chr.	Juni - September	ca. 500 t *	sehr gut	
Duk, Sakhi	NE - Afghanistan	"	ca. 3900	7000 v. Chr.	liegt still	0	gut	geringe Größe
Chelemak	NE - Afghanistan	"	3500	7000 v. Chr.	liegt still	0	sehr gut	
<b>GUS :</b>								
Sludyanka	Südende Baikal - see	51°45' N 103°35' E	500 - 700	1777/1933	Sommerhalbjahr	gering	mittel - gut	
Malaya Bystraya	Khamardaban - Berge	51°45' N 103°40' E	800	1851	Sommerhalbjahr	gering	"	
Pamir		?	5000	1930	kein Abbau	keine	gut	sehr abgelegen
<b>Chile/Argentinien :</b>								
	Flor de los Andes/ Ovale	31°15' S 70°32' W	3600	1500 v. Chr./ 1850	Januar - März	ca. 200 t *	mittel - gut	
<b>USA :</b>								
Cascade Canyon	San Bernardino Co./ Kalifornien	34°13' N 117°37' W	500	vor 1900	Sommerhalbjahr	gering	schlecht	
Big Horn Mine	Los Angeles Co./ Kalifornien	?	3000	1979	Sommerhalbjahr	4 - 6 t ?	gut ?	Angabe ist fraglich
Italian Mountain	bei Aspen / Colorado	106°42' N 39°04' W	3500 - 4000	1939/ 1972	Juni - Oktober	gering	mittel	sehr abgelegen und hoch
<b>Canada :</b>								
	Lake Harbour / Baffin Island	70°00' N 62° 44' W	200 - 300	um 1900/ 1967	Mai - September	gering	schlecht	
						* schwankt stark		

**Tab. 1 : Topographische und wirtschaftliche Basisdaten der wesentlichen Lapislazuli - Vorkommen**



Der Handel mit Europa wurde hingegen erst in der Renaissancezeit wiederbelebt. Seine zweite Blütezeit erlebte der afghanische Lapislazulibergbau seit Mitte des 19.ten Jahrhunderts. Die afghanischen Lapislazuli - Lagerstätten gruppieren sich um den zentralen "Lapis" Ort Sar-e-Sang\* im nordwestlichen Hindukusch in der Provinz Badakshan (vgl. Abb. 5). Trotz seiner wirtschaftlichen Bedeutung besteht das auf 2450 m über NN liegende Bergdorf Sar-e-Sang heute noch aus nur wenigen Häusern, die als Versorgungslager für die noch höher liegenden Lapisgruben dienen. Aus einer Publikation von WEERTH (1994) sei hierzu zitiert :

*" Die unwirtliche kahle Landschaft und die schwere Zugänglichkeit lassen kaum vermuten, daß hier seit fast 10.000 Jahren "Bergbau" betrieben wurde, der den Rest der bekannten Welt mit Lapislazuli versorgt hat. Dies wird erst verständlich, wenn man erfährt, daß in weit zurückliegender Zeit ein wichtiger Handelsweg von Kabul kommend, über den Anjoman - Paß (rund 4400 m über NN) zur Seidenstrasse führte. Korano Munian, oberhalb von Sar-e-Sang gelegen, bildete in der Antike einen Knotenpunkt dieser Karawanenwege."*

Zweifellos hat diese sehr zentrale Lage an einem Kreuzungspunkt ehemals bedeutender Handelswege zu einer raschen Verbreitung des Lapislazulis in der antiken Welt geführt, beziehungsweise machte den lohnenden Abbau des Mineralen überhaupt erst möglich. Heute liegt Sar-e-Sang dagegen sehr abgelegen und ist - falls es die politischen Umstände des afghanischen Bürgerkrieges zulassen - von Kabul oder Pakistan aus nur in einer mehrtägigen Reise zu erreichen, deren letzte Etappe auf Pferderücken zurückzulegen ist.

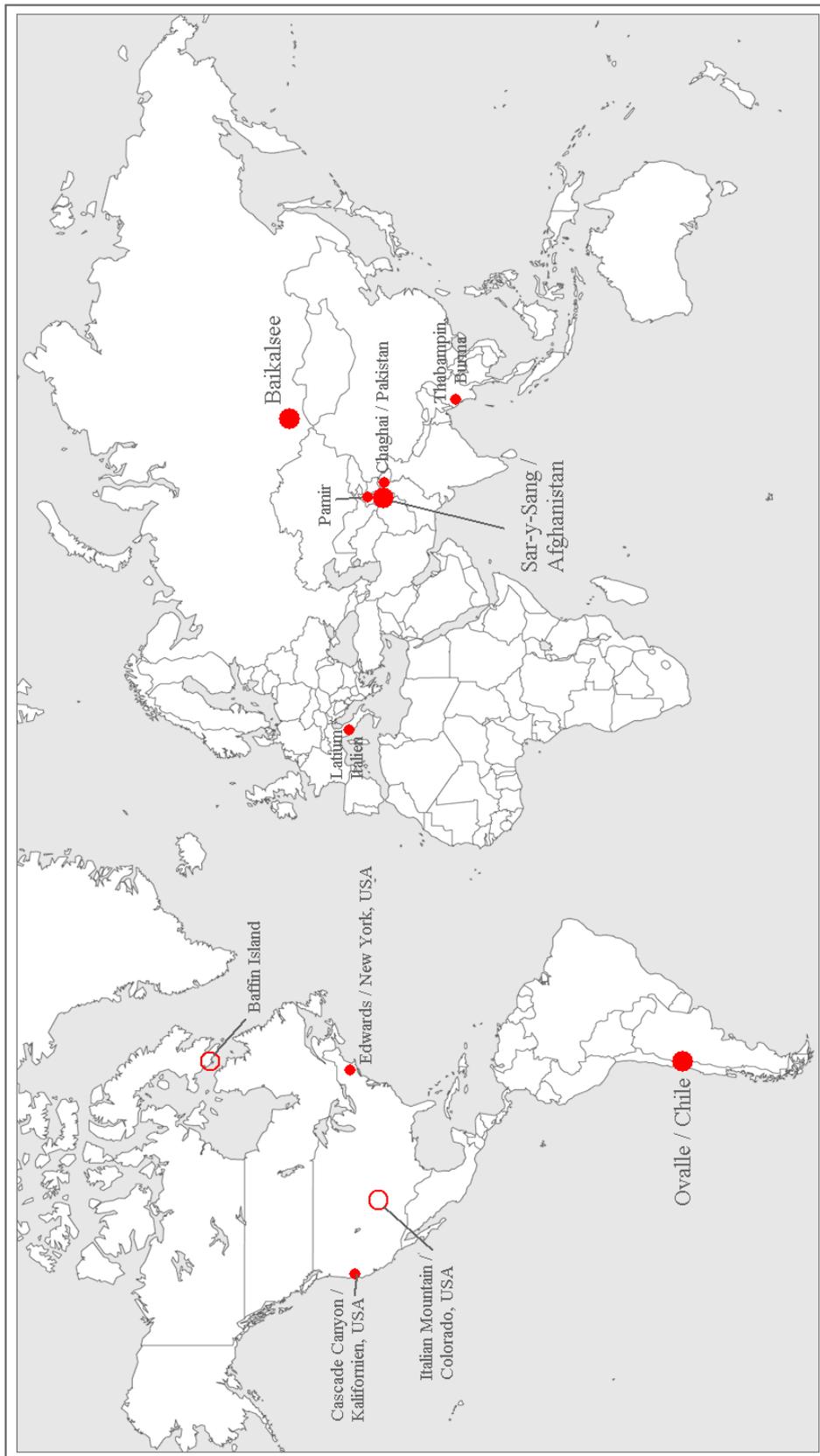
Die Hauptlapisgruben selbst liegen auf etwa 3000 m Höhe und bestehen aus zahlreichen Stollenbauen, in denen der Lapislazuli viele Jahrhunderte lang durch Feuersetzen\*\* gewonnen wurde. Erst seit wenigen Jahrzehnten wird Sprengtechnik eingesetzt. Die Abbausaison ist dabei aufgrund des rauen Gebirgsklimas auf die Sommermonate Juni bis September beschränkt.

Der Abbau des afghanischen Lapislazuli erfolgt nach europäischen Maßstäben auch heute noch in sehr unorganisierter Form. Um die kriegerischen Auseinandersetzungen der letzten Jahrzehnte in dieser Region zu finanzieren, verpachten die örtlichen Bergstämme die Abbaurechte an Interessenten für die beträchtliche Summe von 100.000 US \$ pro Monat (WEERTH 1994). Bei dieser geforderten Summe und den doch sehr unsicheren Verhältnissen im Land ist es nicht verwunderlich, das sich nur wenige Unternehmer finden, die bereit sind, einen Abbau zu beginnen. So war in der Saison 1994 nur eine einzige von sieben größeren Stollenbauen in Betrieb, in denen mittels Dieselkompressor und brisanten Sprengstoffen Lapis abgebaut wurde. Gefördert wird dabei in zwei Schichten von je 12 Stunden, um die knappe Sommerzeit bestmöglich auszunutzen. Hierbei trägt nach WEERTH jeder Bergmann am Ende der Schicht rund 60 kg Lapislazuli guter Qualität zu Tal. Sie werden anschließend nach Peshawar verfrachtet, wo sich auf dem "Namak Mandi" (= Salzmarkt) der weltweit größte Handelsplatz für Lapislazuli befindet.

----

\* = in der Literatur mitunter auch als Sar y Sang, Sar i Sang oder Sar i Sung bezeichnet

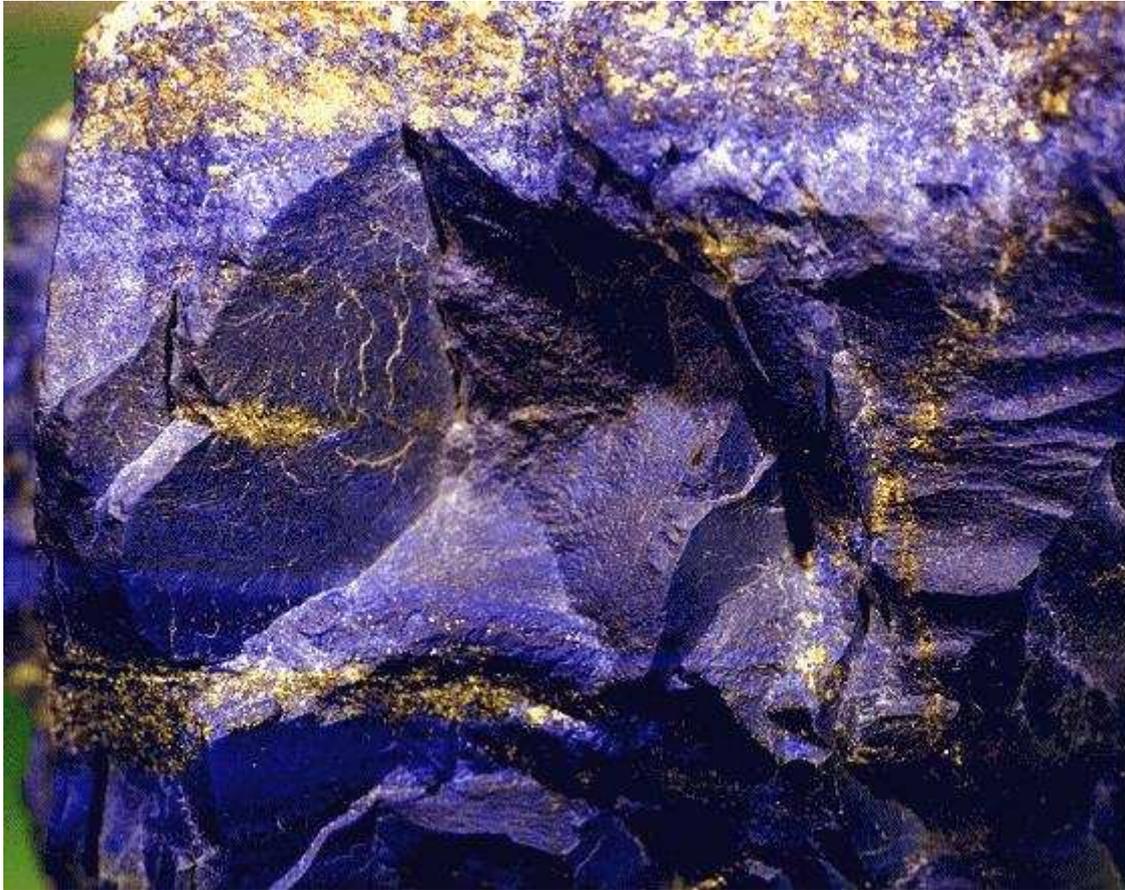
\*\* = Als Feuersetzen wird ein bereits seit der Antike praktiziertes Abbauverfahren bezeichnet, bei der ein Feuer am abzubauenen Erz oder Gestein angefacht wird und das heiße Wertmineral nach dem Ausbrennen mit Wasser abgeschreckt wird, sodaß es abplatzt oder zumindestens mürbe genug für den manuellen Abbau mit Hammer und Meißel wird.



**Abb. 3 : Geographische Verteilung von Lapislazuli : bedeutende Lagerstätten / im Abbau = rote, volle Kreise; weniger bedeutende Vorkommen = rote leere Kreise; nur mineralogisch von Interesse = rote Punkte**



Die Größe der in Sar-e-Sang gewonnenen und in Peshawar gehandelten Lapisstücke ist dabei jedoch relativ klein. WEERTH (1994) bezeichnet ein Stück in "afghanischer Teetischgröße" als ungewöhnlich groß.



**Abb. 4 : Typisches Beispiel für eine Stufe afghanischen Lapislazulis bester Qualität mit typischen Pyriteinschlüssen**  
(Quelle : Internet)

Auch wenn keine konkreten Zahlen verfügbar sind, so lässt sich, unter der Annahme das im heutigen Lapisabbau wegen Bewetterungsschwierigkeiten nicht mehr als 30 Bergleute gleichzeitig mit der Lapisgewinnung beschäftigt sind und 90 Tage im Jahr gefördert wird, folgende Überschlagsrechnung aufstellen :

$$30 \text{ Arbeiter} \times 60 \text{ kg} \times 2 \text{ Schichten/Tag} = 3,6 \text{ t Lapis/Tag}$$

$$90 \text{ Fördertage/Jahr} \times 3,6 \text{ t} = 324 \text{ t Lapis/Jahr}$$

Eine Gesamtproduktion von etwa 320 t afghanischen Rohlapis pro Jahr erscheint somit wahrscheinlich. Zweifellos schwanken diese Zahlen von Jahr zu Jahr beträchtlich, da sich mal mehr, mal weniger Abbaustellen in Betrieb befinden werden. Offensichtlich kam es dabei in den letzten Jahren zu einer erheblichen Produktionssteigerung, die in jüngster Zeit zu einem erheblichen Preisverfall von afghanischen Lapislazuli geführt hat.



Die Entstehung der afghanischen Lapislazuli - Lagerstätten ist umstritten und die geologischen Erkenntnisse nach wie vor lückenhaft, obwohl YURGENSON & SUKHAREV 1985 erste genauere geologische Daten der Einzelvorkommen lieferten. Demzufolge findet sich der Lapislazuli in Badakshan stets in dolomitischen Marmoren der Sakhi - Formation, die Teil der präkambrischen Sanglich - Gruppe ist. In der stark metamorph überprägten Sakhi - Formation treten verschiedene granitische Intrusivkörper auf, an deren Kontakt sich Lapislazuli Linsen befinden, die 2 - 3 m lang und bis zu 30 cm mächtig werden können. Größere, zonierte Linsen treten in diopsidreichen Gesteinen auf, wobei hier der Lapislazuli bis zu 20 m lange und bis zu 0,8 m mächtige Körper bildet. Die wichtigsten Vorkommen, zu denen auch das Hauptlager von Sar-e-Sang gehört, liegen direkt am Kontakt des Dolomitmarmors zu Gneisen, wobei sich der Kontakt je etwa zur Hälfte aus Kalksilikatfelsbändern und Lapislazulibändern aufbaut. Die Länge der stark an- und abschwellenden Lapislazuli - Linsen kann dabei mehrere hundert Meter betragen, die Mächtigkeit stellenweise bis zu sechs Metern. Neben den begehrten tiefblauen Lagen – vgl. obige Abbildung - tritt der Lapislazuli dabei auch in hellblauen, violetten und grünblauen Farbtönungen auf, die indessen weit weniger geschätzt und meist auf die Halden geworfen werden.

Hinzuweisen ist schließlich noch auf die im Kalksilikatfels und im Marmor vorkommenden, bis zu 5 cm großen, meist rhombendodekaedrischen tiefblauen Kristalle reinen Lasurits, die früher als große Seltenheit galten, in den letzten Jahren jedoch häufiger auf europäischen Mineralienbörsen angeboten werden.

Neben dem Hauptvorkommen von Sar-e-Sang werden in der Literatur mehrere kleinere und mittelgroße Lagerstätten in der näheren und weiteren Umgebung aufgezählt. Zu nennen sind Chelemek (oder Chalmak) etwa 3 - 4 km von Sar-e-Sang, Sakhi, Derava-Bolo, Duk sowie ein weitere Vorkommen in den Chaghai - Bergen der pakistanisch - afghanischen Grenzregion. Sämtlichen Vorkommen ist eigen, das sie entweder deutlich kleiner als Sar-e-Sang sind oder noch schwerer zugänglich.

Exakte Vorratsberechnungen liegen über die afghanischen Lapislazulivorkommen nicht vor. Einer Schätzung des Südasien - Institutes der Universität Heidelberg zufolge beziffern sich die Vorräte auf 2700 Tonnen. Diese Angabe erscheint jedoch viel zu gering, da - wie oben gezeigt - die jährliche Fördermenge bei nur einem Abbaubetrieb - bereits bei mehr als 300 Tonnen liegen kann. Obwohl eine gründliche geologische Erkundung der afghanischen Lapislazulivorkommen mit Bohrungen offensichtlich bisher nicht stattgefunden hat, ist angesichts des Vorhandenseins mehrerer Teillagerstätten von einer geologischen Reserve von mindestens mehreren 10.000 t abbauwürdigen Lapislazuli auszugehen.

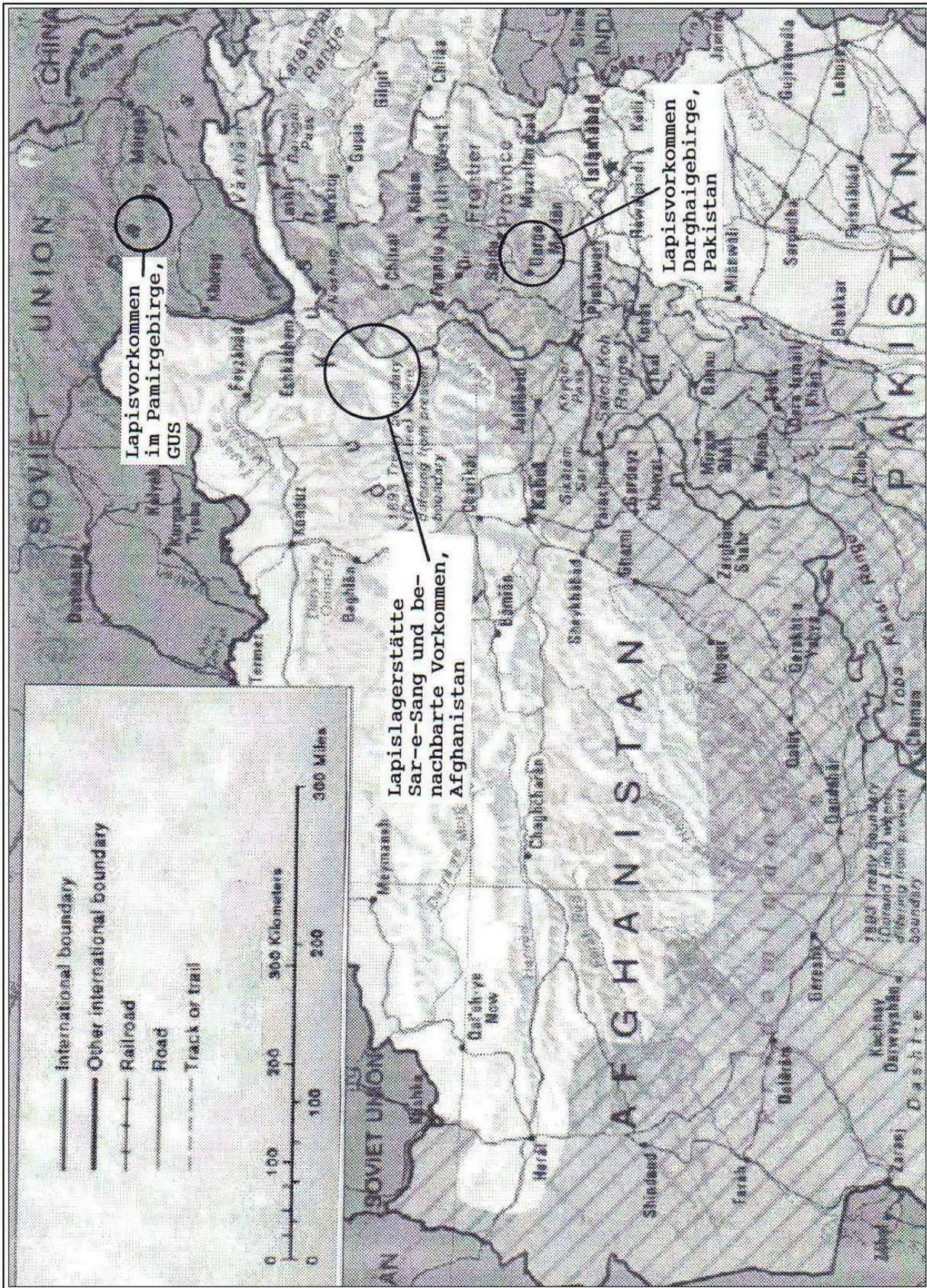


Abb. 5 : Die "Lapislazuliprovinz" im Grenzgebiet Afghanistan - Pakistan und der GUS



## Chile / Argentinien :

Die bereits den Inkas bekannte Lapislazuli - Lagerstätte "Flor de los Andes" (= Blume der Anden) ist neben Sar-e-Sang derzeit weltweit die einzige Lagerstätte, in der Lapislazuli regelmässig und in großen Umfang abgebaut wird. Die Lagerstätte liegt auf 3600 m Höhe im Bereich der Hochanden unmittelbar an der chilenisch - argentinischen Grenze. Vermutlich zieht sie unter dieser hinweg, da in jüngster Zeit von Lapisfunden auf der argentinischen Seite des Andenkammes berichtet wurde.

Die Qualität des hier in den Südsommermonaten Januar - März gewonnenen Lapislazulis ist generell niedriger als die der afghanischen Vorkommen, wobei der Blauton des chilenischen Lapis meist etwas ins Graue hinein tendiert. Chilenische Spitzenstücke lassen sich jedoch durchaus mit afghanischen Material vergleichen. Der Abbau erfolgte in den letzten Jahren durch eine amerikanisch - chilenische Dachgesellschaft, die Compania Minera Lapis Chile S.A, nach anderen Angaben aus dem Internet durch die LAS FLORES DE LOS ANDES S.A.). Folgende Produktionszahlen liegen aus den 1990er Jahren vor :

1990 : 192 t
1991 : 450 t
1992 : 138 t
1993 : 250 t
1994 : 218 t
1995 : 190 t
1996 : 150 t
1997 : 118 t

Quelle : SERNAGEOMIN, COCHILCO

Der Wert der Produktion schwankt dabei bei einer mittleren Jahresförderung von 213 t zwischen 5,8 und 17,4 Millionen US\$, wobei außer der Fördermenge zweifellos auch die Qualität des abgebauten Lapislazulis preisbestimmend ist. Im Gegensatz zu den afghanischen Vorkommen wird das chilenische Lapisvorkommen erheblich professioneller abgebaut, auch wenn die große Höhe zu erheblichen Improvisationen zwingt. Während noch vor wenigen Jahren das Material mit Maultieren ins Tal gebracht werden mußte, wurde Anfang 1994 eine Piste zur Lagerstätte gebaut, sodaß diese heute in den Sommermonaten mittels geländegängiger Fahrzeuge erreichbar ist. Abbildung 6 zeigt eine dankenswerterweise von Herrn P. SANDVOSS / Empelde zur Verfügung gestellte Aufnahme, die einen guten Eindruck der Abbausituation in 3600 m Höhe vermittelt. Deutlich zu erkennen sind die umfangreichen Halden aus geringer wertigen Lapislazuli, die anscheinend seit der Inkazeit aufgehäuft wurden. Von Herrn SANDVOSS vorgelegte Proben dieses Haldenmaterials zeigen aber immer noch hinreichend gute Blautöne für zahlreiche Verwendungen. So scheint zum Beispiel das blaue Haldenmaterial als Brechgut für den Einsatz in Betonwerksteinplatten durchaus geeignet zu sein.



Abb. 6 : Ansicht des Minenareales Flor de los Andes  
am chilenisch - argentinischen Grenzkaum  
mit deutlich erkennbaren Halden im Frühjah  
1994 (Foto : PETER SANDVOSS, Empelde)



**Abb. 7 : Blockgewinnung von Lapislazuli in der „Flor de los Andes“ Mine bei Ovalle, Chile**  
Fotoquelle : unbekannt

Obige Abbildung 7 gibt einen guten Einblick in die moderne Gewinnung von Lapislazuli – Blockware im Bergwerk „Flor de Los Andes“ die weltweit vermarktet werden. Das in der Flor de los Andes Mine in den Monaten Januar bis März gewonnene Material wird per Lastwagen nach Santiago de Chile verfrachtet und hier in einer mit norwegischer Unterstützung im Dezember 1998 neu eröffneten Lapis - Manufaktur weiter verarbeitet. Neben Farbpigmenten werden dabei besonders Lapis - Ornamentsteine für viele verschiedene Zwecke produziert, so als Badezimmereinrichtungen, Bodenplatten, Fliesen, Fensterbänke, Zierleisten etc. Für die nächsten Jahre wird ein deutlicher Absatzzuwachs erwartet, auch soll der Lapisabbau auf der Lagerstätte intensiviert werden.

Betrachtet man die geologische Situation in der Umgebung der Grube Flor de los Andes (Abb.8), so ergibt sich ein für Lapislazuli - Lagerstätten ganz typisches Bild, bei dem die Lapisvorkommen an einem langgestreckten Kontakt zwischen Marmoren und Intrusivgesteinen, hier : Monzograniten gebunden sind. Neben Lasurit / Hauyn erscheinen als Hauptbegleitminerale die Kalksilikate Wollastonit, Tremolit, Diopsid, Skapolith und Phlogopit sowie die Sulfide Pyrit und Pyrrhotin. Gediegener Schwefel ist an der Lapislazuli - Lagerstätte selbst zwar unbekannt, jedoch tritt er wenige Kilometer weiter südlich am Portezuelo de Azufre in reichlicher Menge auf.



Im Gegensatz zu den afghanischen Vorkommen tritt der chilenische Lapislazuli kaum lagenförmig auf. Vielmehr bildet er massige Körper in Verbindung mit basischen Ganggesteinen, die den Marmor durchziehen. Hierdurch lassen sich größere, homogene Blöcke bis hin zu mehreren Kubikmetern gewinnen. So wurden 1994 von einem österreichischen Unternehmer aus Linz an der Donau große Blöcke gewonnen, in schützenden Gips gehüllt und nach Österreich verschifft. Dort wurden dann aus dem Rohlapis komplette Badezimmereinrichtungen für den Export in die Arabischen Emirate gefertigt.

Ein weiterer Unterschied zu den afghanischen und den noch zu behandelnden anderen Vorkommen liegt im vergleichsweise jungen Alter der chilenischen Lapis - Lagerstätte. Die heutigen Marmore lassen sich auf mesozoische Kalksteine zurückführen, die Intrusivgesteine sind mit einem Alter von knapp 25 Millionen Jahren als jungtertiär einzustufen. Der schwefelreiche Vulkanismus der Gegend, der letztlich wohl für die Entstehung des Lapislazulis verantwortlich ist, wurde sogar auf nur maximal 14 Millionen Jahre datiert.

Die Vorräte der Lagerstätte sind trotz teilweise gegenteiliger Meinungen als beträchtlich anzusehen, obwohl es bisher noch keine systematische Lagerstättenbewertung gegeben hat. Zweifellos kann man jedoch von mehreren 10.000 Tonnen geologischen Reserven an Rohlapis ausgehen.

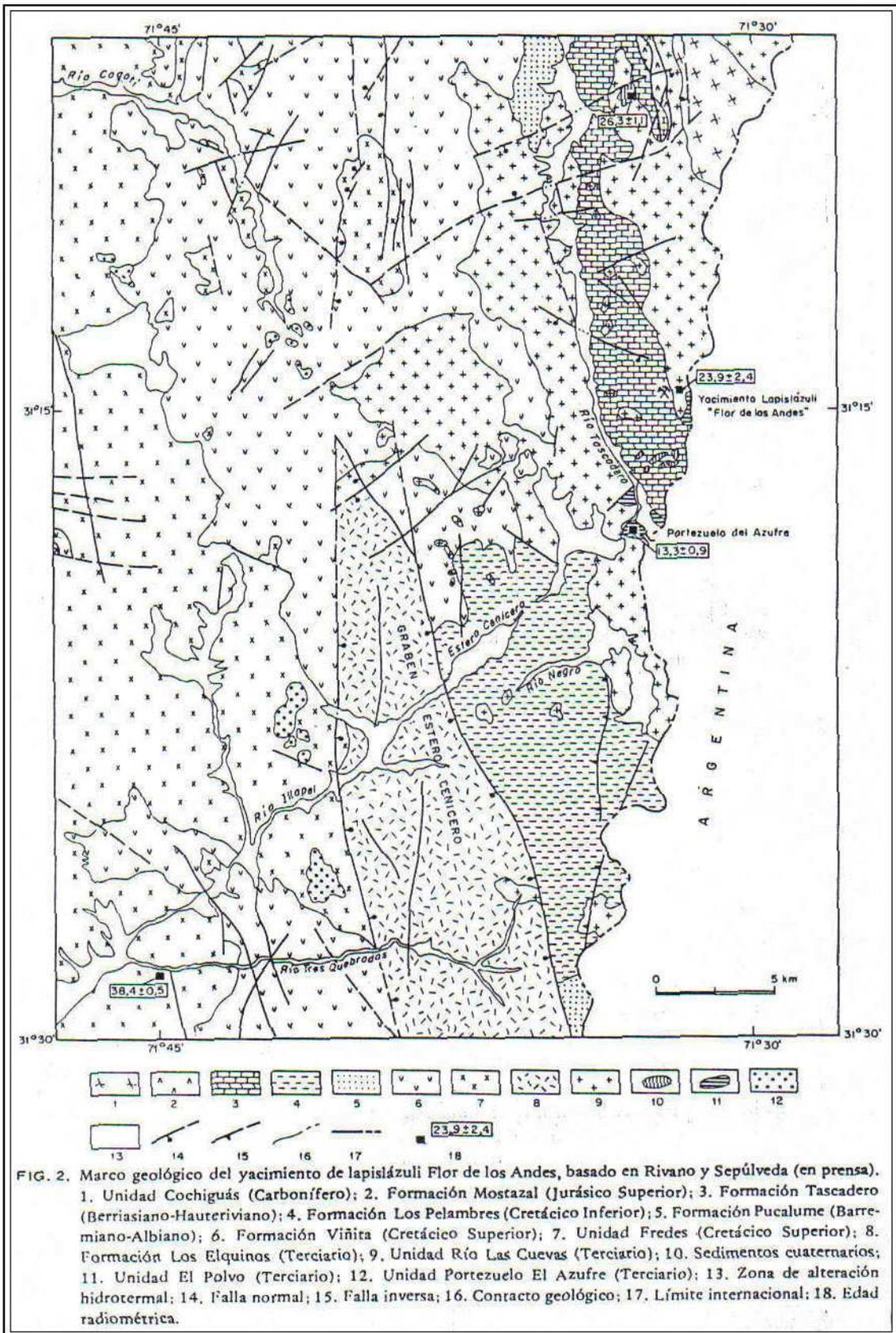


Abb. 8 : Lage und Geologie der Lapislazuli-Lagerstätte "Flor de los Andes" im nördlichen Chile (aus : CUITINO 1986)



## Russland und GUS – Staaten :

Neben den Lapislazuli - Lagerstätten in Afghanistan und Chile existiert eine dritte klassische Gruppe von Vorkommen, die sich am Südende des Baikalsees konzentrieren. Es handelt sich um die relativ eng benachbarten Einzelvorkommen von Sludyanka, Malaya Bystraya, Tultuysk und Ladghvardarinskoe. Nachrichten über Lapislazulifunde in "Sibirien" fanden ihren Weg bereits um die Mitte des 18. Jahrhunderts nach St. Petersburg, dem Sitz der damaligen Zarenresidenz. Eine daraufhin durch die Zarin Katharina die Grosse ausgesandte Expedition unter Erik LAXMANN gelang es 1787 tatsächlich, Lapislazuliblöcke in mehreren Flußbetten im Bereich des südlichen Baikalsees auf etwa 500 - 700 m über NN zu entdecken. Wenig später wurden auch die primären Vorkommen bei Sludyanka entdeckt und 1851 eine weitere große Lapislagerstätte im wenig entfernten Malaya Bystraya. Lapislazuli erfreute sich im Zarenreich einer großen Wertschätzung und diente zur Herstellung zahlreicher Ziergegenstände und zur Wandvertäfelung von Repräsentationsräumen in Petersburg. Hierzu wurden aus der Lagerstätte von Malaya Bystraya in drei Abbauperioden bis Ende des letzten Jahrhunderts insgesamt etwa 50 Tonnen Lapis gewonnen (HOGARTH 1970). Danach galten die Lagerstätten als ausgebeutet, bis in den 30er und den 60er Jahren dieses Jahrhunderts ausgedehnte systematische Explorationsarbeiten erheblich größere Vorräte nachweisen konnten.

Bis heute ist es jedoch nicht wieder zu einer Aufnahme des Abbaus in größerem Stil gekommen, zumindestens wird Lapislazuli aus Russland auf dem westeuropäischen Markt kaum gehandelt. Es gibt jedoch Hinweise auf einen Abbau in kleinerem Maßstab zur Versorgung des innerrussischen Marktes. Die Qualität des russischen Lapislazuli ist dabei grundsätzlich gut. Allerdings findet sich der farbgebende Lasurit weniger dispers verteilt als in den chilenischen und afghanischen Vorkommen, sondern meist in Form einzelner, größerer Kristallite in grauweißer Matrix. Zwar finden sich auch größere massive Lasuritaggregate bis zu 0,5 Tonnen Gewicht, jedoch bleiben diese relativ selten. So liegt die Gesamtmenge des Lasurits im Gestein von Malaya Bystraya selbst in den besten Teilen nur bei etwa vier Prozent. Der geringe Anteil massiven Lapislazulis wird wohl auch der Hauptgrund dafür sein, das bisher kein moderner Abbau im größeren Stil stattgefunden hat.

Die Lapislagerstätten am Baikalsee liegen jeweils am Kontakt gefalteter Marmore zu Syeniten, bzw. in Sludyanka zu Graniten, also wiederum am Kontakt zwischen Marmor und einem Intrusivgestein. Das reichliche Vorkommen von Pyrit sowie das gelegentliche Auftreten von elementarem Schwefel beweisen auch hier die Wichtigkeit von Sulfidionen bei der Bildung von Lapislazuli. Das Alter der Marmore und der Intrusivgesteine wird dabei als präkambrisch - frühkambrisch eingestuft. Es handelt sich somit bei den Lapisvorkommen am Baikalsee um geologisch alte Bildungen.

Abschließend lässt sich zusammenfassen, das die Lapislazuli - Vorkommen am südlichen Baikalsee zwar aus heutiger Sicht relativ leicht zugänglich sind und auf vergleichsweise niedriger Höhe liegen, jedoch ihre Qualität gegenüber den afghanischen und selbst den chilenischen Vorkommen als deutlich geringer einzustufen ist.



Wenige Informationen liegen über ein weiteres Lapislazuli - Vorkommen vor, das bei einer geologischen Expedition in das Pamirgebirge 1930 entdeckt wurde. Zwar soll die Qualität des Lapislazuli vorzüglich sein, jedoch gestattet die große Höhe von über 5000 m Höhe (!) und die Abgelegenheit kaum eine wirtschaftliche Entwicklung dieses Vorkommens.

## **Nordamerika :**

Erst in diesem Jahrhundert wurden in Nordamerika mehrere Lapislazuli - Vorkommen entdeckt, die jedoch in ihrer Gesamtheit entweder qualitativ schlecht sind oder nur wenig Material liefern konnten. Zu nennen sind :

### **Ontario Peak / Cascade Canyon in Kalifornien :**

Bereits vor 1900 wurde ein kleines Lapisvorkommen am Ontario Peak im San Bernardino County / Kalifornien entdeckt, das auch unter dem Namen Cascade Canyon bekannt ist. Unter der heute nicht mehr verständlichen Annahme, das es sich bei dem blauen Gestein um Silbererz - vielleicht wegen der darin enthaltenen Pyritkörner ? - handele, wurde dieses versuchsweise abgebaut.

Erst um 1913 erkannte man den wahren Charakter dieses "Erzes" und begann mit einem neuen Abbauersuch. Da die hellblau gefärbten Lasuritkörner sich jedoch auf einen wenige cm mächtigen Kontaktbereich zwischen Marmor und Kalksilikatfels beschränken, war auch dieser Unternehmung kein dauerhafter Erfolg beschieden. Bis heute besteht jedoch ein Gewinnungsrecht auf diesem Kleinvorkommen und gelegentlich wird noch Abbau in geringen Umfang betrieben. Das Vorkommen wurde in mehreren Publikationen beschrieben, von denen besonders POPENOE (1982) zu erwähnen ist.

Die typisch tiefblaue Farbe des Lapislazulis tritt bei diesem Vorkommen übrigens erst in angewitterten Partien auf, was auf eine Art "Auswaschung" von Karbonat und somit auf eine relative Anreicherung des farbgebenden Lasurites während des Verwitterungsprozesses zurückzuführen ist.

### **"Big Horn Mine" in Kalifornien :**

Ein weiteres kalifornisches Vorkommen wird von WEERTH 1994 erwähnt. Demzufolge soll in einer auf 3000 m Höhe liegenden "Big Horn Mine" seit 1979 in den Sommermonaten etwa 50 kg/Tag Lapis guter Qualität gefördert werden. Die Mine soll unweit der zuvor genannten Lokalität im Los Angeles County liegen.

Diese Angabe einer in Förderung stehenden Lapis - Lagerstätte, die immerhin in einer auf 4 Monate angesetzten Abbausaison etwa 5 Tonnen guten Lapislazuli im Jahr produzieren sollte, konnte indessen nicht bestätigt werden. Weder gibt es Literatur über dieses "beachtliche" Vorkommen noch erbrachte eine Internetrecherche einen entsprechenden Hinweis. Zwar existiert tatsächlich eine Big Horn Mine im fraglichen Gebiet, jedoch handelt es sich bei dieser um eine seit mehreren Jahrzehnten stillliegende Blei-Zinkerzgrube.



### **Edwards, New York :**

Lapislazuli trat hier in dezimetergroßen Linsen beim untertägigen Abbau von reichen Blei – Zinkerzen auf. Die Qualität des gefuindenen Lapislazulis soll dabei sehr hoch gewesen sein. Heute ist das Bergwerk stillgelegt und abgesoffen und die Lapislazulifunde Vergangenheit.

### **Blue Rinkle Mine / Italian Mountain in Colorado :**

Seit 1939 wurden am Italian Mountain in der Nähe des bekannten Wintersportortes Aspen / Colorado mehrere Ausbisse von Lapislazuli entdeckt, die auch hier in einem schwer zugänglichen Bergmassiv auf 3500 - 4000 m Höhe liegen - teilweise bezeichnenderweise direkt am Gipfelgrat ! Hier und an mehreren anderen Stellen bildet der Lapislazuli maximal wenige cm mächtige, über mehrere Zehnermeter zu verfolgende dünne Linsen und Schichten, die eng an die Kontaktzone eines Marmores mit tertiären Quarzmonzoniten und anderen Intrusivgesteinen gebunden ist. Wiederum belegen in etwa einem Kilometer Entfernung befindliche bedeutende Blei - Zinksulfidvererzungen auch hier die reichliche geochemische Verfügbarkeit des Elementes Schwefel.

Ein Abbauersuch in den frühen 70er Jahren endete erfolglos, da die extremen Witterungsbedingungen in dieser Höhe auch im Sommer keinen geregelten Abbaubetrieb zuließen. Auch ein Abbau der tiefer gelegenen Ausbisse erwies sich wegen der geringen Mächtigkeiten der gut gefärbten Lapislagen als nicht wirtschaftlich. Das Vorkommen befindet sich jedoch heute noch unter dem Namen "Blue Rinkle Mine" in Privatbesitz.

### **Four Clover Mine / Nevada :**

Hinzuweisen ist ebenfalls auf einen Eintrag im Bergbaukataster des US Geological Survey, in dem in Nevada ein "Lapisbergwerk" namens Four Clover Mine eingetragen ist. Es handelt sich bei dem abgebauten Mineral jedoch um ein recht exotisch gefärbtes Skarngestein mit moosgrünen Diopsid und rosafarbenen Thulit, für das der Name "Lapis" - der ja letztlich nichts anderes als Stein bedeutet - nur aus verkaufsstrategischen Gründen gewählt wurde.



### **Lake Harbour auf Baffin Island / Kanada :**

Als an sich bedeutende Lagerstätte mit beträchtlichen Vorräten präsentiert sich ein im nordwestlichen Kanada auf Baffin Island liegendes Lapislazulivorkommen, dessen Lage und geologische Situation in Abbildung 9 dargestellt ist. Auch hier liegen langgezogene Lapislinsen in einer geologisch sehr alten Marmor - Kalksilikatfolge, in deren Nachbarschaft kleine Granitpegmatite (also Intrusivgesteine) und Biotitgneise auftreten. Die Lapislinsen weisen dabei eine Mächtigkeit von bis zu 8 m und eine Länge von bis zu 170 Meter auf. Einer wirtschaftlichen Verwertung steht jedoch die generell schlechte Farbe des Lapislazulis sowie dessen starke Rissigkeit entgegen. Während letztere auf die

Vergletscherung im Gebiet zurückzuführen ist, weist die blasse Farbe auf einen Mangel an Schwefel im System hin.

Das in Teilen bereits seit langer Zeit den Inuit/Eskimos bekannte Vorkommen wurde in den 1960er Jahren systematisch exploriert und von HOGARTH (1971, 1978) im Detail beschrieben. Ein größerer Abbau dieses an sich günstig gelegenen Vorkommens fand bis heute jedoch nicht statt, lediglich für das örtliche Kunsthandwerk im nur 15 Kilometer entfernten Ort Lake Harbour wird gelegentlich Material entnommen.

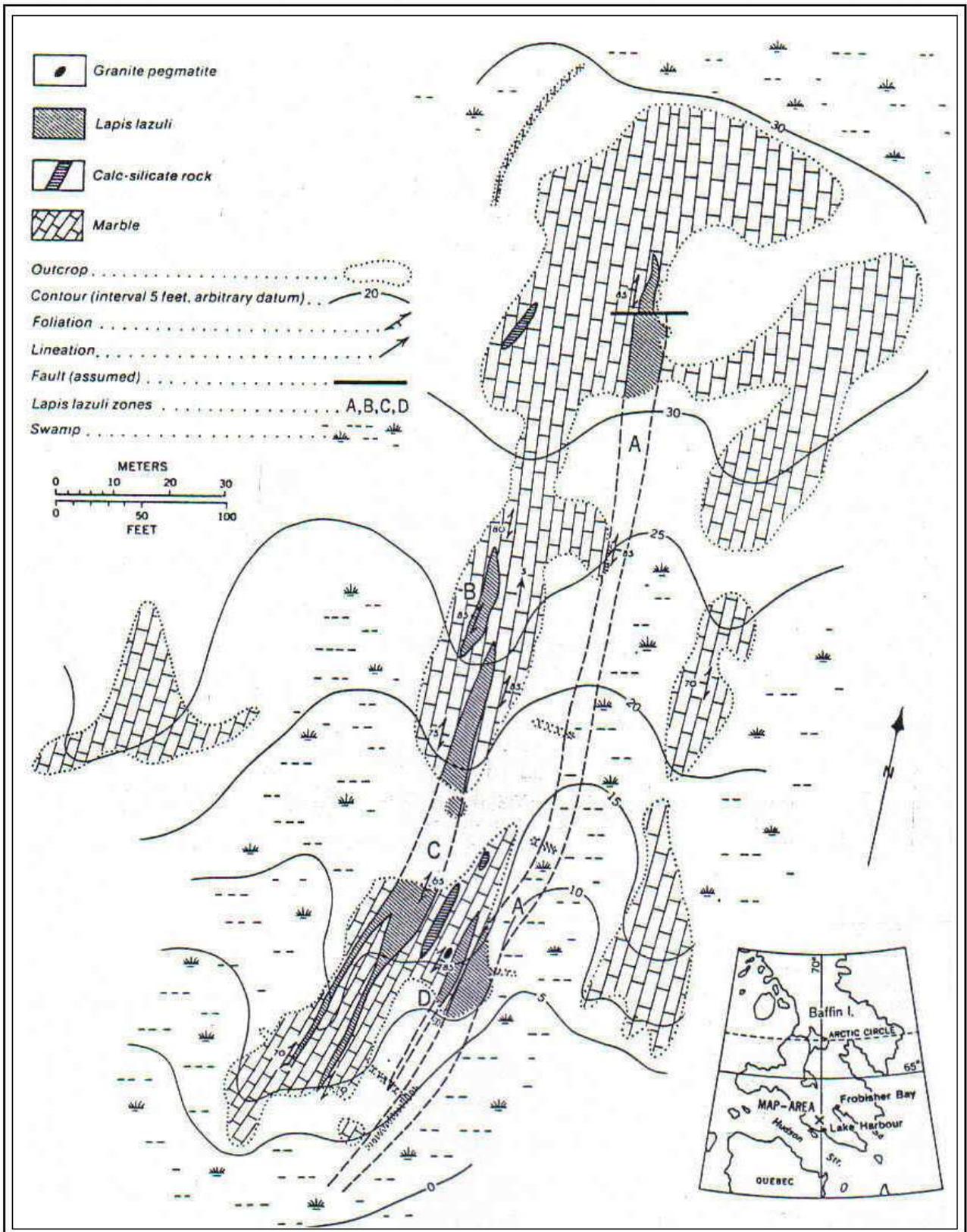


Abb. 9 : Geologische Situation der Lapisvorkommen in der Gegend von Lake Harbour / Baffin Island, Kanada (aus : HOGARTH 1971)



### Sonstige Lapislazulivorkommen :

In der älteren Literatur werden eine ganze Reihe von Lapisvorkommen im asiatischen Raum erwähnt, so zum Beispiel Tibet, Kiangsi sowie weitere Lokalitäten in China und mehrere Orte im Indus / Indien. Zwar soll hier nicht ausgeschlossen werden, daß beispielsweise in China weitere Vorkommen von Lapislazuli existieren, jedoch geht ein Großteil dieser "Fundorte" auf frühere Forschungsreisende zurück, die Gehörtes ungeprüft übernahmen. Angesichts des regen afghanischen Lapislazulihandels erscheint es daher gerade im asiatischen Raum als sehr wahrscheinlich, daß viele Meldungen über indische oder chinesische "Fundorte" auf Streustücken aus Afghanistan basieren.

Als ähnlich unsicher muß der in der Literatur häufiger erwähnte Fundort Thabanpin bei Mogok / Myanmar (Burma) angesehen werden. Auch wenn Myanmar bis vor kurzem ein sehr abgeschlossenes Land ist, aus dem die Kunde von Mineralfunden nur selten bis ins westliche Ausland drang, so war und ist doch gerade Mogok ein Haupthandelsplatz für verschiedene in der Umgebung gefundene Edelsteine, sodaß sich gerade von hier aus in der Nähe gefundener Lapislazuli rasch auf den internationalen Märkten verbreiten sollte.

Als sicher dürfen dagegen mehrere andere Fundorte angesehen werden, an denen Lapislazuli - oder besser : Lasuritkristalle mit guter Farbe als mineralogische Rarität auftreten. Zu nennen ist hier beispielsweise das Vorkommen von kristallisierten Lasurit in vulkanischen Auswürflingen des Vesuvus und anderer Vulkane in Latium / Italien. Hierher gehört auch das mineralogisch sehr bemerkenswerte Auftreten millimetergroßer, gut ausgebildeter Lasuritkristalle in den Sedimenten der Green - River - Formation in Wyoming/USA hierher. Es kann nicht ausgeschlossen werden, daß Lapislazuli von manchen der genannten Vorkommen zu Schmuck verarbeitet wurde, ähnlich, wie der mineralogisch hochinteressante "Siebengebirgssaphir" aus dem Siebengebirge bei Bonn von einigen Freunden der Mineralogie als Kuriosum verschliffen wurde. Wirtschaftlich sind die genannten Lapisvorkommen jedoch völlig unbedeutend.



## Überlegungen zur Genese des Lapislazuli :

Zur Entstehung des Lapislazulis gibt es zahlreiche Theorien, die heute mehrheitlich (u.a. IWANOW 1970, HOGARTH 1978, POULLEN 1979) davon ausgehen, das es sich ursprünglich um sulfatreiche Sedimentgesteine (Evaporite) gehandelt hat, die zumeist bereits im Präkambrium zur Ablagerung kamen. Bei der späteren Metamorphose wurde der Schwefel mobilisiert und lagerte sich letztlich in das Kristallgitter des Lapislazulis ein. Auch wenn diese Theorie grundsätzlich stimmen mag, so kann sie doch folgenden Punkt nicht erklären :

Sulfatreiche Sedimente sind heutzutage in Form von Gips, Anhydrit u.ä. weltweit verbreitet und waren dies sicherlich auch in der geologischen Vergangenheit. Entsprechend häufig müssten sie metamorph umgewandelt und entsprechend häufig müsste auch der sulfatgebundene Schwefel mobilisiert worden sein. Ferner finden wir sehr häufig Karbonatgesteine in der Nähe von sulfatischen Ablagerungen und schließlich sind Intrusivgesteine in der Nähe von metamorphen Gesteinen auch keine Seltenheit. Es handelt sich also bei der von verschiedenen Autoren vertretenden These der "Meta - Evaporite" als Entstehungsgrund für Lapislazulivorkommen um ein sehr häufiges geologisches Szenario, welches aber durchaus im krassen Gegensatz zu dem sehr seltenen Auftreten von Lapislazuli steht.

Folglich müssen die geologischen Prozesse, die zur Bildung von Lapislazuli führen, komplexer sein als bisher weithin angenommen. In den beiden folgenden Tabellen 2 und 3 wurde versucht, geologisch - mineralogische Gemeinsamkeiten der bekannten Lapislazulivorkommen herauszuarbeiten. Dabei ergeben sich überraschend viele Gemeinsamkeiten :

- sämtliche bedeutenden Lapislazulivorkommen finden sich in Marmor - Kalksilikatfelsfolgen, in deren Nähe - fast – immer Intrusivgesteine vorkommen. Der Charakter der Intrusivgesteine kann dabei wechseln, bekannt sind u.a. Monzogranit (Chile), Granitpegmatit (Sludyanka), Syenit (Malaya Bystraya), Quarzmonzonit und Granodiorit (Afghanistan), Quarzmonzonit (Italian Mountain).
- stets sind Lapislazulivorkommen an reichlich freien oder sulfidisch gebundenen Schwefel gebunden. Neben den im Lapislazuli selbst meist reichlich auftretenden Sulfiden Pyrit und Pyrrhotin sind dies häufig elementarer Schwefel in nächster Nachbarschaft (Sar-e-Sang, Sludyanka, Malaya Bystraya) oder zumindest in geographischer Nähe (Chile). Alternativ hierzu kann der Schwefel auch in anderen Sulfiden in der Nähe vorkommen, so in Form der Blei – Zinkvererzungen am Italian Mountain / Colorado oder in den Zinksulfidkörpern von Edwards / New York. Ist jedoch weniger Schwefel verfügbar - wie zum Beispiel anscheinend auf Baffin Island - so wird die Farbe des Lapislazuli rasch deutlich blasser.

Betrachtet man die Begleitminerale des Lapislazulis (vgl. Tabelle 3) so fällt auch hier eine große Übereinstimmung der verschiedenen Vorkommen auf. Dabei stellen die Silikate Diopsid, Skapolith und Phlogopit Indikatorminerale dar, die sich in praktisch jedem Lapislazulivorkommen nachweisen lassen. Häufiger treten auch Nephelin, Tremolit und Forsterit auf.



Vorkommen :	Ausdehnung der Linsen :	Mächtigkeit der Linsen :	Vorräte :	Geologie :	Alter :	Bemerkungen :
<b>Afghanistan :</b>						
Sar-e-Sang	bis 400 m	bis 6 m	beträchtlich	Kontakt Marmor - Kalksilikatefels	Präkambrium bis Kambrium	
Duk, Sakhi	2 - 3 m	0,25 m	gering	im Kontakt zu Granodioriten	"	
Chelemak	20 m	bis 1 m	mittel	Kontakt Marmor - Kalksilikatefels	"	besonders reich an Diopsid
<b>GUS :</b>						
Sludyanka			beträchtlich	Marmor /Granit - pegmatitkontakt	Präkambrium bis Kambrium	
Malaya Bystraya			beträchtlich (2000 qm *)	Marmor /Syenit - Kontaktbrekzie	"	
Ovalle /Chile :	20 m	4 m	beträchtlich	Kontakt Marmor - Granit mit Schweißführung	Kreide / Jungtertiär	Gewinnung von Blöcken möglich
<b>USA :</b>						
Cascade Canyon	wenige cm	wenige m	gering	Kontakt Marmor / Kalksilikatefels	?	
Italian Mountain	wenige cm	30 m	gering	Kontakt Marmor / Quarzdiorit - monzonit	Karbon / Tertiär	
Baffin / Canada :	170 m	8 m	beträchtlich (4000 qm *)	Marmor mit eingestreuten Kalksilikaten	Altpräkambrisch ( ca. 1735 Mio Jahre)	Gewinnung von Blöcken möglich
			* = Aufschlußfläche			

Tab. 2 : Geologische Basisdaten ausgewählter Lapislazuli - Vorkommen



Paragenese :	Marmorart :	Vollastonit	Tremolit	Diopsid	Hedenbergit	Skapolith	Nepelin	Phlogopit	Muskovit	Forsterit	Klinoisit	Afghanit	Pyrit	Pyrrhotin	Schwefel	Gips	Sodalith	Hauyn	Lasurit	Bemerkungen :	
<b>Vorkommen :</b>																					
<b>Afghanistan :</b>																					
Duk, Sakhi	Calcit/Dolomit	x	x			x		x	x	x		x	x					x	x	x	
Chelemek	Calcit/Dolomit		x	x		x	x	x	x	x			x	x					x	x	
Sar-e-Sang	Calcit/Dolomit		x		x		x	x	x	x		x		x	x		s		x	x	s = selten
<b>GUS :</b>																					
Sludjanka	Calcit		x			x	x	x					x	x	x				x	x	
Malaya Bystraya	Calcit/Dolomit		x			x	x	x			(x)		x	x	x				x	x	(x) = hier als Tounkit
<b>Ovalle /Chile :</b>	Calcit	x	x	x		x		x			x		x	x	(x)				x	x	(x) = in der Nähe
<b>USA :</b>																					
Cascade Canyon	Calcit		x	x		?		x	x	x			x	x					x	x	
Italian Mountain	Calcit/Dolomit		x			?		x		x			x	x					?	x	
<b>Baffin / Canada :</b>	Calcit/Dolomit		x			(x)	x	x					x	x					x	x	(x) = teilweise

Tab. 3 : Mineralogische Basisdaten ausgewählter Lapislazuli - Vorkommen

Die Bildung von Lapislazuli hängt somit prinzipiell von den folgenden Kriterien ab :

- Eindringen eines kieselsäurereichen Intrusivgesteines in einen Marmor mit Bildung von Kalksilikatfels im Kontaktbereich. Dieser Kalksilikatfels muß reich an silikatischen Mineralien sein, die zum Ionenaustausch befähigt sind wie Skapolith, Hauyn, oder Sodalith
- Mobilisierung von Calcium und Schwefel aus der Nachbarschaft, wobei der Schwefel sowohl auf frühere Evaporitgesteine als auch auf umliegende Sulfiderzkörper oder auf geologisch junge vulkanische Aktivität zurückgehen kann.
- Einbau von Schwefel in das Kristallgitter von Sodalith, Hauyn und Skapolith im Sinne eines Ionenaustausches und dadurch Lazuritisierung der obigen Minerale.

Von entscheidender Wichtigkeit für das Ausmaß der Lapislazuli - Bildung und dessen Qualität ist dabei offensichtlich die Menge des im System vorhandenen Schwefels !



## Produktion und Absatz von Lapislazuli :

Von den verschiedenen weiter oben dargestellten Lapislazulivorkommen erscheinen lediglich die Gruben in Afghanistan und Chile von überregionaler wirtschaftlicher Bedeutung. Die russischen und nordamerikanischen Vorkommen produzieren dagegen nur in sehr eingeschränktem Maße und beliefern bestenfalls lokale Märkte, wobei die russischen Vorkommen am Baikalsee allerdings durchaus über Wachstumspotential verfügen.

In Afghanistan findet nach wie vor und wohl auch in der absehbaren Zukunft ein für europäische Verhältnisse sehr unorganisierter Abbau statt, der zudem immer wieder unter den internen Kämpfen der dortigen Bergvölker leidet. Dennoch wurden in den letzten Jahren offensichtlich weit höhere Mengen an Lapislazuli gefördert, als dies noch von WEERTH 1994 beobachtet wurde. Verschiedene Händler berichten von einem in den letzten Jahren betriebenen Raubbau, der kurzfristig zu einem Überangebot von afghanischen Lapislazuli auf dem Weltmarkt und zu einem starken Preisverfall der Ware geführt hat. Zudem brach in den letzten Jahren der ehemals bedeutende chinesische Markt weg. Während die chinesischen Steinschnitzer früher erhebliche Mengen von Lapis guter Qualität als Rohmaterial bezogen, wird heute nur noch Lapis geringer Qualität nach China importiert, um hier kleingemahlen und "rekonstruiert" zu werden. Derzeit ist somit von einer Gesamtmenge von mindestens fünfhundert Tonnen afghanischen Lapislazulis auszugehen, die jährlich auf dem Weltmarkt "geworfen" wird.

Angesichts der schwierigen Abbauverhältnisse in Sar-e-Sang ist jedoch mittelfristig von einer Konsolidierung der afghanischen Lapislazulipreise auszugehen. Ein Manko der afghanischen Vorkommen liegt in deren Abgelegtheit, die die Gewinnung nur relativ kleiner Lapislazulistücke bis hin zu "Teetischgröße" erlaubt. Bisher wurden hier offensichtlich keine Anstrengungen unternommen, auch große Blöcke zu gewinnen. Eine solche Entwicklung ist frühestens nach dem nicht absehbaren Ende des afghanischen (Bürger)krieges zu erwarten.

In Chile sind Bestrebungen im Gange, die Lapislazuliproduktion auf der Grube Flor de los Andes zu steigern. Eine in den letzten Jahren fertig gestellte Strasse gibt die Möglichkeit, technisches Gerät für den forcierten Abbau an Ort und Stelle zu bringen und erleichtert den Abtransport auch großer Blöcke. Demzufolge ist eine deutliche Steigerung der bisher im Mittel bei 200 Tonnen pro Jahr liegenden Förderung in den nächsten Jahren zu erwarten. Die Qualität des gewonnenen Materials reicht dabei zwar nicht an das afghanische Material heran, ist jedoch derzeit die beste Lapis-Blockware auf dem Markt.



## **Absatzmärkte von Lapislazuli :**

Seit altersher erfreut sich der tief himmelblaue Farbton des Lapislazulis großer Beliebtheit und so wurde er seit ebenso langer Zeit in vielerlei Hinsicht als Schmuckmaterial verarbeitet. Er galt dabei in der Antike als Symbol für das Leben und das Göttliche. So wurde er im Altertum sowohl pulverisiert als Heilmittel eingenommen als auch gern in kunstvoll verarbeiteter Form als Grabbeigabe verwendet. Dabei blieb die Verwendung von Lapislazuli wegen des hohen Preises sehr wohlhabenden Personen und Gemeinschaften vorbehalten. Heute ist Lapislazuli dagegen für weite Kreise erschwinglich geworden und wird in vielfacher Weise vermarktet.

## **Schmuck & Kunstgewerbe :**

Lapislazuli aus Chile und aus Afghanistan wird heute in allen erdenklichen Formen und Farbvarianten gehandelt. In den letzten Jahren wurde er besonders als Modeschmuck populär, zumal Lapis als Stein der Liebe und Freundschaft gilt. Auch wird ihm nachgesagt, daß er geistige Kräfte stärken soll und positiv auf das Gedächtnis einwirkt. Es ist somit nicht erstaunlich, das in einer Zeit, in der esoterisches Gedankengut breitere Akzeptanz findet, Lapislazuli an Popularität gewinnt. Schätzungsweise werden weltweit mindestens hundert Tonnen echter Lapis jährlich zu Schmuck verarbeitet, wobei die Qualität des dabei verwendeten Rohlapis meist nur relativ gering ist, bzw. bei Billigprodukten häufig auch Ersatzstoffe verwendet werden.

Ein weiterer bedeutender Markt ist das Kunstgewerbe. Ein Katalog des chilenischen Verarbeitungszentrums listet hier unter anderem folgende lieferbare Lapis - Gegenstände auf : Platten und Kacheln in verschiedenen Größen, Kugeln, Eier, Trommelsteine, Brunnenschalen, Skulpturen, Fensterbänke, Zierleisten, Tisch- und Stuhlplatten, Rhomben, Pyramiden, Obelisken - wobei sich die letztgenannten Formen auf kleinere Esoterik ("healing power") Gegenstände beziehen. Zweifellos ließe sich die Liste der aus Lapis herstellbaren Gegenstände fast beliebig fortsetzen, wie auch die kunstgewerblichen Gegenstände in Russland (vgl. Abb. 1) sowie die bereits erwähnten kompletten Badezimmernaturen aus chilenischen Lapis belegen. Im Sektor Kunstgewerbe werden derzeit mit weltweit geschätzt mehreren hundert Tonnen / Jahr die größten Mengen von Lapislazuli verbraucht. Zweifellos herrscht jedoch hier noch ein gewaltiges Wachstumspotential, insbesondere bei sinkenden Rohlapispreisen.



Abb. 10 : Stundenbuchmalerei der Gebrüder Limburg um 1415, Monatsbild Januar mit Echtem Ultramarin als Blaupigment



## **Lapis als Malerpigment :**

Ab dem frühen Mittelalter wurde Lapislazuli als Blaupigment in der Freskenmalerei sowie in der Buchmalerei verwendet. Der gemahlene Lapislazuli wurde dabei mit Wasser und Leim als Bindemittel vermischt und auf Wände oder Pergamente aufgetragen. Auf diese Weise entstandene Illustrationen haben bis heute nichts von ihrer Farbtiefe und Brillanz verloren, wie Abbildung 10 zeigt. Die Herstellung des Farbpigmentes, das als "Echtes Ultramarin" oder auch "Fra Angelico Blau" bekannt ist, ist ein sehr aufwendiger Prozess. Nach der Aufmahlung von möglichst farbintensiven Rohlapis, wofür heute meist handverlesene Kristalle aus Afghanistan verwendet werden, wird das so erhaltene Rohpulver mit Alkohol vermengt und über einen Magnetscheider geleitet, um den beigemengten Pyrit zu entfernen. Nach dem Abgießen des Alkohols wird die Masse durch vielmaliges Kneten mit Harz und Wachs weiter aufgereinigt, bis letztthin ein leuchtend tiefblaues Farbpigment übrig bleibt. Angeblich braucht dabei ein Arbeiter ein halbes Jahr, um ein Pfund des reinen Farbpigmentes herzustellen !

Das so hergestellte "Echte Ultramarin" wurde in früheren Jahrhunderten mit dem dreifachen seines Gewichtes an Gold aufgewogen. Auch heute wird es noch verschiedentlich in der Malerei verwendet, insbesondere bei möglichst getreuen Rekonstruktionen und Ausbesserungen. Einziger Hersteller in Deutschland ist die Firma Farbmühle KREMER in Aichstetten, die "Echtes Ultramarin" für etwa 15.000.- Euro pro kg anbietet - wohingegen der Preis für synthetischen Ultramarinfarbstoff bei nur 15.- Euro / kg liegt.

Als weiterer Anbieter ist die amerikanische Firma LAPIS ARTS in Colorado zu nennen, die chilenischen Lapis als Rohmaterial verwendet. Die Menge des zu Farbpigment verarbeiteten Lapislazulis dürfte sich aufgrund des hohen Preises pro Jahr auf höchstens 100 Kilogramm weltweit belaufen.

## **Wandverkleidung und Fußbodengestaltung :**

Wegen seines hohen Preises wurde Lapislazuli bisher nicht oder zumindestens nur in wenigen Ausnahmen als Dekorstein für Aussenverkleidungen und zur Fußbodengestaltung verwendet, auch wenn er sich zweifellos gut dafür eignen würde. Zwar ist Lapislazuli gegenüber starken Säuren und Laugen wenig beständig, jedoch läßt sich dieses Manko durch eine geeignete Oberflächenversiegelung beheben. Wesentliches Kriterium war jedoch bisher der Preis, der eine Verwendung für Fußboden- und Wandplatten ausschloß. Stattdessen wurden hier billigere blaue Dekorsteine wie Sodalith, und Dumortieritquarz verwendet. Bei sinkenden Preisen oder dem Nachweis einer größeren und das ganze Jahr über zugänglichen und kostengünstig gewinnbaren Lagerstätte ist jedoch unzweifelhaft ein großes Marktpotential für Lapis - Dekorsteine vorhanden. Dies gälte auch für Betonwerksteinplatten, in denen kleinstückiger Lapislazuli in andersfarbige Matrix eingestreut werden könnte und auf diese Weise eine interessante und farblich edle Platte ergäbe.



## Imitate, Substitute und konkurrierende Produkte :

Wie jedes wertvolle Mineral wurden auch für Lapislazuli seit der Antike billigere Imitate und Substitute gesucht und gefunden. So sind bereits aus dem Altertum himmelblau gefärbte Mosaiksteine bekannt, die in der Farbe dem Lapislazuli täuschend ähneln, jedoch aus gefärbten Glas oder glasierten Ton bestehen. In der Malerei des Mittelalters wurde als Pigment statt des besonders teuren "Echten Ultramarins" häufig das wesentlich billigere und leichter verfügbare tiefblaue Kupferkarbonat Azurit verwendet. Leider hat dieses Pigment die Angewohnheit sich über lange Zeiträume hinweg in das grüne Kupferkarbonat Malachit umzuwandeln, sodaß manch früher prachtvoll erstrahlende blaue Gemäldehimmel heute matt grün erscheint.

Als wesentliches Echtheitskriterium für den Lapislazuli galten seit jeher die feinen, goldglänzenden Pyritfunken, die sich regellos in der tiefblauen Lapislazulimatrix verteilen und die bis in die Neuzeit nicht nachgeahmt werden konnten. Zwischenzeitlich liegen jedoch von verschiedenen Firmen recht naturgetreue Imitate vor, so zum Beispiel :

- synthetischer Kobaltspinell mit dünnen, irregulär verteilten Goldstückchen (!) zur Imitation des Pyrites, der unter dem Handelsnamen "Degussit" vermarktet wurde.
- ein von der schweizerischen Firma Gilson hergestelltes Pressgemenge von künstlichen Ultramarin, Zinkphosphat und Pyritkriställchen, das natürlichen Lapislazuli täuschend ähnlich sieht. Das Material wird seit 1974 als "synthetischer Lapis" oder "Zuchtlapis" angeboten.
- blau gefärbter Jaspis aus Nunkirchen in der Schweiz, der schon seit vielen Jahren als "Schweizer Lapis" auf dem Markt ist.

Sämtliche bekannten Lapis - Imitate wurden und werden dabei lediglich in relativ geringen Mengen und fast ausschließlich für den Einsatz in der Schmuckindustrie hergestellt. Neben den Lapisimitaten gibt es verschiedene Verfahren, um minderwertigen und farblich schlechten echten Lapislazuli aufzubessern. Hierzu gehören Tempermethoden ebenso wie eine Nachfärbung des Materials in Druckbehältern mit Fremdpigmenten.

Als neuere und wirtschaftlich durchaus nicht unbedeutende Methode ist die des "rekonstruierten Lapis" zu nennen. Hierbei wird schlecht gefärbter Lapislazuli und Lapisbruch mittels einer Art Gießharz unter Druck und Hitze miteinander verschmolzen und dabei gleichzeitig farblich aufge bessert. Das Verfahren wird derzeit in China in großen Maßstab angewendet und hat mit zum Preisverfall des afghanischen Lapislazuli beigetragen. Das fertige Produkt, das ohne aufwendigere Analysemethoden schwer von natürlichen Lapis zu unterscheiden ist, wird in hinreichend großen Stücken für die Weiterverarbeitung zu kunstgewerblichen Gegenständen hergestellt.

In diesem Zusammenhang müssen auch die blauen Dekorsteine Sodalith, Dumortierit, Blauquarz, Glaukolith etc. als Substitute und konkurrierende Produkte genannt werden. So wird beispielsweise Sodalith aus Bolivien als "Inkablau" oder aus Namibia als "Namibia Blue" als Ornamentstein in wachsendem Umfang gehandelt. Der dabei zu beobachtende Blaufarbtön ist indessen deutlich dunkler und weniger attraktiv als bei Lapislazuli. Weitere Vorkommen von Sodalith sind aus dem südlichen Afrika bekannt.



Beispielsweise wurde erst jüngst die Produktion von qualitativ hochwertigen und intensiv blau gefärbten Sodalith im nördlichen Sambia aufgenommen.

Auch wenn die genannten blau gefärbten Minerale und Gesteine in ihrer Farbtiefe Lapislazuli eindeutig unterlegen sind, so stehen sie aufgrund ihres weit günstigeren Preises und ihrer größeren Verfügbarkeit doch in starker Konkurrenz zu diesem, zumal sich aus Sodalith und Dumortieritquarzit leicht große Platten herstellen lassen.

## **Zusammenfassung :**

Lapislazuli oder Lasurit ist ein natürliches farbechtes mineralisches Blaupigment, das seit dem Altertum in vielfältiger Weise verarbeitet wird. Die tiefblaue Farbe des Mineralen Lasurit geht dabei auf den Einbau von Sulfidionen in das sehr locker aufgebaute Kristallgitter zurück, wobei die Präsenz von Schwefel eine entscheidende Rolle bei Umfang und Qualität der Lapislazulibildung spielt.

Die bisher bekannten Lagerstätten liegen fast ohne Ausnahme in klimatisch ungünstigen und meist gebirgigen Regionen, die im Abbau sehr kostspielig sind. Zu nennen sind die seit 9000 Jahren im Abbau stehenden Gruben von Sar-e-Sang im Hindukusch/Afghanistan sowie eine ebenfalls seit langem bekannte Lagerstätte bei Ovalle im chilenisch - argentinischen Grenzgebiet. Als dritte große Lagerstätte sind mehrere Einzelvorkommen am Südende des Baikalsees in der heutigen GUS zu nennen. Sonstige Vorkommen sind klein oder abgelegen und in jedem Fall ohne größere wirtschaftliche Bedeutung.

Während die Lagerstätte am Baikalsee derzeit nur wenig Material liefert, werden jene in Afghanistan und Chile in größerem Maßstab abgebaut, wobei die Gesamtproduktion beider Lagerstätten im Jahr um die 1000 Tonnen Rohlapis liegt. Der gewonnene Lapislazuli wird als Hochpreismineral vor allen in der Schmuckindustrie, als Dekorstein und als Mineralpigment vermarktet.

Die Nachfrage nach weiteren Lapislazuli zu erschwinglicheren Preisen ist zweifellos gegeben, insbesondere wenn dieser einer ganzjährig zugänglichen Lagerstätte entstammt und kostengünstig gewinnbar wäre.

Eine Marktübersicht über den Rohstoff Lapislazuli wird gegeben und auf Potentiale und Möglichkeiten seines Einsatzes hingewiesen. Eine Betrachtung der geologischen und mineralogischen Eigenschaften ergibt dabei auffällige Gemeinsamkeiten in praktisch allen bekannten Lapisvorkommen, die Hinweise auf die Entstehung von Lapislagerstätten erlauben.

Bei der Exploration nach weiteren Lapislagerstätten sollte daher insbesondere auf Kontaktzonen von Kalksilikatfelsen mit intrusiven magmatischen Gesteinen geachtet werden, die durch hohen Sulfidgehalt entweder direkt am Kontakt oder in dessen Nachbarschaft gekennzeichnet sind.



## Literaturverzeichnis :

- ANONYMUS (1963) : The Lapislazuli in Afghanistan  
- erschienen in mehreren Folgen in : (Publication of) The Historical Society of Afghanistan, ca. 30 Seiten, Kabul 1963
- ANONYMUS (1985) : Steckbrief Lasurit / Lapislazuli  
- Mineralienmagazin Lapis 10/85, S. 7 – 9, Christian Weise Verlag, München, 1985
- BARIAND, P. (1979) : Lapis - Lazuli von Sar-e-Sang, Afghanistan  
- Mineralienmagazin Lapis 11/79, S. 9 – 12, Christian Weise Verlag, München, 1979
- BLEIKER, R. (1991) : Die berühmte chilenische Lapis-Lazuli Lagerstätte bei Ovalle, Region Coquimbo, Chile  
- Mineralienmagazin Lapis, 1/91, S. 18 – 23, Christian Weise Verlag, München 1991
- BRADLEY, W.H. (1964) : Lazurite, talc and chlorite in the Green River formation of Wyoming  
- American Mineralogist, Vol. 49, p. 778 - 781, Washington 1964
- CUITINO, G.L. (1986) : Mineralogia y genesis del yacimiento de lapislazuli Flor de los Andes, Coquimbo, Norte de Chile  
- Revista Geologica de Chile, Nr. 27, p. 55 - 67, Santiago 1986
- HINTZE, C. (1896 - 1975) : Handbuch der Mineralogie  
- Walter de Gruyter Verlag, Berlin 1896 -1975
- HOGARTH, D.D. (1970) : Mineral Occurrences in the Western Lake Baikal District U.S.S.R.  
- Mineralogical Record, Summer 1970, S.58 - 64, Washington 1970
- HOGARTH, D.D. (1971) : Lapis Lazuli near Lake Harbour, Southern Baffin Island, Canada  
- Canadian Journal of Earth Sciences, Vol. 8, p. 1210 - 1217, Toronto 1971
- HOGARTH, D.D. & GRIFFIN, W. L. (1978) : Lapis Lazuli from Baffin Baffin Island - a Precambrian Metaevaporite - LITHOS, Vol. 11, p. 37 - 60, Oslo 1978
- HOGARTH, D.D. (1980) : Contactmetamorphic Lapis Lazuli : the Italian Mountain Deposits, Colorado  
- Canadian Mineralogist, Vol. 18, p. 59 – 70, Ottawa 1980
- IVANOV, V. (1976) : The Geochemistry of Formation of the Rocks of the Lazurite Deposits of the Southern Baykal Region  
- Geochemistry International, Vol. 13, p. 26 - 31, Scripta Publishing Co, New York
- POPENOE, H. (1982) : Lapis-Lazuli from Cascade Canyon, Mount Baldy Triangle, California  
- in : Geology and Mineral Wealth of the California Transverse Range, p. 522 - 523, published by the South Coast Geological Society, Santa Ana 1982



- POULLEN, J.F. (1979) : Überlegungen zur Entstehung von Lapislazuli  
– Mineralienmagazin Lapis 11/79, S. 12 – 14 Christian Weise Verlag, München, 1979
- ROGERS, A.F. (1938) : Lapis Lazuli from San Bernardino County, California  
- American Mineralogist, Vol. 23, p. 111 - 113, Menasha 1938
- SAMSONOV, J.P.(1993) : Gemstones Russia & Adjoining States  
- 280 pp, Moskau 1993
- SANDVOSS, P. (1994) : Auszüge aus persönlichen Aufzeichnungen einer Südamerikaexkursion 1994 – unveröffentlicht
- SCHMETZER, K. (1984) : Nicht jeder Lapis ist echt !  
- Magma, S. 77 -78, Rainer Bode Verlag, Haltern 1984
- TRUEBE, A.H. (1984) : Minerals of the Italian Mountain area, Colorado  
- Mineralogical Record, 3/4 1984, p. 75 - 87, Washington 1987
- WEERTH, A. (1994) : Lapis-Lazuli, die unendliche Geschichte  
- Mineralienmagazin Lapis, 11/94, S. 20 - 27, Christian Weise Verlag, München, 1994
- WERSILOW. N. (1858) : Vorkommen des Lapis Lazuli im Baikargebirge  
- Neues Jb. für Mineralogie, Geognosie, Geologie und Petrefaktenkunde, Jg. 1858, S. 824, Stuttgart 1858
- YURGENSON, G. A. & SUKHAREV, B. P. (1985): Localization of Lapislazuli bodies of Badakhshan and their Mineral Zonation  
- International Geology Review, Vol. 27, p. 230 – 237

Aktualisierte Onlineversion : Bad Windsheim, im Februar 2010, letzte Änderungen Februar 2014

**Kontaktadresse des Autors :**

Dr. Ing. Thomas Krassmann Wirtschaftsgeologe  
Web : [www.mineral-exploration.de](http://www.mineral-exploration.de)

Tel. 09841 – 7302 91438 Bad Windsheim  
Email : [tkrassmann\(at\)hotmail.com](mailto:tkrassmann(at)hotmail.com)

-----  
**Author Contact Details :**

Thomas Krassmann, M.Sc. Ph.D. Consulting Geologist  
Web : [www.mineral-exploration.de](http://www.mineral-exploration.de)

Tel. 0049 - 9841 – 7302 D - 91438 Bad Windsheim  
Email : [tkrassmann\(at\)hotmail.com](mailto:tkrassmann(at)hotmail.com)