Glossar

Feuerstein oder auch Flint besteht aus sehr feinkörnigem, mikrokristallinem und mitunter amorphem (nicht kristallinem) SiO_2. Die meist knollenförmigen Aggregate bildeten sich vor allem in Jura- und Kreidekalken (vor ca. 200 bis 70 Millionen Jahren). Ihre Entstehung ist bis heute noch nicht sicher geklärt, wahrscheinlich ist aber, dass bei der Verfestigung der kreidezeitlichen Ablagerungen zirkulierende silikatreiche Lösungen die Karbonate verdrängt haben. Häufig sind noch organische Reste von Kieselalgen und -schwämmen in den Feuersteinknollen erkennbar, woraus man auf den marinen Ursprung der Sedimente schließen kann.

Feuerstein bricht sehr scharfkantig, so verwundert es nicht, dass Bruchstücke des Minerals bereits in der Steinzeit als Werkzeuge und Waffen verwendet wurden. Beim Abschlagen des Feuersteins entwickelt sich kalter Funkenschlag, welcher aber aufgrund seiner geringen Temperatur nicht wie häufig angenommen zum Entzünden eines Feuers ausreicht. So benutzte man den Feuerstein nur als robustes Schlagwerkzeug, um von eisenhaltigem Material (Pyrit, Markasit, später auch Stahl) Funken abzuschlagen, welches dann brennbares Material entzündete.

Auch in Steinschlossgewehren (Flinten) diente der Feuerstein lediglich dazu, beim Auftreffen auf einen Stahlsporn einen Funken auszulösen, welcher dann das Schwarzpulver entzündete und so die Steinkugel aus dem Gewehrlauf feuerte.

Ein **Gestein** ist ein natürliches Gemenge (= *heterogene* Mischung) aus Mineralen. Typischerweise bestehen Gesteine aus 3-5 Hauptgemengteilen, in geringen Mengen können aber noch weitere Minerale auftreten, die zwar für die prinzipielle Entstehung von Bedeutung sein können, für die systematische Einteilung aber nur von untergeordneter Bedeutung sind. In einigen Fällen kann ein Gestein auch aus nur einem einzigen Mineral bestehen. Die meisten Gesteine werden 3 großen Gruppen zugeordnet:

sedimentär: aus Ablagerungen entstanden (Sandstein)

magmatisch: beim Erstarren einer Gesteinsschmelze (Granit, Basalt)

metamorph: druck- und / oder temperaturbedingte Mineralumwandlung im festen Zustand (Gneis, Glimmerschiefer)

Im Gegensatz zu Kristallen, handelt es sich bei **Gläsern** um amorphe Festkörper. Das bedeutet, dass wir in der inneren Struktur des Materials höchstens eine Nah- jedoch aber keine geregelte Fernordnung (3-dimensionale periodische Struktur) finden können. Gläser kennen wir meist als künstlich hergestellte Produkte, z.B. für Fenster und Brillen, es gibt aber auch natürliche Gläser, wie den durch vulkanische Aktivität entstandenen Obsidian - ein Gesteinsglas. Beide Arten von Gläsern entstehen durch das sehr rasche Abkühlen einer Schmelze, so dass sich die atomaren Bausteine nicht in einer Gitterstruktur anordnen können. Je nach Zusammensetzung und Herstellungsverfahren können Gläsern ganz bestimmte Eigenschaften zugeordnet werden: hitzebeständig, geringe Dichte, UV-durchlässig, schlag- und stoßfest etc. und so auf eine Vielzahl von Anwendungen spezialisiert hergestellt werden.

Im Gegensatz zu Kristallen, die aufgrund ihrer Gitterstruktur regelmäßig begrenzte Körper mit Kristallflächen bilden, sind die Flächen bei Glasschmuck durch Schneiden und Schleifen erzeugt und liegen nicht im inneren Aufbau des Materials begründet.

Hämatit (Fe_2O_3, trigonal) auch Roteisenerz oder Eisenglanz ist ein häufig vorkommendes Mineral und wichtiger Rohstoff für die Produktion von Stahl. Der Name stammt aus dem altgriechischen "haima" und bedeutet sinngemäß Blut, Blutvergießen und deutet auf die rote bis rotbraune Farbe des Minerals hin. So wurde es schon vor über 150.000 Jahren als rotfärbendes Pigment verwendet. Tritt das Mineral in schön ausgebildeten Kristallen (rhomboedrisch, bipyramidal, tafelig) auf, erscheint es nicht immer rötlich sondern mitunter fast schwarz. Testet man jedoch seine Strichfarbe, d.h. den Abrieb auf einer Keramikplatte, so zeigt sich stets eine kirschrote bis rotbraune Farbe, die das Mineral eindeutig als Hämatit identifiziert. Die Bedingungen, unter denen sich Hämatit bildet, sind sehr vielfältig und haben einen entscheidenden Einfluss auf die äußere Gestalt des Minerals. Bei sehr niedrigen Temperaturen bilden sich beispielsweise nierig-traubige Aggregate aus Gelen, der sogenannte Rote Glaskopf. Abbauwürdig sind vor allem die gebänderten Eisenerzformationen (BIF), in denen eisenerzreiche Lagen aus Hämatit und Magnetit sich mit Hornsteinlagen (vgl. Feuerstein) abwechseln. Diese bildeten sich vor sehr langer Zeit (ca. 2,5-1,9 Milliarden Jahre) sedimentär in flachen Seewässern bzw. abgetrennten Meeresbecken. Große Vorkommen finden wir z.B. im Transvaal, Südafrika und Hamersley Range, Australien.

Ein **Kristall** ist eine 3-dimensionale unendliche Anordnung von Atomen, Ionen oder Molekülen mit gegebener chemischer Zusammensetzung. Sein regelmäßiger, periodischer Aufbau führt zu einer Richtungsabhängigkeit der physikalischen Eigenschaften und einem bevorzugten Kristallwachstum in bestimmte Richtungen, was z.B. zu einer säuligen oder blättrigen Ausbildung führen kann (z.B. Quarz, Glimmer). Im Gegensatz zu Mineralen kann aber muss es sich nicht um natürlich vorkommende Materialien handeln. Auch im Labor oder der Industrie künstlich erzeugte Stoffe mit definierter chemischer Zusammensetzung und Kristallstruktur gehören dazu. Merke: Jedes Mineral ist ein Kristall, aber nicht jeder Kristall ein Mineral.

Magnetit (Fe_3O_4, kubisch) ist ein graubraun bis schwarzes Eisenoxid, welches typischerweise in oktaederförmigen Kristallen auftritt, das heißt acht dreieckige Begrenzungsflächen sind zu erkennen. Zudem kann es in grobkörniger oder auch massiger Form vorkommen. Ein schwarzer stumpfer Metallglanz ist hervorgerufen durch einen spröden bis muscheligen (keine glatten Flächen) Bruch. Leicht zu identifizieren ist Magnetit anhand seiner stark magnetischen Eigenschaft und einer typischen schwarzen Strichfarbe. Das Mineral Magnetit entsteht im Zusammenhang mit Vulkanismus. So kristallisiert es beispielsweise direkt aus basaltischen (SiO_2-armen) Laven. An Mittelozeanischen Rücken tritt ebensolche basaltische Lava an die Erdoberfläche und führt zur Bildung neuer ozeanischer Kruste. Beim Erstarren dieser neuen Kruste kristallisiert Magnetit und bildet das typische Magnetstreifenmuster der Ozeanböden. Darin ist die jeweilige Ausrichtung der Erdmagnetpole über Millionen von Jahren hinweg konserviert, da sich nach Abkühlung des Gesteins unter den Curie-Punkt von 577 °C die Magnetisierung des Magnetits nicht mehr ändert.

Ebenfalls im Zusammenhang mit Magmatismus erfolgt die sekundäre Bildung von Magnetit. Die heiße Lava führt dabei zu einer Auslösung des Nebengesteins, bei dem viele Gase freigesetzt werden, wie zum Beispiel Wasserdampf oder Kohlenstoffdioxid. Diese Gase reagieren gerne mit dem in der Lava enthaltenen Eisen zu einem Eisenhydroxid. Dieses Eisenhydroxid gibt beim Erkalten Wasser ab und kristallisiert zu einem Eisenoxid, wie Magnetit. In der Fachsprache der Mineralogie wird dieser Prozess auch pneumatolytische Mineralbildung genannt.

Magnetit bildet sich aber auch bei der Serpentinisierung der Ozeanböden. Dieser Vorgang beschreibt die Umwandlung des basaltischen Gesteins unter Wassereinwirkung bei Temperaturen ab ca. 260 °C (Metasomatose), wobei sich aus Olivin neben den Serpentinmineralen auch Magnetit und Wasserstoff bilden.

Natürlicherweise kommt Magnetit also hauptsächlich in magmatischen und metsomatisch umgewandelten Gesteinen vor, aber aufgrund seiner Verwitterunsgbeständigkeit findet man ihn auch als Relikt zum Beispiel an Sandstränden.

Magnetit wird in vielen Bereichen verwendet unter anderem spielt das Erz mit seinem hohen Eisenanteil eine große Rolle in der Eisengewinnung. Wegen seiner hohen Dichte, wird es auch als Körnung unter Baustoffe gemischt. Des Weiteren nutzt die Industrie den natürlichen Magnetismus bei der Herstellung von Kompassen und in der Halbleiterelektronik wird Magnetit als Ladungsträger eingesetzt. Auch in der Medizin werden Magnetitnanopartikel eingesetzt, um Tumorzellen anzugreifen.

Magnetit ist weltweit verbreitet, mit den größten Vorkommen in Schweden, Westaustralien und USA, aber auch in Norwegen, Deutschland, Italien, Schweiz, Südafrika, Indien und Mexico wird er gefunden.

Malachit ($Cu_2CO_3(OH)_2$, monoklin) ist ein Karbonat-Mineral, welches in allen Grünvariationen von hell- bis dunkelgrün auftreten kann. Es erscheint meist in massigen, traubenähnlichen Formen, auch vergleichbar mit einer glaskopfartigen Oberfläche, häufig ist eine Bänderung zu erkennen. In seltenen Fällen sind einzelne nadelige oder prismatische Kristalle (monoklines Kristallsystem) mit dem Auge sichtbar. Diese Kristalle formen häufig Büschel. Malachit gehört zu den Sekundärmineralen, als Produkt von Verwitterung in Oxidationszonen (sauerstoffreichen Zonen) von einem Kupfervorkommen. Karbonatreiches Wasser, z.B sauerstoff- und kohlenstoffdioxidreiches Regenwasser, trifft auf ein Kupfervorkommen, reagiert mit dem primären Kupfererz und bildet das sogenannte Sekundärmineral Malachit. Früher wurde Malachit lokal zur Kupfergewinnung verwendet oder auch in pulverisierter Form als Farbpigment in der Malerei, heute dient Malachit als Schmuckstein. Malachit ist ein weltweit häufig verbreitetes Mineral, die größten Vorkommen befinden sich in Russland, Australien, Chile, Namibia, Simbabwe und USA.

Ein **Mineral** ist im Idealfall ein homogener, natürlich vorkommender Feststoff mit gegebener chemischer Zusammensetzung und Kristallstruktur. Wir kennen derzeit ca. 5300 verschiedene anerkannte Minerale, von denen allerdings nur einige Hundert wirtschaftlich oder wissenschaftlich von allgemeinem Interesse sind und bereits die wichtigsten 6 Mineralgruppen (Feldspäte, Quarz, Pyroxene, Amphibole, Glimmer, Olivin) weit mehr als 90% der Erdkruste und des Oberen Erdmantels ausmachen. Minerale werden systematisch nach Strunz (deutschsprachig) bzw. Dana (englischsprachig) klassifiziert; in letzterer Klassifikation gibt es 9 Mineralklassen, von denen die Silikate mit Abstand die meisten in der Natur häufigen Vertreter haben. Andere Klassen mit wirtschaftlich sehr wichtigen Vertretern sind z.B. Sulfide, Oxide und Karbonate. Minerale können aus nur einem Element (z.B. Gold Au, Diamant C) bestehen oder sehr komplexe Strukturen wie z.B. beim Schichtsilikat Glimmer aufweisen. Eine eigene - für die Mineralogie allerdings relativ unbedeutende - Gruppe bilden die organischen Minerale, zu denen der Whewellit zählt. Er kommt sehr selten in hydrothermalen Carbonat-Sulfid-Adern vor, man findet ihn aber vor allem im Urin auskristallisiert als Harnstein. Aber auch anorganische Minerale sind Bestandteil unseres Körpers. Unsere Zähne und Knochen bestehen z.B. aus Hydroxylapatit. (-> siehe **Apatit**)

Pyrit (FeS_2, kubisch) ist ein messinggelb glänzendes Sulfid-Mineral, welches oft auch unter den Namen Schwefelkies, Eisenkies oder Katzengold bekannt ist. Das Mineral hat mehr als 60 Kristallformen, am häufigsten ist die Würfelform, Pentagondodekaeder (12 fünfeckige Flächen) und Oktaeder (8 dreieckige Flächen), typischerweise kann man Streifen auf den Flächen erkennen, welche vom Wachstum stammen. Die entstehenden Kristalle sind meist sehr klein, in seltenen Fällen wurden jedoch auch Kristalle mit bis zu 30 cm Kantenlänge gefunden. Neben den ausgeprägten Kristallen kommt das Mineral Pyrit auch körnig, himbeerförmig, schalig und radialstrahlig (fächerähnlich) vor. Optisch ist es Gold sehr ähnlich, allerdings hat Pyrit eine bräunliche Strichfarbe, die von Gold ist gold- bis weißgelb; zudem ist Pyrit viel härter als Gold.

Die Entstehung Pyrits kann unter verschiedenen Bildungsbedingungen angetrieben werden. Zum einen entstehen Eisensulfidverbindungen (Eisenmonosulfid FeS) bei der Stoffwechseltätigkeit von bestimmten Bakterien, welche weiter in einer Umgebung mit Sulfationen (z.B. typisch im Meerwasser, in Böden) sich in langen Zeiträumen zu Pyrit (Eisendisulfid FeS_2) umwandeln. Des Weiteren entstehen Pyrite in eisenreicher Lava. Auch warme metall- und sulfidhaltige Wässer (Fluide), die abkühlen, können zur Pyritbildung führen, zum Beispiel im Meerwasser (Schwarze Raucher). Gerne wächst ein solch ausgefällter Pyritkristall weiter und füllt Hohlräume als auch Muschelschalen und Fossilien.

Als Rohstoff wird Pyrit nur bedingt genutzt, Schwefelsäure kann gewonnen werden und unter bestimmen Bedingungen auch Eisen. Manche Pyrite haben noch andere Metalle, zum Beispiel Kupfer oder Nickel, in ihre Kristallstruktur eingebaut, welche ebenfalls gewonnen werden können. Des Weiteren wird Pyrit als Schmuckstein verwendet.

Pyrit finden wir weltweit, teilweise auch als sehr ausgedehnte Vorkommen. Die größten befinden sich in Spanien, Peru und USA. Allgemein kommt Pyrit in kleinen Anteilen in den meisten sedimentären und magmatischen Gesteinen vor.

Quarz zählt zu den bekanntesten und häufigsten Mineralen unserer Erdkruste (12 Vol%; Platz 2 nach den Feldspäten). Reiner Quarz hat die chemische Formel SiO_2 und findet sich als transparenter Bergkristall in sogenannten Gesteinsdrusen und Gängen. Wenn er Platz und genügend Zeit zum Wachsen hat, entstehen so wunderschöne zum Teil metergroße Kristalle. Durch den Einbau von Fremdatomen in die Quarzstruktur, aber auch durch Bestrahlung, Temperatureinwirkung bzw. mikroskopische Einschlüsse anderer Minerale entstehen die unterschiedlichsten Varietäten mit einer großen Farbvielfalt. Rauch- (Bestrahlungseffekte) und Rosenquarz (Einlagerung von Fremdmineralen bzw. Einbau von Fremdatomen) sowie Amethyst (Bestrahlungseffekte, Einbau von Fe^{3+}) sind bekannte Varietäten, hinzu kommen noch zahlreiche mikrokristalline Varianten (Tigerauge, Chalcedon, Achat etc.). Der amorphe, also nichtkristalline Opal besteht zwar aus $SiO_2 \bullet nH_2O$, er wird jedoch aufgrund der fehlenden Kristallstruktur strenggenommen weder als Quarz im Speziellen noch als Mineral im Allgemeinen klassifiziert.

Quarz ist Bestandteil vieler Gesteine wie z.B. Granit, Sandstein, Quarzit, Feuerstein und Sand und wichtiger Rohstoff z.B. für die Herstellung von Silicium-Halbleitern oder auch Keramik. Aber auch in der belebten Natur spielt SiO_2 eine wichtige Rolle. So gibt es Organismen wie z.B. Kieselalgen und Schwämme, welche die im Meerwasser gelöste Kieselsäure als SiO_2 in ihre Exoskelette einbauen. Auch der Bambus nutzt zur Stabilisierung seiner Stängel und Blätter SiO_2.

Sand ist ein lockeres, heterogenes Gemenge von Mineralen und Gesteinsbruchstücken. Entscheidend für die Klassifikation als “Sand” ist dabei nicht ein bestimmter Mineralgehalt sondern die Korngröße. Diese muss sich für mindestens 50% des Gemenges im Bereich von 0,063 bis 2 mm bewegen, damit das Lockergestein als “Sand” klassifiziert wird. Gröbere Gemenge werden hingegen als Schutt, Schotter bzw. Kies, feinere als Ton oder Silt bezeichnet. All diese Lockergesteine entstehen durch physikalische (Wasser, Wind, Temperaturschwankungen) und chemische (Lösung, Oxidation, Mineralumwandlung) Verwitterung verschiedener Gesteine und Minerale. Demnach unterscheidet man Sande auch nach ihrem Mineralgehalt, abhängig vom Ausgangsgestein.

Am häufigsten ist das Mineral Quarz anzutreffen, da es aufgrund seiner Härte, fehlenden Spaltbarkeit und chemischen Beständigkeit sehr verwitterungsresistent ist. Liegt der Anteil an Quarzkörnern in einem Sand bei über 85%, spricht man von Quarzsand. Es gibt aber auch Sande, die gar keinen Quarz enthalten und beispielsweise nur aus kleinen Gipskristallen oder Muschelbruchstücken bestehen.

Weitere häufig vorkommende Minerale in Sanden sind Feldspäte, Glimmer und die sehr verwitterungsbeständigen Schwerminerale wie z.B. Zirkon, Granat und Olivin. Aus dem Vorhandensein der verschiedenen Minerale kann der Geowissenschaftler oft einige Rückschlüsse auf das Ausgangsgestein ziehen und den Sand danach benennen. Neben Quarzsand gibt es z.B. auch Granit- und Diamantsande. Aufgrund der großen

Vielfalt an unterschiedlichen Mineralen gibt es Sande in allen Farben, selbst schneeweiße (z.B. Gipssand, Chihuahua-Wüste, New Mexico) oder schwarze (z.B. Basaltsand, Punaluu Black Sand Beach, Hawaii Island) Varianten finden wir auf unserer Erde.

Sand ist ein bedeutender Rohstoff. Man unterscheidet Bausande, die vor allem für die Herstellung von Beton, Zement, Dachsteinen und Asphalt eingesetzt werden sowie Industriesande. Während Bausande mehrmineralisch zusammengesetzt sein dürfen, unterliegen Industriesande strengeren Anforderungen, denn nur sehr reine Quarzsande (SiO_2-Gehalt > 99%) können beispielsweise in der Glas- und Keramikherstellung, als Ausgangsstoff für Si-Elektronikchips, Siliziumkarbid oder auch für Filter-, Strahl- sowie Spielsande verwendet werden. (Vgl. Commodity TopNews 56 (2018): Sand - auch in Deutschland bald knapp?)

Silizium (Si, kubisch) nimmt in Form der Silikatminerale (z.B. Quarz, Feldspat, Olivin, Mg-Perowskit) den bedeutendsten Teil im Aufbau von Erdkruste und Erdmantel ein. Es kommt aber, wenn auch sehr selten, ebenfalls in gediegener Form in der Natur vor. Daher ist es als Mineral offiziell anerkannt. Ein großräumiger Abbau ist jedoch nicht möglich, daher wird das Silizium, das wir für diverse - meist technische Anwendungen benötigen - durch Schmelzen im Reduktionsofen aus sehr reinem Quarzsand (SiO_2) gewonnen. In elementarer Form wird es dann je nach Reinheit als Legierungsbestandteil in Stählen, für die Herstellung von Silikonen, für Solarzellen sowie in der Halbleiterelektronik verwendet. Für die beiden letztgenannten Anwendungen benötigt man sehr reines Silizium. Das bedeutet, das zuvor gewonnene elementare Rohsilizium muss noch einmal gereinigt werden. Im Falle der Solarzellen reicht dabei ein sehr reines polykristallines Aggregat. Für Halbleiterchips benötigt man jedoch hochreines einkristallines Silizium. Dieses wird durch Ziehen von Einkristallen aus geschmolzenem Solarsilizium z.B. mittels des Czochralski-Verfahrens hergestellt.