Illustrierter gemmologischer Fachartikel

Blauer Saphir

Von der Korundstruktur zu Blau- und Petroltönen, Farbwechsel und Fluoreszenz.



Hellblau · 1,24 ct



Petrolblaugrün · 1,29 ct



Blau mit violettem Nebenton · 0,935 ct



Tiefblau · 1,118 ct · erhitzt

Alle Nuancen von Blau

Blauer Saphir ist die blaue Varietät des Korunds, eines Aluminiumoxids mit der Formel Al_2O_3. Seine Farbe ist kein im Stein abgelagertes Pigment: Sie entsteht durch die Wechselwirkung von Licht mit Spurenelementen im Kristallgitter. Dieselbe atomare Struktur kann sehr unterschiedliche Blautöne erzeugen, von Hell- bis Tiefblau, mit grünen oder violetten Nebentönen. Die Handelsbezeichnung Blaugrün beschreibt eine Farbe zwischen Blau und Grün; sie bezeichnet weder eine Mineralart noch eine geografische Herkunft. [1] [4]

Das Verständnis dieser Vielfalt erfordert Verbindungen zwischen mehreren Ebenen: atomare Anordnung, Wachstumsbedingungen, Einschlüsse, Schliff und Beleuchtung. Das Erscheinungsbild allein ist nicht diagnostisch. Ein blaugrüner Saphir kann seine Farbe unter verschiedenen Lichtquellen beibehalten; umgekehrt wechseln manche Saphire bei veränderter Lichtquelle von Blau zu Violett. Der von der Blickrichtung abhängige Pleochroismus ist ein eigenständiges Phänomen. [5]

Vier Exemplare veranschaulichen diese Vielfalt: ein hellblaues Oval mit einem Gewicht von 1,24 ct , ein blaugrüner Stein im Kissenschliff mit einem Gewicht von 1,29 ct , ein blaues Achteck mit violettem Nebenton und einem Gewicht von 0,935 ct und ein tiefblaues Achteck mit einem Gewicht von 1,118 ct . Der letzte ist erhitzt. Ihre Fotografien veranschaulichen unterschiedliche Farbtöne und Lichtreaktionen; sie bilden keine kalibrierte Farbskala.

Kristallografie und Klassifikation

Korund kristallisiert im trigonalen System, Kristallklasse –3m, Raumgruppe $R\bar{3}c$, Nr. 167. Sein rhomboedrisches Bravais-Gitter R wird gewöhnlich in der konventionellen hexagonalen Aufstellung beschrieben. In der primitiven rhomboedrischen Aufstellung beträgt der Zellwinkel α ungefähr 55,28°: Dies beschreibt die Gittergeometrie, nicht die Neigung einer makroskopischen rhomboedrischen Kristallform. Die O^{2-}-Anionen bilden eine leicht verzerrte dichte Packung; Al^{3+} besetzt zwei Drittel der verfügbaren Oktaederplätze. Die verzerrten AlO_6-Oktaeder sind über gemeinsame Flächen und Kanten verbunden. Substitutionen durch Fe und Ti verändern diese Struktur lokal, ohne die Mineralidentität des Korunds zu ändern. Die Farbe hängt von ihren Ladungszuständen und Kombinationen ab, nicht allein von ihrer Gesamtkonzentration. [1] [2] [14]

Referenzdaten	Klassifikation
Formel	Al_2O_3 · einfaches Oxid
System / Bravais-Gitter	Trigonal · rhomboedrisch R
Klasse / Raumgruppe	–3m · $R\bar{3}c$, Nr. 167
Konventionelle Elementarzelle	a ≈ 4,75 Å · c ≈ 12,97 Å · Z = 6
Kristallographische Positionen	Al: 12c, (0,0,z), z ≈ 0,352 · O: 18e, (x,0,¼), x ≈ 0,306
Strunz	04.CB.05
Dana	04.03.01.01

1 · Hexagonale Aufstellung · $Al_{12}O_{18}$

2 · Verzerrtes Oktaeder · AlO_6

3 · Periodische Stapelung · drei Elementarzellen

Zum Drehen ziehen; mit Pause oder Fortsetzen steuern Sie die Rotation. Die Ansichten verwenden die Wyckoff-Positionen 12c und 18e in der Raumgruppe $R\bar{3}c$. Die erste Elementarzelle enthält 12 Al und 18 O; die dritte Ansicht stapelt drei vollständige Elementarzellen mit insgesamt 36 Al und 54 O. [1] [14]

Die in den Modellen verwendeten Positionswerte sind gerundet: Al 12c, z = 0,3522; O 18e, x = 0,3064. Die Translationen der R-Zentrierung erzeugen innerhalb der konventionellen Elementarzelle 12 Al- und 18 O-Positionen, entsprechend sechs Formeleinheiten Al_2O_3. Das Oktaeder wird aus den sechs Sauerstoffnachbarn eines Aluminiumatoms abgeleitet; das dritte Modell wiederholt drei Elementarzellen, ohne dekorative Atome hinzuzufügen. O ist rosa und Al blau dargestellt. [14]

Entstehung und Kristallformen

Korund wird stabil, wenn die Aluminiumoxidaktivität hoch und die Siliciumdioxidaktivität ausreichend gering ist. Quarz und Korund sind im Gleichgewicht im Allgemeinen unverträglich: In einem siliciumdioxidreichen System wird Aluminium bevorzugt in Feldspäte, Glimmer, Sillimanit, Disthen oder Cordierit eingebaut. Die Bildung von Korund in Edelsteinqualität erfordert daher ein eng begrenztes petrogenetisches Umfeld, das durch Metamorphose, Metasomatose, Desilifizierung oder die Entwicklung siliciumdioxiduntersättigter alkalischer Magmen entsteht. [2]

Metamorphe Lagerstätten im engeren Sinne

In unreinen Marmoren, aluminiumreichen Gneisen, Granuliten und bestimmten metamorph überprägten mafischen bis ultramafischen Gesteinen können Dekarbonatisierungs- und Rekristallisationsreaktionen Korund, Spinell, Phlogopit, Skapolith, Diopsid und Karbonate bilden. Der Stoffaustausch zwischen aluminiumreichen Schichten und benachbarten Gesteinen steuert die Zufuhr von Cr, Fe, Mg und Ti. [2]

Metamorphe–metasomatische Lagerstätten

Zirkulierende Fluide und Gestein-Fluid-Reaktionen können einem Pegmatit oder seinem Nebengestein Siliciumdioxid entziehen und dadurch Plumasite, Phlogopitite oder Biotitite, Skarne und Korundite erzeugen. Bei hochgradiger Metamorphose dokumentieren Zonierungen, Einschlüsse und die Spurenelementchemie die Reaktionen zwischen Protolith, Fluid und Nebengestein. Zu dieser Gruppe gehören insbesondere Saphirskarne, die sich am Kontakt zwischen Marmoren und Intrusionen bilden. [2]

Magmatische Lagerstätten und basaltgebundene Umgebungen

Korund kann in siliciumdioxiduntersättigten magmatischen Systemen kristallisieren. In alkalibasaltischen Provinzen sind jedoch viele Saphire Xenokristalle oder stammen aus Xenolithen, die aus Krusten- oder Mantelreservoiren herausgerissen wurden: Der Basalt dient dann als rasches Transportmittel und nicht als Kristallisationsgestein. Diese mit Basalten verbundenen Korunde sind häufig eisenreicher als metamorphe Korunde. [2]

Sekundäre Lagerstätten

Eluviale, kolluviale und alluviale Ablagerungen sowie Paläoseifen sind keine Kristallisationsmilieus. Härte, Dichte und chemische Beständigkeit des Korunds begünstigen seine Anreicherung nach Verwitterung und Transport. Heutige Seifen entstehen oder werden durch rezente Prozesse umgelagert; Paläoseifen sind alte Sedimentablagerungen, die gegebenenfalls durch heutige Erosion erneut aufgearbeitet werden. Ein einzelner Horizont kann mehrere primäre Quellen und mehrere Transportgenerationen vermischen. [2]

Genetische Klasse	Wirtsgesteine und Prozesse	Paragenesen oder Beispiele
Primär magmatisch	Untersättigte alkalische Magmen; Syenite, Lamprophyre und verwandte Systeme	Eisenhaltiger Korund; Kristalle teilweise als Xenokristalle aufgenommen
Primär metamorph	Marmore, Gneise, Granulite, Amphibolite sowie mafische bis ultramafische Gesteine	Spinell, Glimmer, Rutil, Zirkon, Karbonate
Primär metasomatisch	Desilifizierung und Gestein-Fluid-Reaktionen; Plumasite und Skarne	Phlogopit, Skapolith, Diopsid, Spinell, Karbonate
Sekundär	Verwitterung, Transport und hydraulische Sortierung	Eluviale und kolluviale Ablagerungen, alluviale Seifen und Paläoseifen

Theoretische Kristallformen in 360°-Rotation

Der Habitus ergibt sich aus der relativen Entwicklung der kristallographischen Formen: Basispinakoid c {0001}, Prisma a {11-20}, Rhomboeder r {10-11} und Dipyramiden. Die sechs Modelle unterscheiden einfache Formen und Formkombinationen; ihre Textur gibt das Erscheinungsbild eines natürlichen Kristalls wieder, und ihre Beschriftungen benennen die dominierenden Flächen. Das fünfte Modell ist aus den reziproken Flächennormalen der Form r {10-11} konstruiert: Es übernimmt nicht willkürlich den Winkel der primitiven Elementarzelle. [1] [14]

Die computergenerierten Texturen der sechs Modelle erinnern an Wachstumsflächen, Streifungen und Unregelmäßigkeiten von Rohkorund; sie rekonstruieren keinen Kristall, aus dem das Teal-Exemplar geschliffen wurde. Kristallhabitus darf nicht mit metamorphen Fazies verwechselt werden, die Druck- und Temperaturbedingungen beschreiben.

Physikalische und optische Eigenschaften

Eigenschaft	Referenzwert
Brechungsindizes	nω ≈ 1,767–1,772 · nε ≈ 1,759–1,763
Doppelbrechung	≈ 0,008–0,010
Optischer Charakter und Vorzeichen	Optisch einachsig negativ; eine anomale zweiachsige Interferenzfigur ist infolge innerer Spannungen oder Verzwillingung möglich, ohne dass der Kristall tatsächlich zweiachsig wird
Winkel 2V	Im idealen einachsigen Zustand nicht anwendbar
Pleochroismus	Dichroismus variiert mit der Orientierung: Die Komponenten reichen gewöhnlich von Blau bis Blaugrün und von Blau bis Blauviolett
Dispersion	Gering, etwa 0,018
Dichte	≈ 3,98–4,10
Härte	9 Mohs
Spaltbarkeit / Absonderung	Keine Spaltbarkeit; basale oder rhomboedrische Absonderungen möglich
Bruch / Zähigkeit	Muscheliger bis unregelmäßiger Bruch · zähes Material, kann jedoch absplittern

Glanz	Glasglanz bis annähernder Diamantglanz

Die Orientierung des Rohsteins zur optischen Achse verändert den wahrgenommenen Farbton, den Dichroismus, die Auslöschung und die Schliffausbeute. Härte 9 bedeutet hohe Kratzfestigkeit, nicht Unempfindlichkeit gegen Stöße: Absonderungen, innere Spannungen und Risse können Absplitterungen oder Brüche verursachen. [1] [2] [14]

Farbe, Farbwechsel und Fluoreszenz

Blau: Ladungstransfer und atomare Umgebung

Bei vielen blauen Saphiren umfasst der wichtigste Chromophor Fe^{2+} und Ti^{4+}. Die Absorption beruht auf Ladungsübertragung zwischen benachbarten Ionen, üblicherweise als $Fe^{2+} + Ti^{4+} \rightarrow Fe^{3+} + Ti^{3+}$ im angeregten Zustand beschrieben. Diese breite Absorption entfernt einen Teil der zum Blau komplementären Wellenlängen. Paargeometrie und Orientierung des elektrischen Lichtfeldes beeinflussen die Antwort: Ordentliche und außerordentliche Spektren sind nicht identisch. [4]

Fe^{3+} trägt zu Absorptionen im Violett und Blau bei. In Überlagerung mit Fe–Ti-Banden können diese Beiträge die Farbe in Richtung Blaugrün verschieben. Auch das Gleichgewicht zwischen Ladungsdonatoren und -akzeptoren, weitere Fremdelemente und Oxidationsbedingungen spielen eine Rolle. Aus einer tealfarbenen Fotografie lässt sich daher weder ein Eisengehalt bestimmen noch die Zahl der Fe–Ti-Paare quantifizieren. Wachstumszonierungen und der optische Weg durch den Edelstein beeinflussen sein Erscheinungsbild ebenfalls. [4]

Drei zu unterscheidende Phänomene

Orientierungspunkt	Interpretation
Petrolfarbton	Blau mit Grünanteil: eine Farbbeschreibung, die nicht automatisch einen Farbwechsel bedeutet.
Pleochroismus	Die Farbe variiert bei konstanter Beleuchtung mit Blickrichtung und Polarisation.
Farbwechsel / Farbverschiebung	Eine Veränderung der wahrgenommenen Farbe bei verändertem Beleuchtungsspektrum und möglichst konstanter Geometrie.

Von Blau zu Violett: der Einfluss der Beleuchtung

Manche Saphire zeigen zwei Transmissionsfenster, deren relative Beiträge sich zwischen kurzwellenreichem und warmem Licht verändern. Vanadium kann dazu beitragen, mitunter zusammen mit Chrom und Eisen. Diese Möglichkeiten sind an analysierten Saphiren dokumentiert; sie bestimmen nicht die Chemie des hier fotografierten Exemplars. [5]

Das Bildpaar zeigt den achteckigen Saphir von 0,935 ct links bei 6000 Kelvin und rechts bei 2700 Kelvin. Ultra Rare beobachtet einen Übergang von Blau zu Violett, hier beschrieben als Farbverschiebung . Die Farbtemperatur beschreibt nicht das gesamte Spektrum einer Lampe: Zwei LEDs mit 6000 Kelvin können sich unterscheiden. Der fotografische Vergleich dokumentiert eine Beobachtung.

Achteckiger Saphir · 0,935 ct · VS · 6,7 × 4,1 × 3 mm · Fotos von Ultra Rare.

Fluoreszenz: emittiertes Licht, vom durchgelassenen Licht zu unterscheiden

Fluoreszenz ist Lichtemission unter Anregung. In Korund kann Cr^{3+} eine rote Emission mit Linien nahe 694 nm erzeugen. Eisen kann diese Emission durch nichtstrahlende Relaxationswege unterdrücken. Schwache

Fluoreszenz bedeutet daher nicht zwangsläufig fehlendes Chrom; ebenso reicht rote Fluoreszenz allein nicht aus, natürlichen von synthetischem Korund zu unterscheiden. Anregungswellenlänge, Filter und Belichtung beeinflussen das Bild stark. [6]

Das folgende Bildpaar zeigt den blassblauen Saphir mit einem Gewicht von 1,24 ct im sichtbaren Licht, gefolgt von seiner starke orangerote Fluoreszenz unter UV-Licht bei 365 nm , von Ultra Rare beobachtet. Die Ursache dieser Emission wurde für dieses Exemplar nicht bestimmt. Die Bildfarbe allein kann kein bestimmtes Lumineszenzzentrum nachweisen. Für den petrolfarbenen Saphir von 1,287 ct nennt der Bellerophon-Bericht gesondert „Fluoreszenz: keine“.

Derselbe blassblaue Saphir von 1,24 ct · sichtbares Licht und UV bei 365 nm · Fotos von Ultra Rare.

Diesen fluoreszierenden blauen Saphir entdecken

Den Farbwechsel des 0,967-ct-Saphirs ansehen



Kühles Licht · 6000 K



Sichtbares Licht · 1,24 ct

Einschlüsse

Einschlüsse zeichnen Wachstum und spätere Umwandlungen auf. Sie können Rutilnadeln oder Seide, feste Kristalle, Partikelwolken, Negativkristalle und Fingerabdruckstrukturen verheilter Risse umfassen. Ihre Verteilung, Orientierung und Beziehung zur Zonierung sind häufig aussagekräftiger als ein isoliertes Merkmal. In drei Richtungen ausgerichtete Nadeln können bei geeigneter Dichte und passendem Cabochonschliff Asterismus erzeugen; Seide führt nicht immer zu einem sichtbaren Stern. [7]

Die Vergesellschaftungen hängen von der Bildungsumgebung ab. Basaltbezogene Saphire können Feldspäte, Oxide und Silicatschmelzeinschlüsse enthalten. Metamorphe Saphire können Fluideinschlüsse oder andere Mineralvergesellschaftungen aufweisen. Keines dieser Beispiele sollte dem Teal-Exemplar ohne entsprechende Beobachtung zugeschrieben werden. Wenn die Bedingungen es erlauben, kann Raman-Mikroskopie die Identität eines eingeschlossenen Kristalls prüfen, ohne ihn zu entnehmen. [3] [7]

Mikrofotografien von Ultra-Rare-Exemplaren

Links zeigt die Mikrofotografie den tealfarbenen Saphir von 1,287 ct bei starker Vergrößerung. Sie macht ein

blaugrünes Feld, kleine helle Merkmale und scharf begrenzte dunkle Bereiche sichtbar. Deren Interpretation hängt von Fokusebene, Beleuchtung und Reflexen zwischen den Facetten ab. Rechts zeigt die Mikrofotografie den blassblauen ovalen Saphir von 1,24 ct: Die sichtbaren Linien und Details sind fotografische Beobachtungen; kein eingeschlossenes Mineral wird allein anhand seines Aussehens identifiziert. Der Begriff augenrein beschreibt die Untersuchung mit bloßem Auge: Sie bedeutet nicht, dass mikroskopisch sichtbare Strukturen fehlen.



Rutil Computergenerierte Illustration



Petrolfarbener Saphir · 1,287 ct Original-Mikrofotografie von Ultra Rare.

Lagerstätten – Atlas

Vorkommen blauer Saphire erstrecken sich über mehrere Kontinente und unterschiedliche geologische Geschichten. Zu den Referenzherkünften für Saphirpopulationen aus metamorphen oder metasomatischen Umgebungen gehören Sri Lanka, Myanmar, Kaschmir und Madagaskar. Australien, Thailand, Kambodscha, Nigeria und Äthiopien liefern basaltbezogene Beispiele. Montana und Tansania veranschaulichen weitere Umgebungen, die sich nicht auf eine einfache Zweiteilung reduzieren lassen. [2] [3]

Ein Land kann mehrere Lagerstättentypen aufweisen. Die Farbe allein erlaubt keine Herkunftsbestimmung: Die chemischen Bereiche und Einschlüsse mancher Populationen überschneiden sich. Eine Vorkommenskarte liefert geografischen Kontext zur Literatur; sie ersetzt weder die Rückverfolgbarkeit des Kaufs noch eine Herkunftsbestimmung durch ein Labor. Verwaltungsgrenzen dienen der Orientierung und stellen keine geologischen Grenzen dar. [3]

Ein geologisches und farbliches Mosaik

Madagaskar ist kein petrologisch einheitlicher Block. Sein präkambrischer Schild gliedert sich in sechs große Domänen — Bemarivo, Antongil–Masora, Antananarivo, Ikalamavony, Androyan–Anosyan und Vohibory —, die im Verlauf einer polyzyklischen Geschichte, insbesondere während der panafrikanischen Orogenese, aneinandergefügt und remobilisiert wurden. Mesozoische Sedimentdecken dominieren im Westen; neogene

bis quartäre alkalische Vulkanfelder betreffen vor allem den Norden sowie einige zentrale und südliche Regionen. [17]

Im Süden dokumentieren die Granulite der Domäne Androyan–Anosyan hochgradige Bedingungen, häufig in der Größenordnung von 700–800 °C und 4–5 kbar, während panafrikanischer Ereignisse zwischen ungefähr 565 und 490 Ma. Die mafischen bis ultramafischen Gesteine der Vohibory-Domäne belegen lokal höhere Drücke von etwa 9–11,5 kbar bei 750–800 °C. Diese Werte sind regionale Größenordnungen: Jeder Distrikt besitzt seine eigene P–T–t-Geschichte. [20]

Ilakaka–Sakaraha. Der seit 1998 erschlossene Distrikt im Südwesten nutzt detritische Horizonte der triassischen Isalo-Formation, die als ausgedehnte, lokal durch heutige Erosion umgelagerte Paläoseifen interpretiert werden. Er liefert blaue, rosa, violette, gelbe, orangefarbene und Padparadscha-Saphire sowie Steine mit Farbwechsel. Die große Streuung der Einschluss-, Spurenelement- und Sauerstoffisotopensignaturen — veröffentlichte $\delta^{18}O$-Werte für Korunde aus sekundären madagassischen Lagerstätten reichen ungefähr von –0,3 bis 16,5 ‰ — weist auf eine Mischung primärer Quellen hin. [2] [3]

Andranondambo und der Südosten. Die klassische Primärlagerstätte ist ein metasomatischer Skarn am Kontakt zwischen anosischen Graniten und proterozoischen Marmoren sowie Kalksilikatgesteinen der Tranomaro-Gruppe. Gestein-Fluid-Reaktionen, Desilifizierung und Stofftransport erzeugten die korundführenden Paragenesen; durch Verwitterung entstanden anschließend nahe gelegene sekundäre Anreicherungen. Zirkone, die zeitgleich mit den Saphiren entstanden, datieren dieses Ereignis auf etwa 523–510 Ma. [2]

Ambondromifehy und der Norden. Die neogenen bis quartären Alkalibasaltfelder transportierten saphirführende Xenokristalle und Xenolithe. Die Edelsteine werden überwiegend aus Alluvionen, Residualböden und paläokarstischen Brekzien in jurassischen Kalksteinen gewonnen; direkt beobachtete Primärvorkommen bleiben selten. Basalt darf daher nicht automatisch als Ausgangsschmelze des Korunds dargestellt werden. [16]

Didy, Andilamena und Bemainty. Didy liefert Rubine und Saphire, darunter rosa Exemplare, hauptsächlich aus sekundären Ablagerungen, deren Quellen unterschiedlich gut charakterisiert sind. Andilamena ist vor allem für alluvialen Rubin bekannt. Bemainty liefert überwiegend blaue metamorphe Saphire und einige rosa bis orangefarbene Steine; es liegt im geschützten Waldkorridor Ankeniheny–Zahamena. Bekily bleibt eine regionale Bezugsgröße des Südens innerhalb eines Komplexes granulitischer und metasomatischer Gebiete und ist kein einzelner, ausschließlich rosa Saphiren gewidmeter Distrikt. [9]

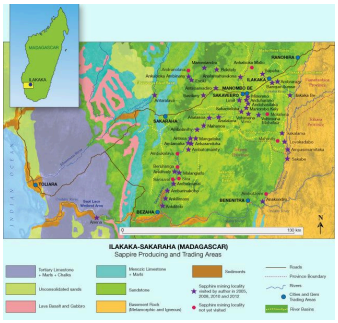
Sauerstoffisotope und Herkunft

Sauerstoffisotopenverhältnisse ergänzen Petrographie und Spurenelementchemie. Veröffentlichte Daten primärer madagassischer Korunde umfassen ungefähr $\delta^{18}O$ = 1,3 bis 15,6 ‰. Gruppen um 4,7–9,0 ‰ sind mit Umgebungen aus Pyroxeniten oder feldspatreichen Gneisen vereinbar, während hohe Werte von 10,7–15,6 ‰ insbesondere die Marmorskarne von Andranondambo kennzeichnen. Überschneidungen zwischen Lagerstätten erfordern jedoch die Kombination von Isotopen, Einschlüssen, Spektren und Spurenelementen. [15]

Basaltgebundene Saphire: Hinweise auf die Herkunft

Mit Alkalibasalten verbundene Saphire sind im Distrikt Ambondromifehy nahe dem Montagne-d'Ambre-Massiv und in der Region Vatomandry dokumentiert. Basalt kann zuvor in der Tiefe entstandene Kristalle transportieren; die anschließende Verwitterung speist sekundäre Ablagerungen. Die Vulkanformationen von Ankaizina nahe Bealanana gehören ebenfalls zur nördlichen Vulkanlandschaft; ihr Vorkommen allein belegt ohne lokale Dokumentation keine Saphirlagerstätte. Der unerhitzte, augenreine petrolfarbene Saphir von 1,29 Karat der Kollektion , aus Madagaskar, weist eine von Bellerophon als „Basaltic Related Deposit" beschriebene Affinität auf. Eine Herkunft aus einem der basaltbezogenen Saphirdistrikte Madagaskars ist

daher plausibel; allein aufgrund der Teal-Farbe kann kein bestimmter Distrikt bevorzugt werden. [16] [18]



Regionale Orientierungspunkte ohne Zuordnung einer Mine zum Exemplar. Gebietskarte: Vincent Pardieu, GIA, 2013 . Das Datum bezieht sich auf das Dokument, nicht auf die aktuelle Tätigkeit jeder Abbaustelle.

Behandlungen

Erhitzen kann Ladungszustände, Elementverteilung und bestimmte Einschlüsse verändern. Seine Wirkungen variieren mit Ausgangszusammensetzung, Temperatur, Dauer und Atmosphäre. Es kann eine blaue Komponente aufhellen oder verstärken, Seide verändern oder die Transparenz beeinflussen. Diese Veränderungen folgen keinem universellen Rezept, das auf jeden Saphir anwendbar wäre. [8] [12]

Versuche von Hughes und Perkins an madagassischen Saphiren zeigen, dass Erhitzen bei vergleichsweise niedriger Temperatur nur subtile Hinweise hinterlassen kann. Die Interpretation verbindet Mikroskopie und Spektroskopie; ein scheinbar unversehrter eingeschlossener Kristall schließt Erhitzung nicht aus. FTIR-Kriterien müssen je nach Saphirtyp interpretiert werden: Eine Bande, die bei manchen basaltassoziierten Saphiren natürlich vorkommt, weist nicht automatisch auf eine Behandlung hin. [8] [10]

Orientierungspunkt	Interpretation
Erhitzung	Thermische Veränderung vorhandenen Materials; die Wirkungen hängen von Chemie und Atmosphäre ab.
Ti- oder Be-Diffusion	Einbringung von Elementen während der Wärmebehandlung; chemische Analyse und Farbverteilung müssen untersucht werden.
Füllung / Imprägnierung	In Risse eingebrachtes Material; mögliche Auswirkungen auf Reinheitsbewertung und Pflege.
Synthese	Künstliche Züchtung von Korund: eine andere Kategorie als die Behandlung eines natürlichen Steins.

Erhitztes Exemplar von 1,118 ct zur Veranschaulichung. Dies ist kein Vorher-Nachher-Vergleich einer Behandlung.



Tiefblau · 1,118 ct · erhitzt

Seltenheit und Vorkommen

Häufigkeit

Viele Korundlagerstätten bedeuten nicht eine entsprechend große Menge von Steinen in Edelsteinqualität. Ein Gestein kann opake, rissige oder zu kleine, zum Schleifen ungeeignete Kristalle enthalten. Mehrere Auswahlstufen trennen ein Mineralvorkommen, schleifbares Rohmaterial und einen fertigen Edelstein: Gewinnung, Sortierung, Orientierung und Materialverlust. Eine für eine Lagerstätte oder ein Konvolut ermittelte Zahl darf ohne belastbare Methode nicht auf den gesamten Markt übertragen werden. [11]

Seltenheit innerhalb der Seltenheit

Ein ansprechender Edelstein verbindet eine begehrenswerte Farbe, geeignete Transparenz, ausgewogenen Schliff und gute strukturelle Unversehrtheit. Innerhalb einer unerhitzten Auswahl wird die Erfüllung aller dieser Kriterien anspruchsvoller. Teal stellt eine besondere Anforderung an den Farbton: Blau sollte wahrnehmbar bleiben, während Grün es ergänzt, ohne die Farbe schwer wirken zu lassen. Dies ist ein gemmologisches und ästhetisches Urteil, keine statistische Häufigkeit. [11]

Beurteilung

Blauer Saphir: geologisch 10 Mal seltener als Diamant.

Augenreiner blauer Saphir über 1 Karat: 50 bis 100 Mal seltener als ein augenreiner Diamant gleichen Gewichts.

Unerhitzt, augenrein und petrolfarben über 1 Karat: 100 bis 150 Mal seltener als ein Diamant gleicher Reinheit und gleichen Gewichts.

Identifizierung

Die Identifizierung beginnt mit Messungen, die mit Korund übereinstimmen: Brechungsindizes, Doppelbrechung, optischer Charakter, relative Dichte und mikroskopische Untersuchung. Die Übereinstimmung mehrerer Ergebnisse ist belastbarer als ein einzelner Indikator. Auch ein synthetischer Stein besitzt die Formel Al_2O_3 und ähnliche physikalische Eigenschaften: Die mineralische Identität belegt keinen natürlichen Ursprung. [10]

Orientierungspunkt	Interpretation
Refraktometer / Polariskop	Brechungsindizes und Anisotropie; die Beobachtung wird durch den Zustand der Facetten, die Orientierung und die Messbedingungen begrenzt.

Mikroskopie	Zonierung, Wachstumsstrukturen, Einschlüsse und Erhitzungshinweise; Untersuchung unter mehreren Beleuchtungsbedingungen.
Raman	Identifikation des Materials und, soweit zugänglich, fester Einschlüsse.
FTIR	Schwingungen, insbesondere wasserstoffbezogene Defekte, und nützliche Informationen zu bestimmten thermischen Vorgeschichten.
UV-Vis-NIR und Spurenelementchemie	Absorption und Zusammensetzung; Vergleich mit Referenzpopulationen zur Beurteilung des geologischen Umfelds und der Herkunft.

Die geografische Herkunft wird durch einen sorgfältigen Vergleich mit Referenzproben bestimmt, nicht durch einen Test, der unmittelbar einen Ländernamen liefert. Wenn sich die Merkmale überschneiden, kann die Herkunft unbestimmt bleiben. Eine Beschreibung des Lagerstättentyps kann dann nützliche Informationen liefern, ohne einer nationalen Herkunftsbestimmung gleichzukommen. Augenreinheit setzt ein Beobachtungsprotokoll mit bloßem Auge voraus; sie lässt sich nicht allein aus der im Bericht angegebenen Transparenz ableiten. [3] [10]

Spektroskopie

Absorption und Transmission interpretieren

UV-Vis-NIR verknüpft Farbe mit der wellenlängenabhängigen Absorption. Bei kontrollierter Geometrie beträgt die Absorbanz $A = -\log_{10}(T)$, wobei T die korrigierte relative Transmission ist; der Absorptionskoeffizient lautet $\alpha = 2{,}303\ A / l$, mit l in Zentimetern. Ein facettierter Stein erzeugt mehrere Lichtwege und Reflexionen: Eine fotografische Kurve oder ein dekoratives Profil ist kein quantitatives Spektrum. [4] [10]

Veröffentlichte Referenzmerkmale umfassen Fe^{3+}-Absorptionen nahe 380–390 und 450 nm sowie einen breiten Fe–Ti-Beitrag um 580 nm bei vielen blauen Saphiren. Eine Bande nahe 880 nm, außerhalb des nachfolgend dargestellten sichtbaren Bereichs, trägt zur Untersuchung basaltbezogener Populationen bei. Ihre Interpretation muss sich auf die Literatur und die gesamte analytische Beweislage stützen. Amplituden, Breiten und Polarisationen variieren; keines dieser Merkmale wurde hier am Teal-Exemplar gemessen. [4]

Lumineszenz: Chrom und andere emittierende Zentren

Transmission ist einfallendes Licht, das den Kristall durchquert. Lumineszenz ist die Emission nach Anregung eines lumineszierenden Zentrums: Es handelt sich um unterschiedliche physikalische Beiträge. In Cr^{3+}-haltigem Korund liegen die roten R_2- und R_1-Linien bei Raumtemperatur bei etwa 692,9 beziehungsweise 694,3 nm. Ihre Breiten und Intensitäten hängen insbesondere von Temperatur, Konzentration, Ionenwechselwirkungen und Löschung durch Eisen ab. Das Diagramm markiert ihre Positionen; es sagt die Fluoreszenz des tealfarbenen Exemplars nicht voraus. [6]

Der leuchtend blaue, farbwechselnde und fluoreszierende Saphir von Ultra Rare mit 0,935 Karat zeigt bei der Untersuchung mit einem Spektroskop eine deutliche rote Emissionslinie, vereinbar mit dem Vorhandensein von Chrom. Ein niedriger Eisengehalt kann diese Fluoreszenz begünstigen, doch die Fluoreszenz allein kann diesen Gehalt nicht bestimmen.

Seltene-Erden-Elemente sind bekannte Aktivatoren in mehreren Mineralgruppen. Ihr mögliches Vorkommen in einem Saphir, mitunter in Verbindung mit mikroskopischen Einschlüssen, belegt nicht, dass sie seine Lumineszenz steuern. Ohne Elementnachweis und ein einem bestimmten Zentrum im Korund zuordenbares Emissionsspektrum wäre es falsch, diesem Diagramm allgemeine Eu^{3+}-, Sm^{3+}- oder Dy^{3+}-Linien hinzuzufügen. Weitere veröffentlichte Korundemissionen umfassen unter geeigneter Anregung Beiträge von

Titan und Gitterdefekten. [6]

Sich ergänzende Methoden, keine austauschbaren Begriffe

Die Raman-Spektroskopie untersucht inelastische Streuung und Gitterschwingungen; FTIR misst Infrarotabsorption; Photolumineszenz misst Emission unter Anregung. Ihre horizontalen Achsen, Signale und Ziele unterscheiden sich. Photolumineszenz kann schwache emittierende Zentren nachweisen, ohne dass deren Licht die Farbe des Edelsteins dominiert. Rote Emission unter UV erklärt daher seine Farbe unter weißem Licht nicht vollständig. [3] [6] [10]

Die Exemplare der Kollektion interpretieren

Das petrolfarbene Exemplar im Kissenschliff von 1,287 ct

Dieser natürliche Saphir wird mit 1,29 ct angegeben, gerundet vom Gewicht von 1,287 ct auf dem Bellerophon-Bericht A31949 vom 7. Januar 2026. Er misst 6,43 × 6,39 × 3,81 mm. Das Labor nennt als Form Cushion, als Farbe Greenish Blue, Farbstabilität und keine Hinweise auf eine Behandlung. Die Handelsanmerkung des Berichts erlaubt die Bezeichnung Teal. Die Fluoreszenz ist mit None angegeben.

Ultra Rare beschreibt diesen Stein als augenrein und gibt Madagaskar als Herkunft an. Die Bellerophon-Makrofotografie veranschaulicht die Lichtreflexion und den blaugrünen Farbton; sie darf nicht als spektrale Karte interpretiert werden. Weder ein Farbwechsel zwischen zwei Lichtquellen noch rote Fluoreszenz wird für diesen Kissenschliff beansprucht.

Diesen petrolfarbenen Saphir entdecken

Der achteckige Saphir von 0,935 ct

Ultra Rare stuft dieses zweite Exemplar als VS ein; es misst 6,7 × 4,1 × 3 mm. Es zeigt den fotografierten Übergang von Blau zu Violett bei 6000 Kelvin und 2700 Kelvin, gefolgt von roter Fluoreszenz unter langwelligem UV-Licht bei 365 nm. Es wird bald in der Kollektion erhältlich sein.

Der blassblaue Saphir von 1,24 ct

Ein Oval mit den Maßen 6,8 × 5,6 × 3,4 mm, Eye clean VS, aus Madagaskar. Die Prüfung durch Bellerophon GemLab bestätigt das Fehlen einer Erhitzung. Seine starke orangerote Reaktion unter UV-Licht bei 365 nm ergänzt die Bewertung seiner Farbe bei sichtbarem Licht; die Ursache der Fluoreszenz bleibt unbestimmt.

Der tiefblaue Saphir von 1,118 ct

Ein Achteck von 5,8 × 5,5 × 3,3 mm, VS und erhitzt gemäß der bereitgestellten Dokumentation. Diese Fotografie veranschaulicht ein tieferes Blau. Ultra Rare verwendet sie als Beispiel eines von Ultra Rare erhitzten Saphirs; er wird nicht zum Verkauf angeboten.

Ein Saphir aus Madagaskar mit 0,967 ct – von Violett zu Magentarosa

Unter LED-Licht mit 6.000 K erscheint dieser Saphir intensiv violett. Unter Glühlampenlicht mit 2.800 K zeigt derselbe Stein ein leuchtendes Magentarosa. Auf der Produktseite lassen sich beide Farbtöne im Bildpaar direkt vergleichen. Unter UV-Licht bei 365 nm zeigt sich ein eigenständiges Phänomen: eine starke orangefarbene Fluoreszenz.

Der Saphir im Kissenschliff misst 6,1 × 5 × 3 mm. Er ist von ausgezeichneter Transparenz und gilt nach der Reinheitsskala von Ultra Rare als augenrein (Eye clean). Der Test T8549 von Bellerophon GemLab vom 6. Januar 2026 weist ihn als natürlichen Saphir aus und ergab keine Hinweise auf eine Erhitzung.

Zum Saphir mit Farbwechsel und 0,967 ct



Petrolblaugrün · 1,29 ct



Unter UV-Licht bei 365 nm · 1,24 ct

Methode, Schlussfolgerung und Quellen

Interpretationsmethode

Diese Studie unterscheidet vier Belegebenen: veröffentlichte allgemeine Saphireigenschaften; Daten des Originalberichts A31949; Beobachtungen und Herkunftsangaben von Ultra Rare; sowie didaktische Diagramme und Modelle. Die Fotografien bewahren Farben, Reinheit und Details der Edelsteine. Schmuckdarstellungen sind kreative Visualisierungen, keine Fotografien fertiger Schmuckstücke.

Die Atommodelle verwenden die Koordinaten der Korund-Mastervorlage; die sechs Kristallhabitusdarstellungen nutzen deren Geometrien. Computergenerierte Texturen folgen den Flächen. Der Welthintergrund besteht aus einem terrestrischen Rasterbild in Verbindung mit Grenzen von Natural Earth; Punkte markieren Distrikte oder Länder, keine Minenkoordinaten. Die Madagaskar-Karte folgt der dokumentarischen Referenz von Ultra Rare. Die Spektralbanden sind veröffentlichte Referenzmerkmale; schematische Profile werden ausdrücklich von Messungen an Exemplaren unterschieden. Für diesen Artikel wurden keine neuen chemischen, FTIR-, Raman- oder UV-Vis-NIR-Messungen an den Exemplaren durchgeführt.

Fazit

Blauer Saphir verbindet ein bemerkenswert stabiles Kristallgitter mit einer subtilen Empfindlichkeit gegenüber Spurenelementen. Um seine Farbe zu verstehen, müssen Absorption, Emission, optische Richtung und Beleuchtung unterschieden werden; um seine Herkunft zu verstehen, müssen Laborbefunde, Geländebeobachtungen und Lagerstättengeschichte zusammengeführt werden. Teal ist eine Ausdrucksform dieser Vielfalt. Die Beurteilung wird präziser, wenn jede Fotografie, Abbildung und Schlussfolgerung mit ihrer tatsächlichen Quelle verbunden bleibt.

Wichtigste Quellen und weiterführende Literatur

Mineral Data Publishing (2001–2005). Corundum — Handbook of Mineralogy. ↩

Giuliani, G. & Groat, L. A. (2019). Geology of Corundum and Emerald Gem Deposits: A Review. ↩

Palke, A. C. et al. (2019). Geographic Origin Determination of Blue Sapphire. ↩

Emmett, J. L. et al. (2020). A Quantitative Description of the Causes of Color in Corundum. ↩

GIA (2019). Low-Fe, High-V Color-Change Burmese Sapphire. ↩

D'Haenens-Johansson, U. F. S. et al. (2024). Glowing Gems: Fluorescence and Phosphorescence of Diamonds, Colored Stones, and Pearls. ↩

Renfro, N. D. et al. (2017). Chart: Inclusions in Natural, Synthetic, and Treated Sapphire. ↩

Hughes, E. B. & Perkins, R. (2019). Madagascar Sapphire: Low-Temperature Heat Treatment Experiments. ↩

Pardieu, V. et al. (2017). Sapphires from the Gem Rush Bemainty Area, Ambatondrazaka (Madagascar). ↩

Groat, L. A. et al. (2019). A Review of Analytical Methods Used in Geographic Origin Determination of Gemstones. ↩

GIA (Abgerufen am 8. Oktober 2026). Sapphire Quality Factors. ↩

GIA (Abgerufen am 8. Oktober 2026). Sapphire Care and Cleaning Guide. ↩

GIA (Abgerufen am 8. Oktober 2026). September Birthstone — History and Location.

Maslen, E. N. et al. (1993 · Strukturreferenz, zitiert in [1]). Synchrotron X-ray study of the electron density in α-Al_2O_3, Acta Crystallographica B49, 973–980. ↩

Giuliani et al. (2007), Oxygen isotope systematics of gem corundum deposits in Madagascar, Mineralium Deposita 42, 251–270. ↩

Rakotosamizanany et al. (2014), Chemical and oxygen isotopic compositions, age and origin of gem corundums in Madagascar alkali basalts. ↩

USGS, A geological synthesis of the Precambrian shield in Madagascar. ↩

Mottet (1982), Tektonik und Vulkanismus im Tsaratanana–Ankaizina-Massiv. ↩

GIA (2024), Shining a Light on Gemstone Properties: An Exploration of Photoluminescence Spectroscopy.

Rakotondrazafy, A. F. M. et al. (2008). Gem corundum deposits of Madagascar: a review. Ore Geology Reviews, 34(1–2), 134–154. DOI : 10.1016/j.oregeorev.2007.05.001. ↩

Quellen dieser Studie: Bellerophon-GemLab-Bericht A31949 und von Ultra Rare bereitgestellte Medien; Anweisungen des Eigentümers vom 8. Oktober 2026; V82-Charta und Artikelmaster Blauer Granat. Kartenquelle: Natural Earth, gemeinfrei; von Three.js verbreitete Erdoberflächengrundlage (NASA). Literatur abgerufen am 8. Oktober 2026.

Online-Ausgabe