

Leif K. Kerecz

SSEF 8001 ZÜRICH

**Neues vom Smaragd-Vorkommen
von Sta. Terezinha de Goiás,
Goiás, Brasilien**

H.A. HÄNNI, Basel und C.J. KEREZ, Zürich

Neues vom Smaragd-Vorkommen von Sta. Terezinha de Goiás, Goiás, Brasilien.

H. A. HÄNNI, Basel, und C. J. KEREZ, Zürich

Zusammenfassung

Smaragdkristalle und Gesteinsproben aus dem neuen Minengebiet von Sta. Terezinha, Goiás, Brasilien, wurden optisch und chemisch untersucht. Abbau und Produktion werden vorgestellt. Die Smaragde sind gekennzeichnet durch Einschlüsse von Dolomit und Picotit (Chromspinel).

Abstract

Emerald crystals and rock samples from the new mining area of Sta. Terezinha, Goiás, Brazil, have been investigated by optical methods and by microprobe. An account is given of the mining operations and production. The emeralds are characterized by inclusions of dolomite and picotite (chromium spinel).

Einleitung

In Brasilien wurden 1920 die ersten, allerdings nicht abbauwürdigen Smaragd-Vorkommen auf der Fazenda de Lages bei Itaberaí, im Staate Goiás, entdeckt (v. KALMBACH 1938, DA CUNHA 1961). Erst ab Mitte der 60er Jahre stieß man auf die bedeutenden Smaragdlagerstätten, nämlich

- in der Region von Carnaíba, im nördlichen Teil des Staates Bahia (1964 entdeckt),
- bei Itabira, 60 km östlich von Belo Horizonte, im Eisenerzgebiet von Minas Gerais (1979 entdeckt),
- bei Sta. Terezinha de Goiás, 270 km nördlich von Goiânia, (im April 1981 entdeckt).

Sta. Terezinha liegt im Zentrum des Staates Goiás, in einer leicht hügeligen Landschaft, etwa 450 m über dem Meer. Es ist von Goiânia mit dem Lufttaxi erreichbar oder per Auto über die Brasilia-Belém Straße und dann noch 100 km weiter nach Westen. Verschiedene Autoren haben sich schon mit der Lagerstätte und den Smaragden von Sta. Terezinha de Goiás befaßt (BANK & PETSCH 1982, CASSEDANNE & SAUER 1982, SAUER 1982). Die vorliegende Arbeit bringt die Feldbeobachtungen eines der Autoren (C. J. K.), die während eines kurzen Aufenthalts Ende Juni 1982 gemacht wurden, und die Untersuchungsergebnisse der gesammelten Handstücke und Mineralien, die durch den anderen Autor (H. A. H.) durchgeführt wurden.

Zur Geologie der Lagerstätte

Die Smaragdorkommen liegen in einer Zone von präkambrischen, metamorphen Gesteinen. Diese sind Teil einer gefalteten, tektonisch beanspruchten Paraserie. Im Bereich der Minen streichen die Schichten ungefähr N-S und fallen steil ein. Die produktiven Zonen liegen in der Hauptsache in Talkschiefer und Biotitschiefer.

Zur regionalen Geologie verweisen wir auf die Arbeiten von BARBOSA (1955) und ALMEIDA (1971).

CASSEDANNE & SAUER (1982) wie auch BANK & PETSCH (1982) schildern das Smaragd-vorkommen von Sta. Terezinha als Folge einer Reaktion von Pegmatit mit Talk- bzw. Biotitschiefer. Beim kurzen Besuch des Minengebiets konnten von einem der Autoren jedoch keine Hinweise auf einen Pegmatit gefunden werden. Das einzige weiße, grobkörnige Gestein, das gefunden wurde, ist ein Dolomitmarmor mit Talkschnüren und Klüftchen, die mit idiomorphen Smaragdkristallen ausgefüllt sind (Abb. 1). In der detaillierten Arbeit von CASSEDANNE & SAUER (1982) fehlt merkwürdigerweise jeder Hinweis auf dieses Karbonatgestein. Diese Autoren beschreiben allerdings einen „Pegmatit, bestehend aus weißem, leicht serizitisiertem und kaolinisiertem Feldspat, ...“. Diese Beschreibung ihres „Pegmatits“ trifft in verblüffender Weise auf die Dolomitmarmorlinsen zu. Die Berylliumherkunft für die Sta. Terezinha-Smaragde ist somit noch ungeklärt. Man könnte sich vorstellen, daß die Smaragde durch metasomatische Vorgänge entstanden sind, wobei das Beryllium aus dem Nebengestein oder aus tieferen Bereichen stammen würde. Das Chrom und die anderen notwendigen Elemente waren bereits im Talk- bzw. Biotitschiefer vorhanden.

Von zwei Gesteinsproben aus den Minen von Sta. Terezinha wurden Dünnschliffe mikroskopisch untersucht. Der **Dolomitmarmor** (Abb. 1, 2) besteht aus ca. 85 Vol.-% Dolomit, < 10 Vol.-% Talk, < 5 Vol.-% Smaragd, akzessorisch treten Quarz, Chlorit und Erz dazu. Der Dolomitmarmor, in Form von Linsen, ist von dunkelbraunem Eisenkarbonat umgeben.

Der **Biotitschiefer** (Abb. 3, 4) enthält ca. 90 Vol.-% Biotit, < 10 Vol.-% Smaragd, < 5 Vol.-% Pyrit und akzessorisch Chlorit, Talk und Picotit.

Das Auftreten von Smaragd in Talkschiefer und im Zusammenhang mit Karbonaten ist nicht auf Sta. Terezinha beschränkt. In den Smaragdminen von Mingora, Pakistan, wurde eine Serie von Paragesteinen angetroffen, die im Kontakt mit ultramafischen Gesteinen steht und tektonisch stark beansprucht und metamorphisiert worden ist. Eine direkte Beteiligung pegmatitischer Gesteine wurde nicht beobachtet. Dieses Smaragd-vorkommen wurde mit hydrothermalen Vorgängen erklärt (GÜBELIN, 1981).

Beim österreichischen Smaragd-vorkommen im Habachtal liegen ebenfalls Biotitschiefer, Talkschiefer, aber auch Aktinolith-, Tremolit- und Chloritschiefer als Smaragd-Trägergesteine vor. Auch dort fehlt die Beteiligung von Pegmatit. Neuere Untersuchungen (GRUNDMANN & MORTEANI, 1982) zeigen auf, daß die Smaragdbildung in einer metasomatischen Reaktionszone eingesetzt hat. Als mögliche Beryllium-Lieferanten werden Gesteine mit alkalitrachitische Zusammensetzung genannt.

Abbau und Aufbereitung des smaragdhaltigen Gesteins

Der zuerst entdeckte süliche Teil des Vorkommens (garimpo de cima) ist heute weitgehend aufgegeben. 500 m nördlich davon liegt der etwas später gefundene, heute aktive Minenteil (garimpo de baixo), in dem mehr und besserer Rohstoff produziert wird. Der ganze Lagerstättenbereich ist unterteilt in eine Vielzahl kleiner, 40–50 m² messender claims (Abb. 5). Weil die smaragdhaltigen Gesteinsschichten steil einfallen, stieß man bei der Förderung bald in immer größere Tiefen vor. Aus dem ursprünglichen Ab-

tragen des oberflächlichen Verwitterungsschutts hat sich ein Untertagbau entwickelt, wo in Schächten und Stollen in über 30 m Tiefe gearbeitet wird (Abb. 6). Das durch Sprengen gelockerte Gestein wird in Eimern mittels Seilwinden an die Oberfläche gehoben. Diese Produktion wird von den Rampen zu den Waschstellen gebracht, die wichtigste wird mit Lastwagen erreicht und liegt einige Kilometer südlich am Rio Peixe. Hier werden die Gesteinsbrocken in faßartigen Behältern unter starker Wasserzugabe rotiert. Dabei löst sich der Verband der Mineralien. Das feinkörnige, leichte Material wird weggeschwemmt und die grobkörnigen Rückstände, darunter die Smaragde, sammeln sich am Boden der Fässer an. Dieses Konzentrat wird auf dem Sortiertisch von Hand verlesen. Danach werden die Smaragdkristalle nach Qualitäten geordnet und zur besseren Beurteilung geölt. Während der Regenzeit (Dez.–Febr.) ruht die Produktion.

Beschreibung der Smaragde von Sta. Terezinha

Die einfach entwickelten hexagonalen Prismen mit Basisflächen sind z. T. in der Dicke etwas abgeplattet (Abb. 7, 8). Ihre Farben variieren von hellem bis dunklem Grün mit einer meist deutlichen Blautönung, ähnlich der sambischen Smaragde (SCHMETZNER & BANK 1980) und der madegassischen Smaragde (HÄNNI & KLEIN 1982). Die Kristalle besitzen oft eine leicht unebene Oberfläche, die von blockartigen, subparallelen Verwachsungen der einzelnen Domänen zu größeren Kristallindividuen herrührt. In den einspringenden Winkeln und Grübchen haften noch Talk, Glimmer und Goethitreste.

Tabelle 1. Optische Konstanten und Dichten der Smaragde von Sta. Terezinha de Goiás, Brasilien.

	diese Arbeit	CASSEDANNE & SAUER (1982)	BANK & PETSCH (1982)
n_e	1,585–1,587	1,580	1,586
n_o	1,592–1,595	1,588	1,594
Δn	0,006–0,008	0,008	0,008
D [g/cm ³]	2,752–2,764	2,70–(3,05)	2,66

Die **physikalischen Daten** sind in Tab. 1 zusammengestellt. Licht- und Doppelbrechungen variieren mit den leicht unterschiedlichen chemischen Zusammensetzungen. Die Dichte nimmt zu mit dem Gehalt an Einschlüssen und kann nach CASSEDANNE & SAUER (1982) bis 3,05 g/cm³ gehen. Der Dichroismus ist bei kräftig gefärbten Exemplaren deutlich, der ordentliche Strahl erscheint gelbgrün, der außerordentliche blaugrün.

Das Absorptionsspektrum ist im sichtbaren Bereich nahezu identisch mit dem Spektrum der madegassischen Smaragde (HÄNNI & KLEIN 1982). Es zeigt die Überlagerung des Smaragd- und Aquamarinspektrums, bzw. des Chrom- und Eisenspektrums, wie es auch von den Swat-Smaragden bekannt wurde (GÜBELIN 1981). Folgende Linien und Banden wurden mit dem Spektralphotometer gemessen (Abb. 9):

o: 685, 680, 636, 604, 477, 444, 430, 372 nm

e: 683, 680, 662, 646, 630, 420 nm

Tabelle 2. Mikrosonden-Analysen (Gew.-%) von Smaragden der Minen von Sta. Terezinha, Goiás, Brasilien, und zwei Mineraleinschlüssen im Smaragd.

	SMARAGDE		DOLOMIT	PICOTIT**	
SiO ₂	64,53	64,39	64,20		
TiO ₂	,00	,00	,00		
Al ₂ O ₃	14,28	14,37	13,49	3,55	Al
Cr ₂ O ₃	,90	,25	,83	53,71	Cr
V ₂ O ₃	,04	,11	,05	,30	V
Fe ₂ O ₃	*	*	*	10,58	Fe ³⁺
FeO	,48	,69	1,16	29,90	Fe ²⁺
MnO	,02	,05	,00	,33	Mn
MgO	2,79	2,83	2,96	1,43	Mg
CaO	,00	,00	,00	,20	Ca
Na ₂ O	1,89	2,16	2,06		
K ₂ O	,00	,00	,01		
Summe	84,93	84,85	84,76	100,00	

Kationen auf 0 = 4 normiert	0,152	1,545	0,009	0,290	0,910	0,010	0,078	0,008
		1,996				1,005		

* Gesamtes Eisen als FeO ausgedrückt.

** Analyse nach Abzug der Kontamination durch Smaragd auf 100% normiert. FeO/Fe₂O₃-Verhältnis nach der Spinell-Strukturformel berechnet.



Abb. 1: Dolomitmarmorlinse mit hellgrünem Talk (horizontal) und dunkelgrünem Smaragd in diagonalen Klüftchen.

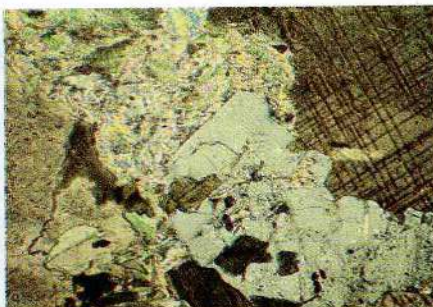


Abb. 2: Dünnschliff vom Dolomitmarmor zwischen gekreuzten Polarisationsfiltern. Die Mineralien Dolomit (braun), Talk (bunt) und Smaragd (grau) sind erkennbar.



Abb. 3: Biotitschiefer mit Smaragdkristallen.



Abb. 4: Dünnschliff vom Biotitschiefer, zwischen gekreuzten Polarisationsfiltern. Erkennbar sind Biotit (bunt) und Erzkörner (schwarz).



Abb. 5: Die Lagerstätte ist unterteilt in eine Vielzahl von Claims.



Abb. 6: Talkschiefer (oben) und Biotitschiefer (unten) werden abgebaut. Die Schächte und Stollen sind mit Rundhölzern abgestützt.



Abb. 7: Ein Los sortierter Smaragde wird angeboten.



Abb. 8: Smaragdprismen (ca. 10 mm lang) von Sta. Terezinha de Goiás.

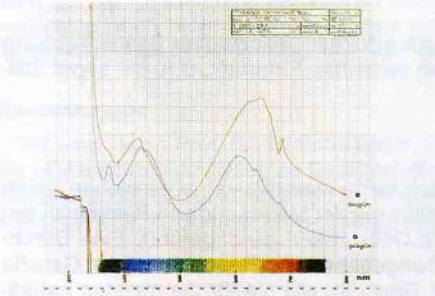


Abb. 9: Absorptionsspektrum eines Smaragden. Vom Spektralphotometer wurden die beiden Strahle o (blaue Linie) und e (rote Linie) einzeln aufgezeichnet.



Abb. 10: Ein geschliffener Smaragd von Sta. Terezinha, mit weißen Dolomitkristallen und schwarzem Picotit. Länge des Steins 9 mm.



Abb. 11: Einzelne Dolomithomboeder, winzige Picotitkörner und einige feine Risse in Smaragd von Sta. Terezinha.

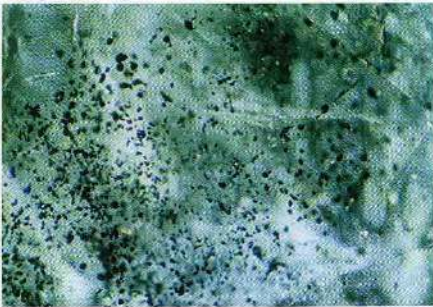


Abb. 12: Dichte Wolken von Picotitkörnern, die gelegentlich Ihre oktaedrische Form erkennen lassen. Vergrößerung etwa 40-fach.

Das **Einschlußbild** wird dominiert von den meist reichlich vorhandenen Dolomit- und Chromspinellkristallen [Picotit] (Abb. 10). Die Dolomite treten gelegentlich in größeren, meist aber in kleineren Rhomboedern oder körnigen Aggregaten auf (Abb. 11), ein Einschlußbild, das von den Vanadiumberyllen von Salininha (GRAZIANI & LUCCHESI 1979) bekannt ist. Picotit ist eine Mischung der Spinellminerale Chromit Cr_2FeO_4 , Magnetit Fe_3O_4 und Spinell Al_2MgO_4 . Die Picotite sind als winzige schwarze Punkte in Wolken oder Schlieren, aber auch als große Einzelkristalle, in die Smaragde eingestreut (Abb. 12).

Diese beiden Einschlußminerale konnten mit der Mikrosonde identifiziert werden (Tab. 2). Die Smaragde weisen oft auch Farbzonierungen auf. Nur in einem Kristall konnten bei sehr starker Vergrößerung kurze Röhren mit möglicherweise Zweiphasenfüllungen entdeckt werden. Selten trifft man auch Goethitpseudomorphosen nach Pyrit oder Eisenkarbonat an. CASSEDDANNE & SAUER (1982) beschreiben Pyrit als häufigstes Einschlußmineral, eine Feststellung, die für das von uns untersuchte Material nicht zutrifft. Weiter erwähnen sie zusätzlich noch Hämatit, Ilmenit, Talk und ein nicht identifiziertes Mineral mit niedrigem Relief.

Viele Kristalle haben Risse, was ein Ausdruck erfolgter tektonischer Beanspruchung sein kann. Diese Risse machen jedoch keinen verheilten Eindruck, d. h. die sonst üblichen Flüssigkeitsfilme oder -fahnen fehlen.

Chemische Untersuchungen

Da bisher von diesem Smaragdmaterial noch keine quantitativen chemischen Daten vorliegen, wurden an vier ausgesuchten Kristallen mit der Mikrosonde 14 Punktanalysen nach dem Verfahren von SCHWANDER & GLOOR (1980) durchgeführt. Eine Durchschnittsanalyse von jedem Kristall ist in Tab. 2 angegeben. Die Resultate zeigen Gehalte an Na_2O (1,9–2,2 Gew.-%) und MgO (2,7–3,1 Gew.-%), wie sie für die meisten natürlichen Smaragde typisch sind (HÄNNI 1980, 1982). Die Konzentrationen an färbenden Elementen variieren (Cr_2O_3 0,1–1,4 und FeO 0,4–1,4 Gew.-%), was sich in der feinen Farbzonierung zeigt. Vanadium spielt eine sehr untergeordnete Rolle.

Der Nachweis von H_2O im Kristallgitter dieser Smaragde wurde mit einem IR-Spektrophotometer (Perkin-Elmer 597) erbracht. Das Absorptionsspektrum der präparierten Probe (KBr-Pressling) zeigte Wasserschwingungen bei 1628, 3592 und 3655 cm^{-1} an. Nach WOOD & NASSAU (1968) werden diese Absorptionen durch H_2O -Moleküle verursacht, die quer zur c-Achse in den Kanälen der Beryllstruktur liegen (Typ-II Wasser). Wassermoleküle, die parallel zur c-Achse in den Kanälen liegen, werden als Typ-I Wasser bezeichnet. Sie verursachen Absorptionen bei 3555 und 3694 cm^{-1} . Ein hydrothermal hergestellter synthetischer Beryll zeigt nach WOOD & NASSAU (1968) reine Typ I Absorptionen. In den meisten natürlichen Beryllen läßt sich eine Kombination von Typ I und II Wasser-Absorptionen finden.

Der Smaragd von Sta. Terezinha weist ein fast reines Typ-II Spektrum und eine schwache CO_2 -Bande bei 2353 cm^{-1} auf.

Der Gewichtsverlust einer pulverisierten Smaragdprobe bei der Erhitzung auf 1200°C betrug 0,71%. Er beruht zur Hauptsache auf einer Wasserabgabe, die zwischen 700°C und 1000°C stattfand.

Wirtschaftliche Aspekte

Genauere Produktionsziffern der Smaragde von Sta. Terezinha fehlen. Man kann annehmen, daß die totale Smaragdproduktion im Moment bei 100 bis 150 kg pro Monat liegt. Davon dürfte etwa ein Viertel schleifwürdig sein. Diese 30–40 kg kommen im Durchschnitt für 5–50 \$ pro Gramm in den Handel. Während im ersten Produktionsjahr die Smaragde namentlich in Brasilien geschliffen wurden, wird heute ein bedeutender Teil der Rohsmaragde exportiert.

Die geschliffenen Steine wiegen in der Regel 0,2 bis 2 Karat. Steine von 3 und mehr Karat sind selten. Die Sta. Terezinha Smaragde sind meist von intensiv bläulich-grüner Farbe. Sie sind klar, oft aber reich an Einschlüssen von kleinen schwarzen Erzkörnern (Picotit) und farblosem Dolomit. Im Großhandel werden die geschliffenen Sta. Terezinha Smaragde für Preise, die in der Regel zwischen 50 und 400 \$ pro Karat liegen, angeboten.

Da die Entdeckung dieser Lagerstätte erst zwanzig Monate zurückliegt und man sich ganz auf die Ausbeutung des Fundes konzentriert, ist die tatsächliche Größe des Vorkommens noch nicht bekannt. Zudem erscheint uns die Entdeckung weiterer Smaragdorkommen in der Region von Sta. Terezinha de Goiás durchaus möglich zu sein.

Verdankungen

Wir sind Herrn Prof. Dr. H. Schwander, Geochemisches Labor, Universität Basel, für die Mikrosonden-Analysen zu Dank verpflichtet. Wir danken ebenfalls Herrn W. Weber, Laufen, für die IR-Spektren und Thermogravimetrie-Untersuchungen. Anerkennung gilt auch Herrn Dr. K. Bucher, Mineralogisches Institut Basel, für seine stete kollegiale Hilfe.

Literatur

- ALMEIDA, F. F. M. (1971): Geochronological division of the precambrian of South America. – *Rev. Bras. Geoc.* **1**, 13–21, Sao Paulo.
- BANK, H. & PETSCH, E. (1982): Über ein neues Smaragdorkommen bei Sta. Terezinha, Goiás, Brasilien. – *Z. Dt. Gemmol. Ges.* **30**, 89–90.
- BARBOSA, O. (1955): Guia das excursões do IX Congresso da Sociedade brasileira de Geologia. Not. no. 3, S. B. G.
- CASSEDANNE, J. P. & SAUER, D. A. (1982): Les émeraudes de Santa Terezinha (Goiás). – *Rev. gemm. a. f. g.* **71**, 4–8.
- DA CUNHA, O. L. (1961): Esmeraldas de Fazenda do Sossego Santa de Ferros, Minas Gerais. – *Gemologia* **25**, 9–14.
- GRAZIANI, G. & LUCCHESI, S. (1979): Einschlüsse und Genese eines Vanadium-Berylls von Salininha, Bahia, Brasilien. – *Z. Dt. Gemmol. Ges.* **28**, 134–145.
- GRUNDMANN, G. & MORTEANI, G. (1982): Die Geologie des Smaragdorkommens im Habachtal (Land Salzburg, Österreich). – *Arch. f. Lagerst.forsch. Geol. B.-A.* **2**, 71–107.
- GÜBELIN, E. (1981): Die Edelsteinorkommen Pakistans, 2. Teil, Die Smaragdorkommen im Swat-Tal. – *Lapis* **7**, 19–31.
- HÄNNI, H. A. (1980): Mineralogische und mineralchemische Untersuchungen an Beryll aus alpinen Zerrklüften. – Dissertation, Universität Basel, Schweiz.
- HÄNNI, H. A. (1982): A contribution to the separability of natural and synthetic emeralds. – *J. Gemmol.* **18**, 138–144.
- SAUER, D. A. (1982): Emeralds from Brazil. – *International Gemological Symposium, Proceedings*, 375–377.
- SCHMETZER, K. & BANK, H. (1980): Smaragde aus Sambia mit ungewöhnlichem Pleochroismus. – *Z. Dt. Gemmol. Ges.* **29**, 149–151.

- SCHWANDER, H. & GLOOR, F. (1980): Zur quantitativen Mikrosonden-Analyse von geologischen Proben mittels kombiniertem EDS/WDS. – *X-ray Spectrometry* **9**, 134–137.
- v. KALMBACH, W. F. (1938): *Handbuch brasilianischer Edelsteine und ihrer Vorkommen*. – N. Medawar (Editor), Rio de Janeiro.
- WOOD, D.-L. & NASSAU, K. (1968): The characterization of beryl and emerald by visible and infrared spectroscopy. – *Amer. Mineral.* **53**, 777–800.

Bei der Schriftleitung eingegangen am 7. Januar 1983.

Anschriften der Verfasser:

Dr. Henry A. Hänni, Mineralogisches Institut der Universität Basel, Bernoullistrasse 30, CH-4056 Basel, Schweiz, und Schweizerische Stiftung für Edelsteinforschung, Löwenstrasse 17, CH-8001 Zürich, Schweiz.
Dr. Christoph J. Kerez, Stodolastrasse 21, CH-8053 Zürich, Schweiz.