

**KATHODOLUMINESZENZ-UNTERSUCHUNGEN AUSGEWÄHLTER MINERALPHASEN  
MITTELS RÜCKSTREUELEKTRONENDETEKTOR: EINE REM-STUDIE**

von

**F. Brandstätter**

Mineralogisch-Petrographische Abteilung  
Naturhistorisches Museum, Burgring 7, A-1010 Wien

**Einleitung**

Die Untersuchung der Kathodolumineszenz (KL) von Mineralen ist eine Standardmethode, die in vielen Bereichen der Geowissenschaften eingesetzt wird [1]. Allen KL-Geräten gemeinsam ist eine Elektronen emittierende Kathode und ein für den Nachweis der Lumineszenzstrahlung geeigneter Detektor. In der konventionellen KL-Mikroskopie wird entweder eine "Kaltkathode" [2] oder eine "Heißkathode" [3] mit einer lichtmikroskopischen Einheit kombiniert. Eine weitere Gerätekonfiguration, die von diversen Herstellerfirmen standardmäßig angeboten wird, ist die Anbindung einer KL-Einheit an ein Rasterelektronenmikroskop (REM). Bei der letztgenannten Gerätekombination können die Vorteile des REM (insbesondere die hohe Ortsauflösung des Elektronenstrahls) mit den Möglichkeiten des jeweiligen Lumineszenzdetektors verknüpft werden. Zusätzlich können *in situ* im mm- bis  $\mu\text{m}$ -Bereich Rasteraufnahmen des KL-Signals mit anderen Probensignalen (z. B. Sekundärelektronen, Rückstreuerelektronen (BSE) oder charakteristischer Röntgenstrahlung) verglichen werden. Bei REM-Untersuchungen wird der Materialkontrast einer Probe meistens mittels BSE bestimmt. Der Nachweis der rückgestreuten Elektronen erfolgt dabei durch Halbleiterdetektoren oder Detektoren, die aus einer Szintillator-Photomultiplier-Kombination bestehen. Die letztgenannte Detektorvariante enthält den lichtempfindlichen Photomultiplier und sollte somit prinzipiell auch zum Nachweis von KL-Strahlung geeignet sein.

Im folgenden wird gezeigt, daß – unter bestimmten Voraussetzungen – mit einem konventionellen BSE-Detektor die in einer Mineralprobe angeregte KL-Strahlung nachgewiesen werden kann.

**Experimentelles**

Diese Studie wurde mit einem JEOL JSM-6400 Rasterelektronenmikroskop (Meßbedingungen: 15 kV Beschleunigungsspannung; 1.2 - 1.5 nA Strahlstrom) durchgeführt. Das REM ist mit zwei BSE-Detektoren ausgestattet: (i) einem zweigeteilten Halbleiterdetektor und (ii) einem Szintillator-Photomultiplier ROBINSON Detektor (RB), der im Rahmen dieser Arbeit versuchsweise als KL-Detektor eingesetzt wurde. Ein mit dem REM kombiniertes KL-System (OXFORD MonoCL 2) wurde dazu verwendet, die mittels RB-Detektor erhaltenen und fotografisch dokumentierten KL-Aufnahmen *in situ* mit "echten" KL-Aufnahmen zu vergleichen. Zur Untersuchung wurden polierte und mit Kohlenstoff bedampfte Proben von Diamant, Fluorit, Benitoit und Zirkon verwendet.

## Ergebnisse

Bei allen untersuchten Proben konnten die mittels des KL-Systems erhaltenen KL-Aufnahmen in reproduzierbarer Weise auch mit dem RB-Detektor nachgewiesen werden.

Beim REM ist die Ausbeute an rückgestreuten Elektronen - und somit die Intensität des BSE-Signals- mit der mittleren Ordnungszahl ( $Z_m$ ) der Probe positiv korreliert. Der RB-Detektor sollte daher vor allem bei jenen Mineralen als KL-Detektor einsetzbar sein, die (i) ein niederes  $Z_m$  und eine kräftige Lumineszenz aufweisen oder (ii) bei höherem  $Z_m$  chemisch möglichst homogen sind. Für Möglichkeit (i) ist Diamant ein optimaler Kandidat. Von mehreren Diamantproben wurden Lumineszenzfotos von kristallographisch orientierten Wachstumszonen aufgenommen. Aus diesen Aufnahmen (Abb. 1, 2) ist ersichtlich, daß KL- und RB-BSE-Detektor durchaus vergleichbare Resultate ergeben.

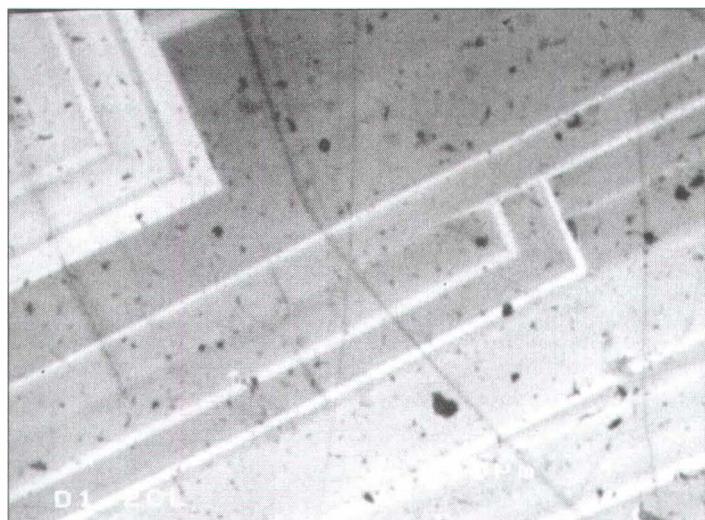


Abb. 1  
Kristallographisch orientierte Wachstumsbereiche in natürlichem Diamant.  
REM-Aufnahme,  
KL-Detektor,  
Bildbreite 0.23 mm.

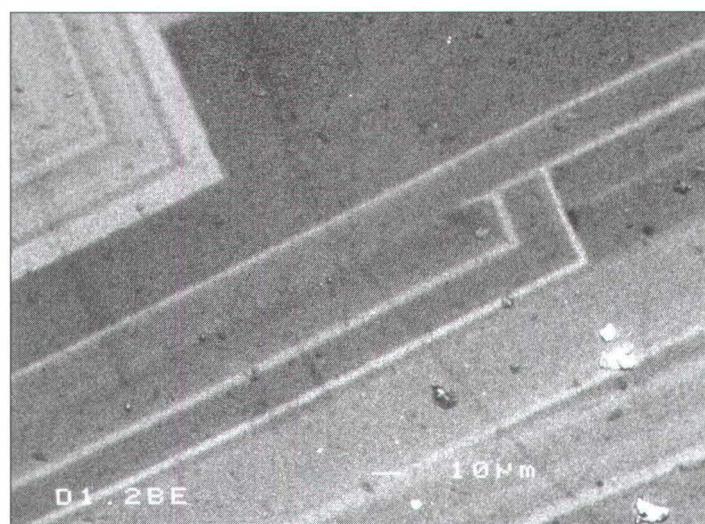


Abb. 2  
Kristallographisch orientierte Wachstumsbereiche in natürlichem Diamant.  
REM-Aufnahme,  
RB-BSE -Detektor.,  
Bildausschnitt wie in Abb. 1.

Ebenso zeigten Proben von Fluorit und Benitoit, die im BSE-Bild (Halbleiterdetektor) eine homogene Beschaffenheit aufwiesen, im RB-BSE-Bild Intensitätsverteilungen, die eindeutig den entsprechenden KL-Aufnahmen zuordenbar sind.

Ein Mineral mit kräftiger Lumineszenz und chemisch inhomogenem Aufbau ist der Zirkon, dessen Morphologie und Zonarbau – wegen seiner Bedeutung für die Geochronologie – in zahlreichen Publikationen beschrieben wurde. Bei kombinierten Untersuchungen von Zirkonen mittels KL- und BSE-Detektor ergab sich stets eine negative Korrelation von  $Z_m$  und KL-Intensität. Diese Antikorrelation zwischen Chemismus und Lumineszenzintensität zeigte sich in den RB-BSE-Aufnahmen dadurch, daß diese – im Vergleich zu den Halbleiter-BSE-Aufnahmen – eine merkliche Kontrastminderung aufwiesen. RB-BSE-Aufnahmen von Zirkon können somit als Resultat der Überlagerung von KL-Signal und antikorreliertem BSE-Signal interpretiert werden.

## Literatur

- [1] PAGEL, M. et al. [Hrsg.] (2000): Cathodoluminescence in Geosciences. - Springer-Verlag: 514 S.
- [2] MARSHALL, D. J. (1988): Cathodoluminescence of Geological Materials. - Allen & Unwin: 146 S.
- [3] GÖTZE, J. (1998): Principle and advantages of cathodoluminescence microscopy. -European Microscopy and Analysis, September Vol.: 21-23.