

Feuer im Gegenlicht

Zur Ursaches des Farbspiels von Contra-Luz-Opalen

Das Farbspiel von Edelopal, gelegentlich auch Feuer genannt, ist bei einigen Opalen nicht wie üblich in Reflektion, sondern nur bei seitlicher Beleuchtung oder im Gegenlicht (in Transmission) zu erkennen.

Nach den spanischen Begriffen für "gegen = contra" und "Licht = luz" werden Edelopale, die ein solches Verhalten zeigen, als Contra-Luz-Opale bezeichnet.

Derartige Opale waren bisher nahezu ausschließlich aus Mexiko bekannt, Vorkommen geringerer Bedeutung liegen in Oregon/USA. In Australien sind Contra-Luz-Opale dagegen sehr selten.

Um einen Edelopal überhaupt als Contra-Luz-Opal erkennen zu können, ist es selbstverständlich Voraussetzung, dass die Opale als transparente Kristallopale vorliegen oder zumindest durchscheinend sind, andernfalls ist aufgrund von Streuung und/oder Absorption des Lichts ein Farbspiel im transmittierten Licht nicht sichtbar. Häufig bleibt der Effekt auch unentdeckt, da Opale, die in Reflektion kein Farbspiel zeigen, nur selten auch seitlich, bzw. mit rückseitigem Licht beleuchtet werden.

Die Grundfarbe dieser Edelopale variiert, so dass der Contra-Luz-Effekt bei durchsichtigen Kristallopalen und durchscheinenden Milchopaln weißer Grundfarbe und auch an orangefarbenen bis roten/rotbraunen Feueropaln beobachtet wurde. Hinsichtlich des Farbspiels gibt es keine Einschränkungen, das Spektrum umfasst alle Farben von Blau bis Rot.

Mittlerweile wurde der gleiche Effekt auch bei einer Vielzahl von Edelopaln aus Äthiopien beobachtet, hier ebenfalls bei Opalen verschiedener Körperfarbe. Eine stichprobenartige Überprüfung an Opalen aus der Provinz Welo (Wello/Wollo) und Mezezo ergab, dass bei zahlreichen Milchopaln und Feueropaln ein Farbspiel im Gegenlicht oder bei streifendem Einfall des Lichts zu beobachten ist.

Detaillierte strukturelle Untersuchungen, um festzustellen, welche Ursachen für das Farbspiel der Contra-luz-Opale in Frage kommen, sind bisher nicht bekannt. Eine theoretische Betrachtung auf Basis optischer Untersuchungen wurde 1980 von William W. Davis veröffentlicht [1].

Da jedoch bereits seit den ersten elektronenmikroskopischen Aufnahmen und deren Auswertung kein Zweifel mehr daran besteht, dass das Farbspiel der Edelopale eine Strukturfarbe ist [2,3] und auch an im Labor präparierten dreidimensional geordneten Systemen in kubisch innenzentrierter und kubisch flächenzentrierter Symmetrie aus Polymer- und Silicapartikel ebenfalls ein Farbspiel im Gegenlicht zu beobachten war, ist eine Abhängigkeit des Contra-Luz-Effekts von der Herkunft, vom Chemismus oder vom Ordnungstyp der Partikel auszuschließen (Abb. 2-3).

Wie sich zeigen lassen wird, ist die Ursache mit den aus der Röntgenbeugung bekannten Gesetzmäßigkeiten abzuleiten, die aufgrund der betrachteten Wechselwirkung mit Licht entsprechend modifiziert werden müssen. Dazu sei hier die Wechselwirkung des sichtbaren Lichts mit einer Dichtestpackung kugeligter Partikel betrachtet (Abb. 4).

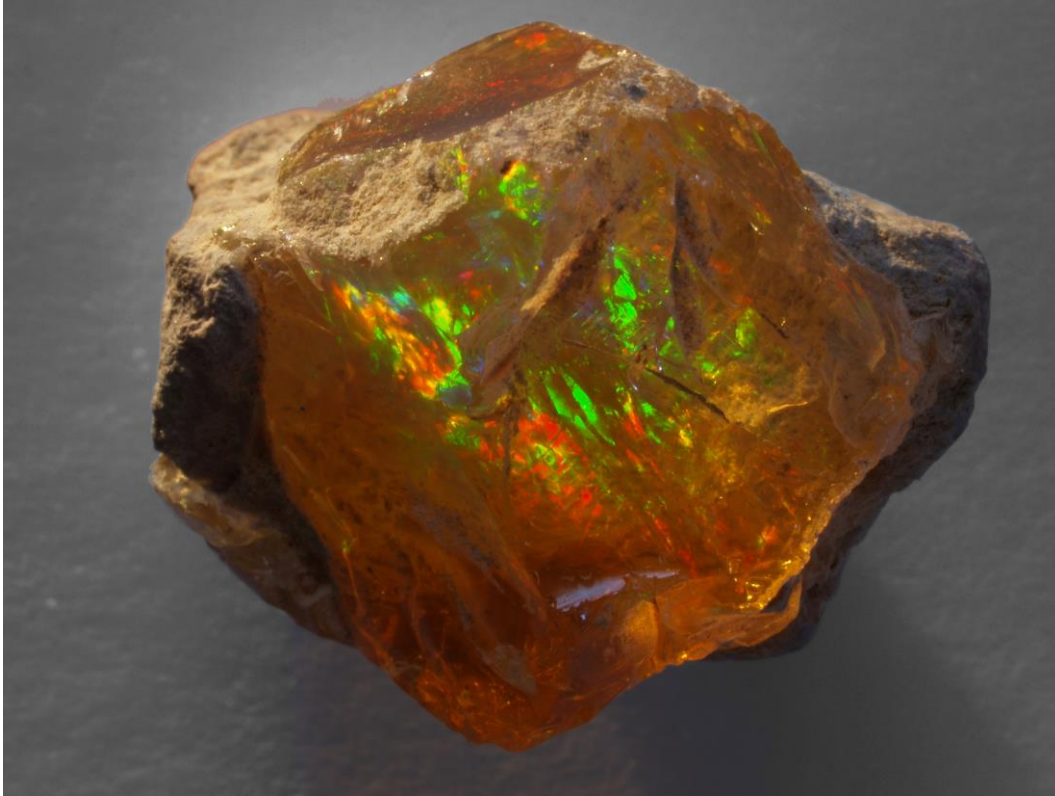


Abb. 1 Opal aus Äthiopien bei rückseitiger Beleuchtung (Contra-Luz-Opal)

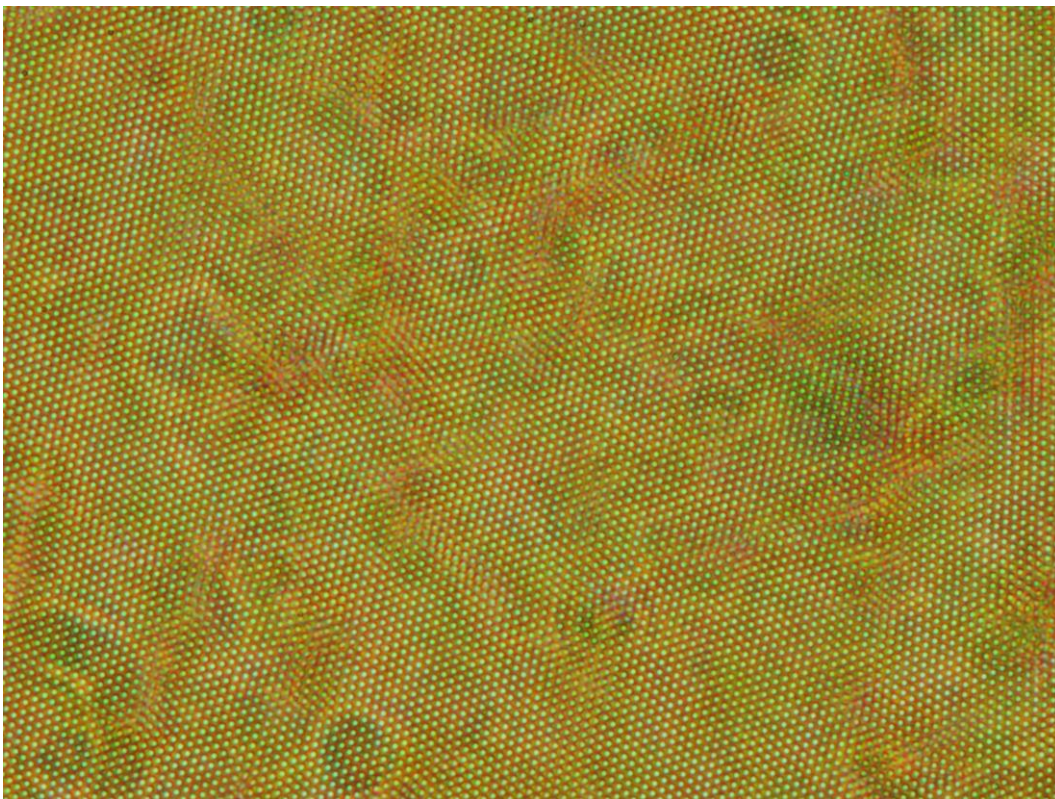


Abb. 2 Mikroskopische Aufnahme synthetischer Silica-Partikel (Durchmesser 1400nm) in dichtestgepackter, hexagonaler Anordnung (63x Vergrößerung)

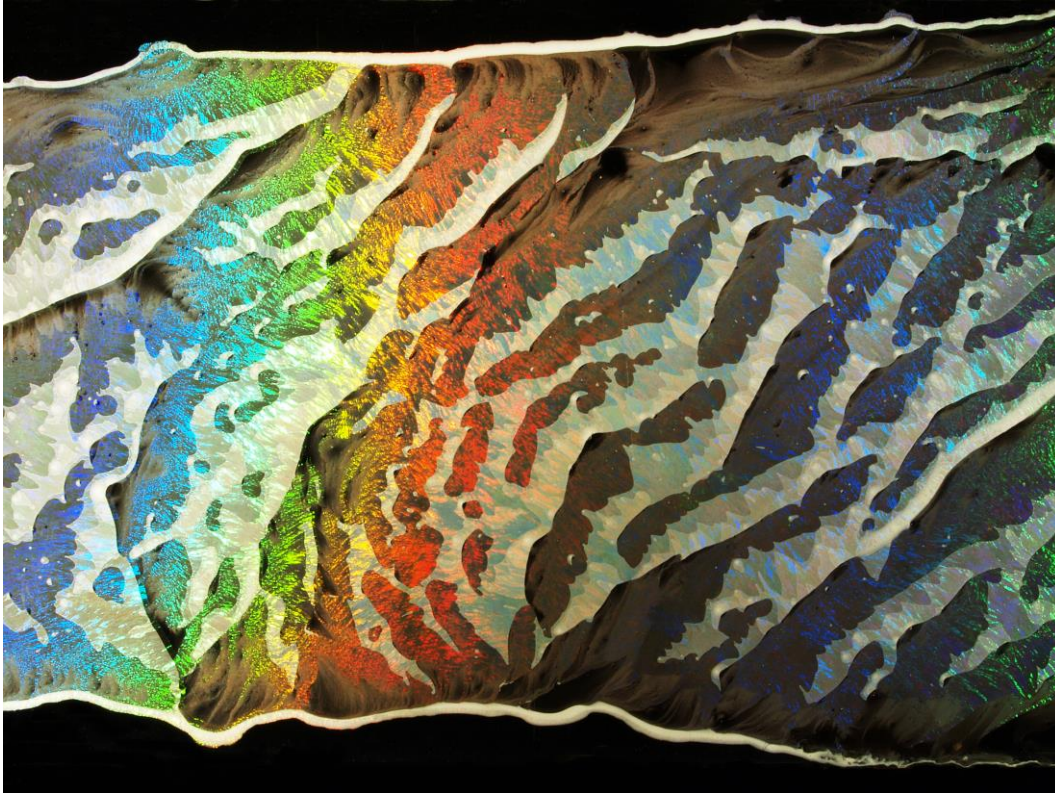


Abb. 3 Makrofotografie getrockneter Silica-Partikel einer Größe von 1400nm auf einem Glaträger in transmittiertem Licht

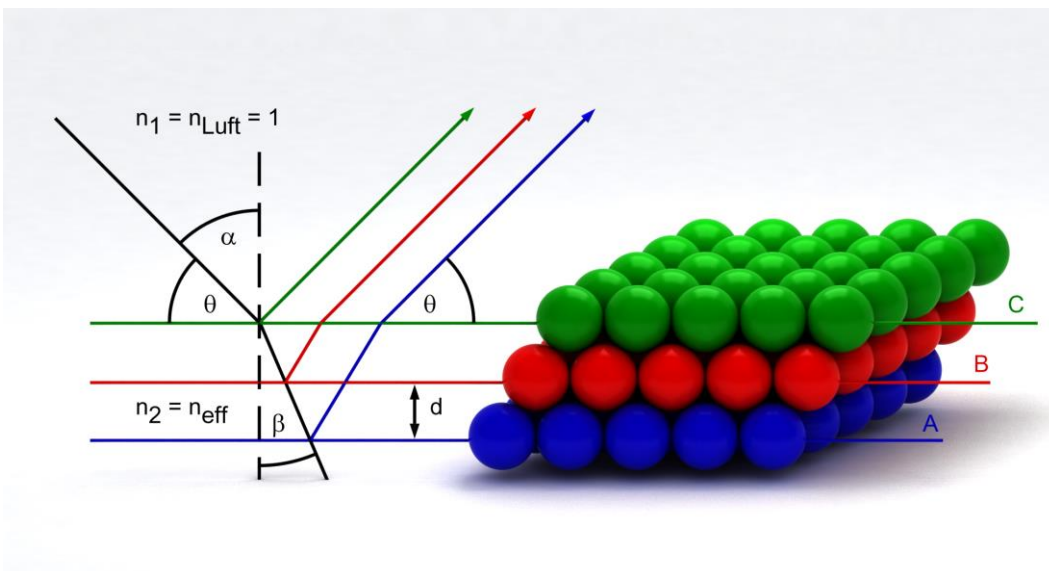


Abb. 4 Braggbeugung an einer kubisch-flächenzentrierten Dichtestpackung (fcc)

$$\lambda_{\text{Luft}} = 2 n d \sin \theta_{hkl} / \sqrt{(h^2 + k^2 + l^2)}$$

λ – Wellenlänge

n – Brechungsindex

d – Netzebenenabstand

θ – Beugungswinkel

h, k, l – Miller'sche Indizes

Um also beispielsweise für den intensivsten Reflex der kubisch-flächenzentrierten Dichtestpackung (face-centred-cubic, fcc), den 111-Reflex ($h, k, l = 1$) ein Rot der ersten Ordnung ($m=1$, Wellenlänge im Bereich $\lambda \sim 700$ Nanometer) unter einem bestimmten Winkel θ sehen zu können, ist bei bekanntem Brechungsindex n offensichtlich nur eine Variable entscheidend – der Netzebenenabstand d , der für eine fcc-Dichtestpackung in folgender Beziehung zum Partikelradius r steht:

$$d = \sqrt{2/3} \cdot 2r$$

Daher lässt sich voraussagen, dass nur Opale mit einer dreidimensional periodischen Anordnung von Partikeln ab einer bestimmten Größe auch ein Farbspiel bei seitlicher Beleuchtung, bzw. im Gegenlicht zeigen werden.

Davis [1] bestimmte für den Netzebenenabstand der untersuchten Contra-Luz-Opale Werte von 300-800 nm. Dies entspricht Partikeldurchmessern von etwa 370-980 nm. Im Vergleich dazu liegen die Partikeldurchmesser der "normalen" Opale im Bereich von ca. 250-350 Nanometer, die Partikel sind somit kleiner.

Aber erst elektronenmikroskopische Aufnahmen von Contra-Luz-Opalen und Beugungsversuche werden diese Betrachtungen bestätigen und endgültig Aufschluss zur Ursache für das Feuer im Gegenlicht geben können.

Literatur

[1] Davis, W. W. (1980): "Contra Luz Opal:" Structure and Optical Properties, Proceedings of the Indiana Academy of Science, 90, 368-374.

[2] Pense, J. (1963): "Elektronenmikroskopischer Beitrag zur Optik der Edelopale", Jahrestagung der Deutschen und Österreichischen Mineralogischen Gesellschaft, 41, 166.

[3] Sanders, J. V. (1964): Colour of Precious Opal, Nature, 204, 1151-1153.