

# WOHER KOMMT DIE FARBE VON MINERALEN?

Anton BERAN

## Allgemeines

Die Ursachen für die Farbe eines Minerals sind sehr unterschiedlich. Zunächst muß man berücksichtigen, daß die spektrale Empfindlichkeitsverteilung unseres Auges im grünen Spektralbereich ein Maximum zeigt, d.h. wir sehen „grün“ besonders gut. Außerdem kann die Art der Beleuchtung eine Farbe wesentlich beeinflussen. Dies äußert sich im sog. „Alexandrit-Effekt“, der z.B. den Alexandrit (ein  $\text{Cr}^{3+}$ -haltiger Chrysoberyll,  $\text{Al}_2\text{BeO}_4$  orthomb.) im Kunstlicht, das in seinem Spektrum einen relativ hohen Rotanteil enthält, rot erscheinen läßt und im Tageslicht, das einen höheren kurzwelligen Anteil hat, grün. Licht wird als elektromagnetische Wellenbewegung betrachtet, wobei dem sichtbaren Spektralbereich Wellenlängen von 400 nm bis 800 nm zugeordnet werden.

## Färbende Metallionen

Eine der häufigsten Farbursachen ist der Gehalt an „färbenden Metallionen“. Dabei handelt es sich vor allem um die sog. Übergangsmetalle des Periodischen Systems der Elemente. Der wesentliche Vorgang für das Zustandekommen von Farben ist die Wechselwirkung zwischen Licht und den äußeren Elektronenhüllen dieser Metallionen, die sich in Form bestimmter, jeweils charakteristischer Absorptionen innerhalb des sichtbaren Spektralbereichs äußert. Absorbiert ein Mineral z.B. im kurzwelligen violett-blauen Spektralbereich und im langwelligen roten, so wird das entsprechende Mineral grün erscheinen. Derartige Absorptionsverhältnisse finden wir im Smaragd, wo die grüne Farbe

- ebenso wie beim Alexandrit- auf den Einbau geringer  $\text{Cr}^{3+}$ -Gehalte in die Kristallstruktur des Berylls,  $\text{Be}_3\text{Al}_2(\text{Si}_6\text{O}_{18})$  hex., zurückzuführen ist.

Welche Farbe die Anwesenheit eines Übergangsmetallions bewirkt, hängt von seiner Wertigkeitsstufe und von seinen unmittelbaren Koordinationsverhältnissen innerhalb der Kristallstruktur ab. Beispielsweise ist das  $\text{Fe}^{2+}$ , das das Al des Berylls in geringen Konzentrationen ersetzt, für die blaue Farbe des Aquamarins verantwortlich, während  $\text{Fe}^{3+}$  die goldgelbe Farbe des Goldberylls bewirkt. In der Kristallstruktur des Berylls ist das Al teilweise ersetzende Fe von sechs Sauerstoffen oktaedrisch koordiniert. Die hellgrüne Farbe des Forsterits („Peridots“),  $\text{Mg}_2\text{SiO}_4$  orthomb. - dessen Kristallstruktur auch der bereits erwähnte Chrysoberyll besitzt - ist ebenfalls auf  $\text{Fe}^{2+}$ -Gehalte zurückzuführen, wobei hier oktaedrisch koordiniertes Mg teilweise ersetzt wird.  $\text{Fe}^{2+}$  ist aber auch für die rote Farbe des Pyrops,  $\text{Mg}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$  kub., verantwortlich, wo aber das durch  $\text{Fe}^{2+}$  teilweise ersetzte Mg von acht Sauerstoffen verzerrt würfelig koordiniert ist. Das  $\text{Cr}^{3+}$  Ion bewirkt nicht nur die grüne Farbe des Smaragds, es bewirkt auch die rote Farbe des Rubins (Korund,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  trig.). Der Grund dafür liegt in den etwas unterschiedlichen Abstandsverhältnissen um das  $\text{Cr}^{3+}$  Ion in diesen beiden Mineralstrukturen.

## Ladungsübergänge

Nun findet sich oft nicht nur ein „färbendes Metallion“ in einem bestimmten Mineral, sondern zwei oder mehrere. Wenn zwei Übergangsmetallionen auf benachbarten Gitterplätzen innerhalb der entsprechenden Kristallstruktur auftreten, kann es zu sog. „Ladungsübergängen“ kommen. Solche Prozesse spielen sich z.B. zwischen  $\text{Fe}^{2+}$  und  $\text{Fe}^{3+}$  ( $\text{Fe}^{2+} + \text{Fe}^{3+} = \text{Fe}^{3+} + \text{Fe}^{2+}$ ) ab oder zwischen  $\text{Fe}^{2+}$  und  $\text{Ti}^{4+}$  ( $\text{Fe}^{2+} + \text{Ti}^{4+} = \text{Fe}^{3+} + \text{Ti}^{3+}$ ) und verlaufen in durch die Kristallstruktur vorgegebenen Richtungen. Derartige gerichtete Ladungsübergänge sind oft für Minerale mit einem deutlichen Pleochroismus verantwortlich - z.B.  $\text{Fe}^{2+}$  und  $\text{Fe}^{3+}$  für den hellgelb - dunkelbraun Pleochroismus des Biotits oder den hellgelb - dunkelblau Pleochroismus des Cordierits.  $\text{Fe}^{2+}$  und  $\text{Ti}^{4+}$  sind für die blaue Farbe des Disthens,  $\text{Al}_2\text{OSiO}_4$  trkl., und für die Farbe des blauen Saphirs (Korund) verantwortlich. In beiden Mineralen wird wieder oktaedrisch koordiniertes Al in geringen Konzentrationen ersetzt.

## F-Zentren

Eine weitere, bei Mineralen häufig zu beobachtende Ursache für Farben sind die sog. „Farb-Zentren“ (F-Zentren), die im wesentlichen Fehlstellen des Kristallgitters darstellen und oft sehr komplex aufgebaut sind. Zur Aktivierung dieser F-Zentren bedarf es hochenergetischer Strahlung, die die Natur meist in Form von radioaktiver Strahlung, zwar nur in sehr geringen Konzentrationen aber über lange Zeiträume hinweg, liefern kann. Die F-Zentren sind im allgemeinen relativ instabil

und können durch thermische Behandlung der entsprechenden Minerale ausgelöscht werden. Beispielsweise ist die rauchbraune Farbe des Rauchquarzes auf  $(\text{AlO}_4)^{4-}$ -Zentren zurückzuführen. Wird Rauchquarz erhitzt, verliert er seine Farbe und er wird zum farblosen Bergkristall. Durch kurzzeitige, künstliche radioaktive Bestrahlung mit hoher Dosierung können die Rauchquarz-Farbzentren wieder aktiviert werden. Beim violetten Amethyst ist die Anwesenheit von  $\text{Fe}^{3+}$  notwendige Voraussetzung zur Aktivierung eines entsprechenden F-Zentrums.

Die sehr unterschiedlichen Farben des Fluorits,  $\text{CaF}_2$  kub., sind ebenfalls auf F-Zentren zurückzuführen. Ähnliches gilt für die sehr seltenen Farb-Diamanten, bei denen vor allem Leerstellen im Kristallgitter sowie die Anwesenheit geringer Stickstoff- und Bor-Mengen eine wichtige Rolle bei der Farbgebung spielen. Beim Mikroklin ist die Anwesenheit von  $\text{Pb}^{2+}$  und  $\text{H}_2\text{O}$  erforderlich, um die Ausbildung eines F-Zentrums, das dem Amazonit seine blaugüne Farbe verleiht, zu ermöglichen.

### Reflexionsfarben

Komplexe Absorptionsvorgänge, die gewissermaßen vom gesamten Kristallgitter herrühren, spielen beim Zustandekommen der Reflexionsfarbe von sehr stark absorbierenden, also auch in dünnsten Schichten undurchsichtigen (opaken) Mineralen die entscheidende Rolle. Die starke Absorption wird vor allem durch die metallischen Bindungsanteile in den entsprechenden Kristallstrukturen bestimmt.

Für die Farbe entscheidend ist hier die Wellenlängenabhängigkeit des durch Absorptionskonstante und Brechungsindex bestimmten Reflexionsvermögens im sichtbaren Spektralbereich. Während z.B. das „gelb“ reflektierende gediegene Gold eine extrem starke Dispersion zeigt, wobei das Reflexionsvermögen im blauen Licht nur etwa 35 % beträgt und im roten Licht 95 %, hat das „weiße“ gediegene Silber eine fast gleichbleibende Reflexion von etwa 95 % über den gesamten sichtbaren Spektralbereich. Einen prinzipiell ähnlichen Dispersionsverlauf wie beim Gold, nur in wesentlich abgeschwächter Form, nimmt das Reflexionsvermögen auch bei anderen gelben Erzmineralen, wie z.B. Kupferkies (Chalkopyrit),  $\text{CuFeS}_2$  tetr., oder Pyrit,  $\text{FeS}_2$  kub.

Das entsprechend opake Mineral wird jene Reflexionsfarbe zeigen, die der Komplementärfarbe jenes Spektralbereichs entspricht, in der ein Reflexionsminimum auftritt.

### Physikalische Farbursachen

Eine Reihe von weiteren Farbursachen sind rein physikalischer Natur. Hierzu zählt der „Mondstein-Effekt“, bei dem es sich um einen Lichtstreuungseffekt handelt. Mondsteine sind Mikropertthite, bei denen die im Kalifeldspat entmischten Albit-Spindeln eine Dimension aufweisen, die noch etwas kleiner als die Wellenlänge des sichtbaren Lichts ist. Nachdem kurzwelliges Licht stärker gestreut wird als langwelliges, zeigen typische Mondsteine vor allem einen bläulichen Lichtschimmer. Ist die Größe der Streuzentren, bei denen es sich auch um feinste Mineral- und Fluidein-

schlüsse oder Mikrorisse handeln kann, etwas größer als die Wellenlänge des sichtbaren Lichts, kommt es zu Lichtstreuungseffekten, die z.B. dem Milchquarz sein milchig-weißes Aussehen verleihen.

Das bunte Farbenspiel des „Labradorisierung“ ist auf Lichtbeugungseffekte zurückzuführen, die an orientiert verwachsenen Plagioklaslamellen unterschiedlicher Zusammensetzung auftreten. Ebenfalls auf Lichtbeugung beruht das Farbenspiel des Edelopals (Opal,  $\text{SiO}_2 \cdot n \cdot \text{H}_2\text{O}$  amorph, hex., kub.). Die Beugung des Lichts tritt dabei an den den Edelopal aufbauenden, regelmäßig, etwa in Form einer dichtesten Kugelpackung, angeordneten Opalsubstanz-Kügelchen auf, deren Durchmesser etwa der Wellenlänge des sichtbaren Lichts entsprechen.

Schließlich gibt es eine Vielzahl von Mineralen, deren Farbe einfach auf feinst verteilte Einschlüsse von anderen gefärbten Mineralen zurückzuführen ist. Beispielsweise kommt die grüne Farbe des Chrysopras (Quarz-Varietät) von eingeschlossenen grünen Ni-hältigen Tonmineralen, die ihre Farbe dem  $\text{Ni}^{2+}$  Übergangsmetallion verdanken. Der Carneol (Quarz-Varietät) bezieht seine Farbe von feinsten Limoniteinschlüssen, deren rötlich-braune Farbe von  $\text{Fe}^{3+}$  herrührt.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Der steirische Mineralog](#)

Jahr/Year: 1998

Band/Volume: [9-13\\_1998](#)

Autor(en)/Author(s): Beran Anton

Artikel/Article: [Woher kommt die Farbe von Mineralien? 6-7](#)