

Mineralogisch-gemmologische Untersuchungsmöglichkeiten

Optische Untersuchungsmethoden

Es gibt weitere Erkennungsmerkmalen, die mit dem Auge wahrgenommen werden können (daher "optisch"), wenn man Hilfsmittel wie das Mikroskop, das Refraktometer oder das Spektroskop verwendet. Auf diese Weise können folgende Bestimmungskriterien ermittelt werden:

Einschlüsse: Unter dem Mikroskop lassen sich viele, für bestimmte Mineralien oder bestimmte Fundorte typische Einschlüsse entdecken, die ein Mineral identifizieren oder von Fälschungen abgrenzen.

Zonarbau: In einigen Mineralien ist die Mineralfarbe in bestimmten Wachstumszonen intensiver als in anderen. Dies hängt mit der Verteilung bestimmter chemischer Elemente im Kristallgitter zusammen. Aufgrund der verschiedenen, deutlich voneinander abgesetzten Zonen wird dieses Phänomen auch Zonarbau genannt. Mit dem Mikroskop lässt sich der Zonarbau sehr schön sichtbar machen, was zur Unterscheidung vieler Mineralien (z.B. von echtem Citrin und gebranntem Amethyst) hilfreich ist.

Pleochroismus: Manche Mineralien zeigen, je nachdem, von welcher Seite man den Kristall betrachtet, verschiedene Farben. Wechseln sich dabei zwei Farben ab, spricht man auch von Zweifarbigkeit oder Dichroismus (z.B. Cordierit), sind es mehr, von Mehrfarbigkeit oder Pleochroismus. Nicht immer ist dieses Phänomen schon mit dem bloßen Auge zu sehen, betrachtet man jedoch Mineralpulver unter dem Mikroskop, so erkennt man den Pleochroismus an der Verschiedenfarbigkeit der kleinen Partikel.

Veränderungen des Lichts: Viele Kristalle verändern den durchfallenden Lichtstrahl, z.B. indem sie die Schwingungsebene des Lichts drehen. Dies lässt sich unter einem sog. Polarisationsmikroskop feststellen, dessen Lichtquelle nur Lichtstrahlen aussendet, die genau parallel schwingen. Dabei auftretende typische Veränderungen weisen oft ebenfalls auf ganz bestimmte Mineralien hin.

Lichtbrechung: Jedes Mineral hat einen eindeutigen Brechungsindex, der angibt, wie stark das Licht an der Oberfläche des Minerals gebrochen wird (siehe auch "Glanz"). Dieser Brechungsindex lässt sich mit dem Refraktometer oder durch das Einlegen der untersuchten Steine in Flüssigkeiten mit bekanntem Brechungsindex bestimmen. Insbesondere für Edelsteine ist diese Untersuchungsmethode sehr wichtig.

Einfach- und Doppelbrechung: Nur amorphe und kubische Mineralien, deren innere Struktur in alle Richtungen gleich ist, besitzen eine einfache Lichtbrechung. Bei allen anderen Mineralien wird der einfallende Lichtstrahl in zwei Strahlen geteilt. Nur in wenigen Mineralien, wie z.B. den Calcit-Rhomboedern (sog. Doppelspat), ist diese Doppelbrechung mit dem bloßen Auge sichtbar. Mit dem Refraktometer dagegen lässt sich die Abweichung des zweiten Lichtstrahls bei jedem Mineral oder Edelstein genau bestimmen.

Dispersion: Die verschiedenen Farben des Lichts werden bei der Lichtbrechung unterschiedlich stark gebrochen. Diesen Effekt macht man sich z.B. beim Prisma zunutze, um einen weißen Lichtstrahl in die Regenbogenfarben aufzufächern, oder beim Diamant, der im Brillantschliff auf diese Weise sein buntes, feuriges Funkeln erhält. Die Dispersion gibt nun an, wie sehr ein Lichtstrahl in die enthaltenen Farben aufgefächert wird und ist damit ein weiteres Identifikationsmerkmal für Mineralien und Edelsteine.

Absorptionsspektren: Jedes chemische Element nimmt bestimmte Lichtfrequenzen auf und kann dadurch mit Hilfe eines Spektroskops identifiziert werden. Dabei wird ein Lichtstrahl, der durch eine Mineralprobe geleitet wurde, in die enthaltenen Spektralfarben, das sog. Spektralband, aufgefächert. Jede fehlende, da absorbierte Lichtfrequenz macht sich in diesem Spektralband als dunkle Absorptionslinie bemerkbar. Dadurch lässt sich die chemische Zusammensetzung und indirekt auch das Mineral bestimmen. Auch absorbierte Frequenzen im Infrarot- und UV-Bereich werden hierfür von einem Detektor erfasst und aufgezeichnet (Spektralphotoanalyse).

Chemische Untersuchungsmethoden

Alle chemischen Elemente besitzen charakteristische, individuelle Eigenschaften. Daher ist es durch spezielle Analysen möglich, die stoffliche Zusammensetzung eines Minerals zu bestimmen.

Schmelzprobe: Zunächst wird hier in der Regel die Schmelzbarkeit bestimmt sowie das Verhalten und die Veränderung des Minerals beim Erhitzen mit und ohne Luftzufuhr. Dabei achtet man vor allem auf die Flüchtigkeit, eventuelles Zerspritzen, Explodieren, Farbveränderungen, Leuchterscheinungen usw. Alle diese Phänomene gewähren Rückschlüsse auf bestimmte Inhaltsstoffe.

Flammenfärbung: Durch das Einbringen einer sauberen, evtl. zuvor kurz in Salzsäure getauchten Mineralprobe in eine nicht leuchtende Brenntierflamme lässt sich außerdem die Flammenfärbung bestimmen. Verschiedene Elemente beginnen beim starken Erhitzen in charakteristischen Farben zu leuchten und können auf diese Weise nachgewiesen werden.

Perlversuch: Auch beim Schmelzen mit Borax oder Phosphatsalz entstehen charakteristische Färbungen. In einer gemeinsamen Schmelze von Borax- und Mineralpulver bilden sich farbige, glasige Kügelchen, die sog. Boraxperlen. Deren Farben identifizieren ebenfalls bestimmte chemische Elemente.

Physikalische Untersuchungsmethoden

Diese Untersuchungsmethoden tragen den Namen "physikalisch", da sie mit Hilfe hochtechnologischer physikalischer Geräte durchgeführt werden. In der Regel sind es hauptsächlich Universitäten, die für solche Untersuchungen ausgerüstet sind.

Laue-Fotografie: Die Laue-Fotografie ist der Veteran unter den Röntgenanalysen der Kristallgitter. Auf Anregung des Physikers Max von Laue wurde 1912 erstmals ein Kristall von Röntgenstrahlen durchstrahlt, die anschließend auf eine Fotoplatte trafen. Auf der entwickelten Platte zeigten sich dann Lichtpunkte, die in ihrer Symmetrie der inneren Struktur des Kristalls entsprachen. Dieses einfache Verfahren ermöglicht die Untersuchung einer kristallinen Struktur auch ohne sichtbare äußere Kristallformen.

Röntgenbeugungsanalyse (RBA): Aus der einfachen Laue-Fotografie entwickelte sich im Laufe der Zeit die sehr genaue RBA. Da Röntgenstrahlen an Kristallgittern gebeugt werden, kann in entsprechenden Geräten, den Röntgendiffraktometern, durch die Messung der Beugung nicht nur die Kristallstruktur eines Minerals bestimmt werden. Da selbst bei sehr ähnlichen Kristallgittern, wie z.B. bei Calcit, Rhodochrosit und Smithsonit, die einzelnen Atome eine unterschiedliche Größe besitzen, weichen die präzisen Beugungsdiagramme der RBA doch so weit voneinander ab, dass tatsächlich jedes Mineral sein eigenes, spezifisches Diagramm zeigt.

Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA): Die RFA ist eine Weiterentwicklung der einfachen Fluoreszenz-Bestimmung. Durch intensive Röntgenbestrahlung werden die chemischen Elemente eines Minerals zum Leuchten angeregt. Jedes Element sendet dabei spezifische Lichtfrequenzen aus und kann durch deren Messung identifiziert werden. Mit Hilfe der RFA lassen sich so selbst Mengen in Millionstel Gramm Größe bestimmen.

Elektronenmikroskopie: Die Elektronenmikroskopie verwendet statt Lichtstrahlen kurzwelligere Elektronenstrahlen und kann so in Bereiche vordringen, die kleiner sind als die Wellenlänge des Lichts. Auf diese Weise wurde z.B. der innere Aufbau des Opals als Kugelpackung entdeckt. Die Elektronenmikroskopie wird unterschieden in die Durchlicht-Elektronenmikroskopie (TEM), die insbesondere Einschlüsse zu analysieren hilft, und die Raster-Elektronenmikroskopie (REM), die Oberflächenstrukturen sichtbar macht.

Elektronenstrahl-Mikroanalyse (ESMA): Die ESMA, oft auch Elektronen- oder Mikrosonde genannt, unterscheidet sich von der Röntgenfluoreszenzanalyse nur darin, dass Elektronenstrahlen statt Röntgenstrahlen zum Anregen der Mineralprobe verwendet werden. Da Elektronenstrahlen jedoch kurzwelliger sind, können noch wesentlich kleinere Bereiche und Mengen analysiert werden. Proben und Einschlüsse von einem tausendsten Millimeter Größe können so noch bestimmt werden.

Raman-Sondenanalyse: Bei der Raman-Sondenanalyse wird statt des Elektronenstrahls ein Laserstrahl so fokussiert, dass er die Moleküle der untersuchten Probe zum Schwingen bringt. Dadurch wird das Laserlicht gestreut und zu einer molekülabhängigen Veränderung seiner Wellenlänge gezwungen. Daran können schließlich die chemischen Verbindungen des Minerals ermittelt werden.