

Liebe Sammlerfreunde!

Unserem Chefredakteur kann man natürlich keinen Wunsch abschlagen. Seiner Initiative ist nun eine Ausarbeitung zur Kristallmorphologie geschuldet. Ich komme dem gerne nach und möchte Ihnen - hier im Steinbeißer in lockerer Folge - die Schlüsselbegriffe zur Morphologie darstellen. Wer meinen Vortrag zur Morphologie noch in Erinnerung hat, der wird schon ahnen, was auf ihn zukommt. Auch hier sollen durch viele Bilder das kristallographische Wesen der Kristalle und die Begriffe Kristallgitter, Kristallform, Tracht und Habitus für den Leser anschaulich und damit verständlich werden. Mein Wunsch wäre, viele durch diese Ausarbeitung dazu anzuregen, ihre Schätze auch morphologisch anzusprechen.

Ich möchte darauf hinweisen, dass mein Vorhaben die angeführten Erkenntnisse zur Kristallmorphologie nicht wissenschaftlich darstellen wird. Die behandelten Regeln wurden zum Teil vor mehr als 200 Jahren formuliert - sie gelten bis heute in der Hochschullehre über die Kristallmorphologie. Als Autodidakt denke ich, dass ein Ausriss, reduziert auf die Sicht von möglichst vielen Mineraliensammlern ohne einschlägige Kenntnisse, die Fangemeinde der Kristallmorphologie vergrößern kann.

Ich lade Sie nun ein, meinem Gedankenspiel zu folgen und denken Sie daran, auch große Wissenschaftler erklären die Welt eingeschränkt, d.h. nur mit Regeln - sie nennen das gerne Gesetze - aus ihrem Fachgebiet.

Kristall-Morphologie

Das Wort **Kristall** kommt aus dem Griechischen und **bedeutet** wörtlich übersetzt **Eis**. Dazu die Legende:

Die alten Griechen glaubten, dass ihre in den Bergen gefundenen klaren Kristalle aus Eis bestehen, das so lange und tief gefroren wurde, dass es nicht mehr auftauen kann.

So gesehen sind auf den drei Fotos die Namensgeber Berg-Kristalle abgebildet.



Fotos © Walter Gabriel, CH-2142 Münchenstein

Und nun gleich die erste Einschränkung oder besser Abgrenzung.

In der Kristallmorphologie (Morphologie bedeutet allgemein Formenlehre) werden nur Kristalle mit ebenen Flächen betrachtet - so wie sie im dritten Bild rechts am senkrecht stehenden Kristall ausgebildet sind.

Wir betrachten die Kristalle als Körper mit ebenen Flächen und geraden Kanten.

Frage: Warum kann man nicht für alle abgebildeten Kristalle morphologische Gesetze aufstellen?

An dieser Stelle meinen herzlichen Dank an alle Fotografen, die ihre Bilder uneigennützig für diese Ausarbeitung zur Verfügung gestellt haben. Zu den Bildern sind die Namen der Fotografen angegeben.

Liebe Sammlerfreunde!

Alle Mineraliensammler sind bestimmt auch von der Formenvielfalt ihrer Mineralen begeistert. Diese Begeisterung soll noch gesteigert werden - packen wir es an.

Schon beim ersten Blick auf die Sammlung fallen zwar viele Unterschiede (Formen, Farben, ..) aber auch Gemeinsamkeiten bei den verschiedenen Mineralien auf. Die für den Mineraliensammler manchmal schwer verdauliche Fachliteratur beschreibt Gemeinsamkeiten und formuliert diese als „Gesetze“. Das klingt gut und wird oft mit dem Anspruch der Allgemeingültigkeit verbreitet - was so nicht richtig ist - die Natur kennt keine Gesetze. Wir sind bescheiden und betrachten daher hier nur „Regeln“ und die Rahmenbedingungen unter denen diese Regeln gelten sollen.

Das zuvor Angeführte, für unser Gedankenspiel benutzt, soll heißen: wenn Regeln für möglichst viele (alle) Kristalle gelten, dann kann für die weitere Beschreibung der Regeln ein Mineral dienen. Und es ist dann natürlich auch sinnvoll, sich ein übersichtliches Beispiel auszusuchen. Genau das soll hier geschehen - der Bleiglanz wird für die Ausarbeitung als Stellvertreter für Alle stehen.



© Foto: Friedel Pfeiffer



© Foto: Michael Berghäuser



© Foto: Berthold Ottens

Die Bleiglanz-Kristalle auf den drei Bildern zeigen deutlich Unterschiede und Gemeinsamkeiten. Wie kann man diese morphologisch beschreiben?

Nun gilt es hier nicht, das Rad neu zu erfinden. Daher zwei Begriffsbestimmungen als Leitfaden für die weitere Ausarbeitung: eine aus dem Duden und eine vom Fachmann Walter Borchardt-Ott.

Duden: Kristall (fester, regelmäßig geformter, von ebenen Flächen begrenzter Körper) ⁽¹⁾

Borchardt-Ott: Ein Kristall ist ein anisotroper homogener Körper, der eine dreidimensional periodische Anordnung der Bausteine (Atome, Ionen, Moleküle) besitzt. ⁽²⁾

Auf den ersten Blick helfen diese Erklärungen nicht weiter. Bei näherer Betrachtung wird jedoch eine unterschiedliche Sicht auf die Kristalle deutlich.

Die nachfolgenden Bilder zeigen drei unterschiedliche Darstellungen für Bleiglanz-Kristalle.

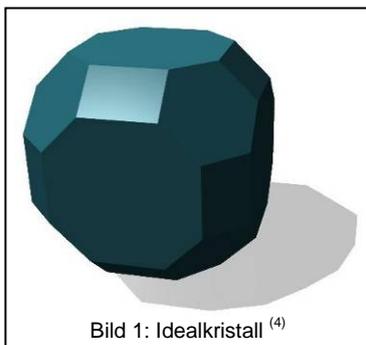


Bild 1: Idealkristall ⁽⁴⁾

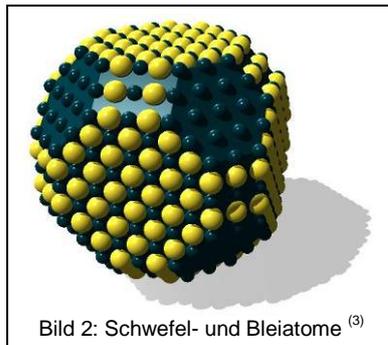


Bild 2: Schwefel- und Bleiatome ⁽³⁾

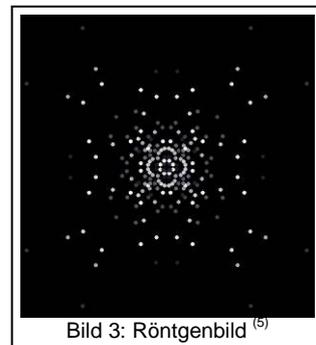


Bild 3: Röntgenbild ⁽⁵⁾

Das erste Bild zeigt einen Idealkristall mit typischen Kristallflächen. Im zweiten Bild ist der innere Aufbau aus gelben Schwefelatomen und blaugrauen Bleiatomen idealisiert dargestellt, wobei die Umfassung der Atome den Körper im ersten Bild andeutet. Die weißen Punkte im rechten Bild markieren - auch idealisiert - von Bleiglanz abgelenkte Röntgenstrahlen auf einem Röntgenbild.

Traditionell werden in der Kristallographie zwei Betrachtungsweisen unterschieden und dadurch zwei Fachgebiete geprägt - die Kristallmorphologie und die Kristallstrukturforschung. Die Kristallstrukturforschung betrachtet den inneren Aufbau von Mineralien. Zum Beispiel die Art der Atome und deren Lage zueinander. Dazu sind Röntgenbilder von Mineralien sehr hilfreich. Die Kristallmorphologie sieht die Kristalle von außen, so wie es unsere Altvorderen konnten. Betrachtet wird die Geometrie der Flächenwinkel, der Kanten usw.

Ist die Kristallmorphologie in der Wissenschaft auch nicht „en vogue“, so bietet diese für Mineraliensammler die Möglichkeit, ihre Schätze auch morphologisch zu ordnen. Auch beim Bestimmen von Mineralien kann die Morphologie helfen.

Bei dieser Ausarbeitung sollen Verbindungen zwischen der äußeren und inneren Betrachtung Regeln der Morphologie und deren Rahmenbedingungen anschaulich machen.

Nun genug eingeordnet und abgegrenzt - zurück zum Thema.

Der Fachmann Borchardt-Ott formuliert: „Ein Kristall ist ein ... **homogener** Körper ...“ Soll heißen:

In Kristallen sind **gleichartige** Atome **gleichmäßig** angeordnet.

Frage: Warum müssen in unserem Bleiglanz gleiche Atome regelmäßig angeordnet sein?

⁽¹⁾ Duden Band 1: Die deutsche Rechtschreibung, Mannheim Leipzig Wien Zürich: Dudenverlag (2001), Seite 578

⁽²⁾ Borchardt-Ott, W. (2009): Kristallographie. Eine Einführung für Naturwissenschaftler, Springer Verlag Berlin Heidelberg, Seite 7

⁽³⁾ ebenda, Seite 30

⁽⁴⁾ Ramdohr, P. & Strunz, H. (Nachdruck 1980): Klockmanns Lehrbuch der Mineralogie, Stuttgart Enke, Seite 36

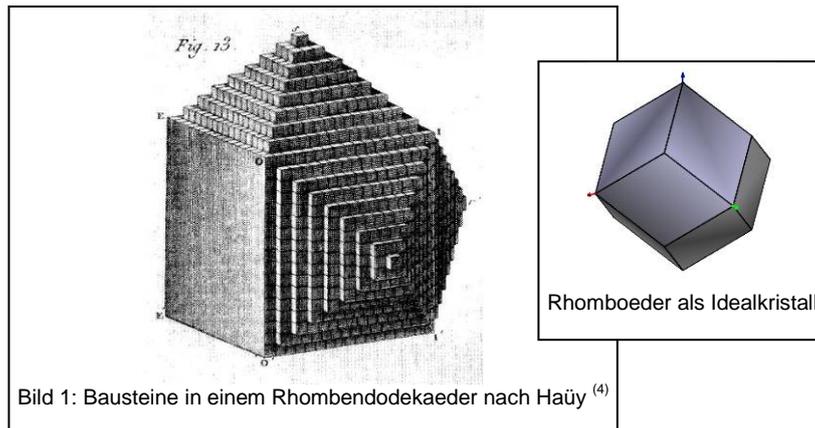
⁽⁵⁾ gezeichnet mit dem Programm Kristall2000

Liebe Sammlerfreunde!

Lassen wir gleich zu Beginn wieder unseren Fachmann sprechen. Borchardt-Ott:

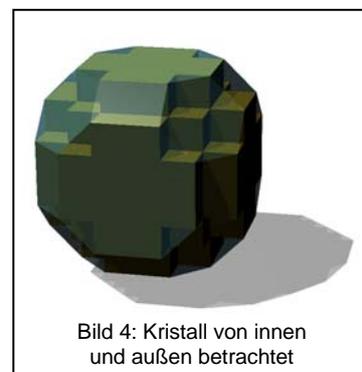
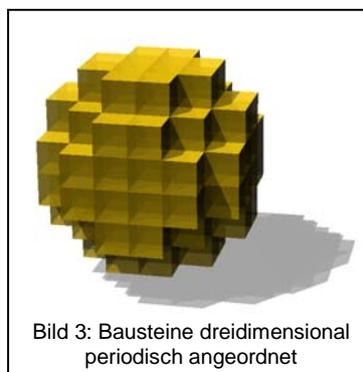
„Ein Kristall ist ein homogener Körper, der eine **dreidimensional periodische** Anordnung der Bausteine besitzt.“

Dazu ein Blick in die Historie der Kristallforschung. Schon René Just Haüy (1743-1822)⁽¹⁾ - in der Literatur⁽²⁾ gerne als Vater der Kristallographie bezeichnet - betrachtete die Kristalle aufgebaut aus Bausteinen, er nennt diese „integrierende Moleküle“. Die Legende⁽³⁾ berichtet, dass die entscheidende Idee geboren wurde als ihm ein Kalkspat aus den Händen glitt und am Boden in eine Vielzahl gleichförmiger Rhomboeder-Spaltstücke zerbrach.



Diese Darstellung von Haüy ist besonders reizvoll. Er zeigt damit schon 1809 eine Verbindung zwischen der inneren und äußeren Betrachtung von Kristallen, die so noch heute als Grundlage für die Lehre über die Kristallmorphologie gilt.

Wie sieht das Alles nun aus heutiger Sicht auf den Stellvertreter Bleiglanz übertragen aus?



Das Bild 2 zeigt den Baustein für Bleiglanz, aufgebaut aus vier Schwefelatomen(S) und vier Bleiatomen(Pb). Die Grundform ist ein Würfel mit einer Kantenlänge (a) von $5,94\text{\AA}$ ⁽⁵⁾.

Reduziert man die Darstellung der Atome auf ihre Schwerpunkte, dann kann man sich den Baustein auch vereinfacht als einen Würfel vorstellen. Mit den dreidimensional (Höhe, Breite, Tiefe im Raum) periodisch (wiederkehrend) angeordneten Würfeln weist Bild 3 auf den inneren Aufbau von Bleiglanz-Kristallen hin. Bei dieser Darstellung wird auch der Bezug zu Haüys Vorstellungen deutlich.

In Bild 4 wird die Verbindung zwischen der inneren und äußeren Betrachtung angedeutet. Eine transparente Kristalhülle umschließt die in Bild 3 gezeigte Anordnung der Bausteine.

Natürlich ist die Anzahl der abgebildeten Bausteine so nicht sichtbar. Für einen Kristall von $5,94\text{mm}$ Kantenlänge - etwa Bleistiftstärke - wären 10 Millionen Bausteine in jeder Richtung anzuordnen.

Es gilt: Kristalline Stoffe (Mineralien) sind aus Bausteinen aufgebaut.

Die Form der Bausteine kann jedoch unterschiedlich sein. Doch dazu später mehr.

Auch in diesem Beitrag zum Abschluss eine Frage.

Wie weit kann man einen Bleiglanzkristall in Spaltstücke zerkleinern, ohne dass diese Spaltstücke ihre mineralspezifischen Eigenschaften verlieren?

⁽¹⁾ René Haüy (1743-1822): Professor für Theologie später französischer Mineraloge in Paris

⁽²⁾ Fabian, E. (1986): Die Entdeckung der Kristalle, VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie Leipzig, Seite 140 ff.

⁽³⁾ ebenda, Seite 144

⁽⁴⁾ ebenda, Seite 115

⁽⁵⁾ Å = Ångström, nach einem schwedischen Physiker

Liebe Sammlerfreunde!

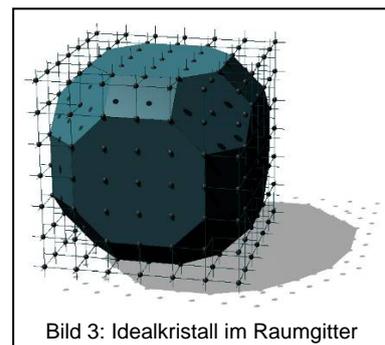
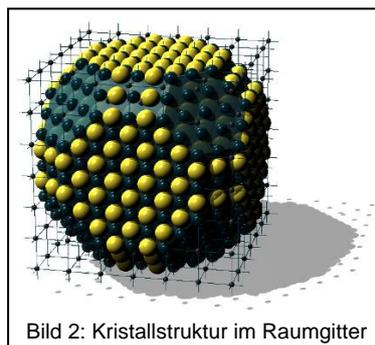
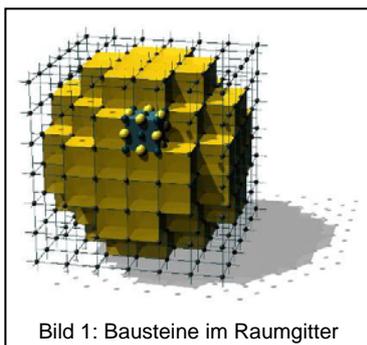
Heute ein weiteres Merkmal von Kristallen, das für den Sammler zwar nicht sichtbar ist, jedoch das Erscheinungsbild von Kristallen bestimmt. Dazu noch einmal unseren Leitfaden vom Fachmann Borchard-Ott: „Ein Kristall ist ein ... homogener Körper, der eine dreidimensional periodische Anordnung der Bausteine (Atome, Ionen, Moleküle) besitzt.“⁽¹⁾

Wie schon im zweiten Brief formuliert sind bei homogenen Körpern die gleichartigen Bestandteile gleichmäßig (homogen) angeordnet. Im dritten Brief ist eine traditionelle Betrachtungsweise beschrieben, die den dreidimensional periodischen Aufbau aus Bausteinen darstellt.

Weiter nun die allgemeine Betrachtung zum gleichmäßigen inneren Aufbau von Mineralien - das **Raumgitterprinzip** von Kristallen. Dazu wieder ein Blick in die Historie mit einem Auszug aus Klockmann: „Die Wahrscheinlichkeit dieser Anordnung (der Bausteine) wurde im Prinzip erstmalig von Johannes Kepler (1611) bei der Beobachtung der Gestalt der Schneeflocken in Erwägung gezogen, von L.A. Seeber (Freiburg, 1822) in „Versuch einer Erklärung des Baues der festen Körper“ als Hypothese aufgestellt und schließlich durch den berühmten Versuch von Max von Laue (München, 1912) bestätigt.“⁽²⁾

Das Raumgitterprinzip entspricht dem Regelaufbau der festen Materie. Ausnahmen bilden z.B.: Glas, Opal, Obsidian u.a., die als feste Flüssigkeiten angesehen werden können.

Hier nun den Stellvertreter Bleiglanz in verschiedenen Betrachtungsweisen im Raumgitter.

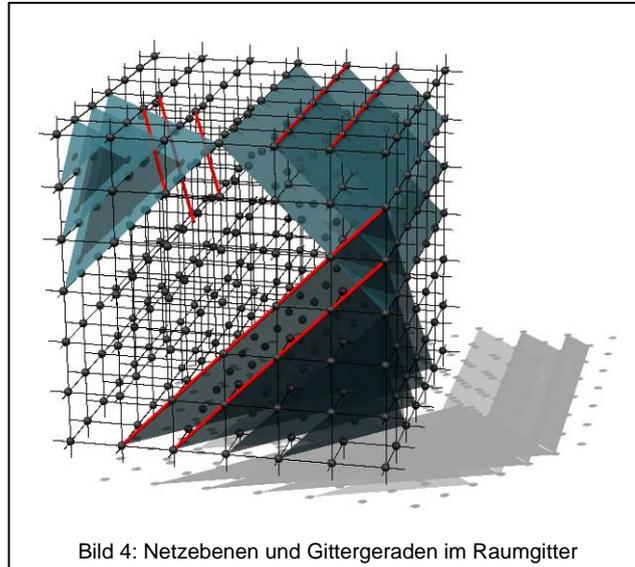


Im ersten Bild ist der Zusammenhang zwischen den Bausteinen (im Sinne von Häü) und dem Raumgitter von Bleiglanz dargestellt. Das Format (Form und Abmessung) eines Bausteins entspricht genau dem Format einer Gitterzelle - beim Bleiglanz einem Würfel mit $5,94\text{\AA}$ Kantenlänge. Die Anordnung der Atome ist im Bild bei einem Baustein angegeben. Eine Gitterzelle, wie hier für den Bleiglanz gezeigt, wird in der Fachliteratur als Einheitszelle oder Elementarzelle bezeichnet.

Im zweiten Bild ist das Raumgitter der Kristallstruktur zugeordnet. Im Beispiel ist die homogene Anordnung der gelben Schwefel- und blaugrauen Bleiatome, passend zum Idealkristall im dritten Bild zu sehen. Auf jedem Gitterpunkt liegt ein Bleiatom. Das Format des Raumgitters bleibt auch erhalten, wenn das Gitter so verschoben wird, dass auf jedem Knotenpunkt ein Schwefelatom zu liegen kommt.

Das dritte Bild zeigt einen Idealkristall, dessen Kristallflächen durch Gitterpunkte fixiert sind. Damit soll eine wichtige Regel für die Kristallmorphologie angedeutet werden.

Jede Kristallfläche verläuft parallel zu einer Schar von Netzebenen.
 Jede Kristallkante verläuft parallel zu einer Schar von Gittergeraden.⁽³⁾



Alle graublauen Netzebenen und roten Gittergeraden im Bild 4 sind durch Gitterpunkte fixiert. Damit sind nach der oben zitierten Regel auch die Neigung der Kristallflächen und die Richtung der Kristallkanten im Gitter bekannt und können somit berechnet werden. Das Raumgitter ist auch eine fiktive mathematische Beschreibung des inneren Aufbaus von Kristallen.



Bleibt zum Schluss nur noch eine Frage. Warum hat ein Oktaeder oder auch Spaltoktaeder von Fluorit - unabhängig von der Größe - immer die gleiche Form?

⁽¹⁾ Borhardt-Ott, W. (2009) Kristallographie: Eine Einführung für Naturwissenschaftler, Springer Verlag Berlin Heidelberg, Seite 7

⁽²⁾ Ramdohr, P. & Strunz, H. (Nachdruck 1980): Klockmanns Lehrbuch der Mineralogie, Stuttgart Enke, Seite 3

⁽³⁾ Borhardt-Ott, W. (2009) Seite 29

Liebe Sammlerfreunde!

Im Leitfaden wird nur noch eine weitere Eigenschaft von Kristallen angegeben, die heute näher betrachtet werden soll - der Leitfaden vom Fachmann Borchard-Ott: „Ein Kristall ist ein **anisotroper** homogener Körper, der eine dreidimensional periodische Anordnung der Bausteine (Atome, Ionen, Moleküle) besitzt.“⁽¹⁾ Zuerst frei übersetzt die Bezeichnung anisotroper: an = nicht; iso(s) = gleich; trop(os) = Richtung. Bedeutet deutlicher formuliert, dass geometrische, physikalische und topochemische⁽²⁾ Eigenschaften bei Mineralien richtungsabhängig sind.

Im Bild zeigt der Stellvertreter Bleiglanz von innen und außen betrachtet dazu die Begründung.

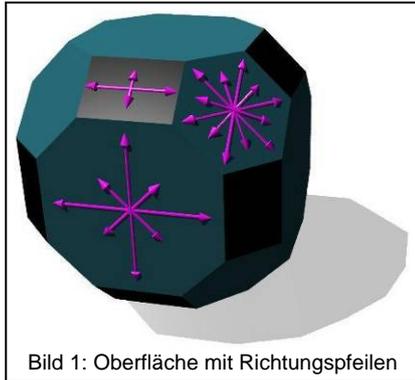


Bild 1: Oberfläche mit Richtungspfeilen

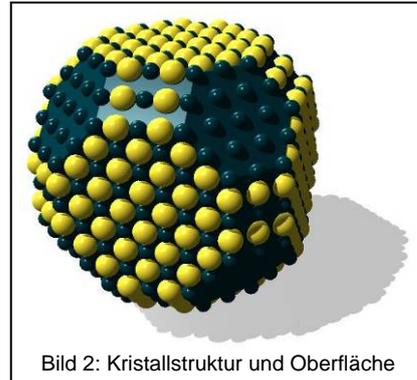


Bild 2: Kristallstruktur und Oberfläche

Die im Bild 1 violetten Pfeile kennzeichnen verschiedene Richtungen im Kristallgitter - hier auf der Oberfläche eines Idealkristalls dargestellt. Vergleicht man nun in verschiedenen Richtungen, die mit nicht gleichlangen Pfeilen markiert sind, die Anordnung der Atome auf dem zweiten Bild rechts, dann wird sichtbar, dass in den entsprechenden Richtungen verschiedene Atome unterschiedlich angeordnet sind. Als Beispiel die Vorderansicht der Abbildungen betrachtet. Dort sind in Richtung der längeren Pfeile im linken Bild - in parallelen Richtungen im rechten Bild, Reihen von Blei- und Schwefelatomen in abwechselnder Anordnung zu sehen. In gleicher Betrachtung wechseln sich in Richtung der diagonalen, kurzen Pfeile Reihen mit ausschließlich Blei- bzw. Schwefelatomen ab. Im linken Bild bedeuten gleichlange Pfeile Richtungen mit gleichen Atomen in gleicher Anordnung und gleichen Abständen und damit Richtungen mit gleichgroßer Ritzhärte, Wärmeleitfähigkeit, Abriebfestigkeit und Andere. Parallele Richtungen (Pfeile) sind in der Anisotropie gleichwertig.

Die nachfolgenden Bilder zeigen drei Beispiele, bei denen die Anisotropie der Kristalle sichtbar ist.



Bild 3: Oktaedrische Spaltstücke von Fluorit



Bild 4: Würfelförmige Spaltstücke von Bleiglanz

Die inneren Zusammenhangskräfte (Kohäsion) der Kristalle können durch äußere Einwirkung gestört werden, das bis zum Zerreißen der Kristalle führen kann. Die Zerreißflächen können unregelmäßig oder mehr oder weniger eben sein - sogenannte Spaltflächen bilden.⁽³⁾

Beim Bleiglanz liegen die vollkommenen Spaltflächen parallel zu Kristallflächen am Würfel, beim Fluorit parallel zu Kristallflächen am Oktaeder. Die Spaltflächen sind immer dicht besetzte Gitterebenen - siehe Bild 2. In allen parallelen Flächen ist die Spaltbarkeit gleich. Demnach ist die Lage der Spaltflächen unabhängig von der Größe der Spaltkörper - siehe Bild 3 und 4.

Die Bezeichnung Spat weist auf die vollkommene Spaltbarkeit zum Beispiel von Flussspat (Fluorit) oder auch Kalkspat (Calcit) hin. Beim Calcit liegen die Spaltflächen parallel zu den Kristallflächen am Hauptrhomboeder und treten am Kristall oft als Spaltrisse auf. Diese Risse können beim Studium der Kristallformen hilfreich sein, da sie die Lage des Hauptrhomboeders im realen Calcitkristall anzeigen.

Weiter zeigt der Calcit sehr deutlich die doppelte Lichtbrechung in nicht kubischen Kristallen.⁽⁴⁾ Im Bild 5 sind drei Spaltrhomboeder auf einem Gitter verschieden angeordnet. Das Licht (Sonnenlicht) strahlt im gleichen Winkel auf die drei Spaltstücke. Die Doppellinien im Bereich der Spaltstücke präsentieren augenfällig die Doppelbrechung im Calcit. Eine genauere Betrachtung der Lage der Doppellinien zueinander verdeutlicht die optische Anisotropie.

Im Rhomboeder oben links liegt eine waagrechte Linie in Verlängerung der Gitterlinien. Die hier sogenannte zweite Linie liegt über dieser Linie.

Wie zuvor betrachtet liegen im Spaltstück unten links die zweiten waagrechten Linien unterhalb der Gitterlinien und die zweiten senkrechten Linien links von den Gitterlinien.

Und im großen Rhomboeder liegen die zweiten waagrechten Linien unterhalb und die zweiten senkrechten Linien rechts von den Gitterlinien.

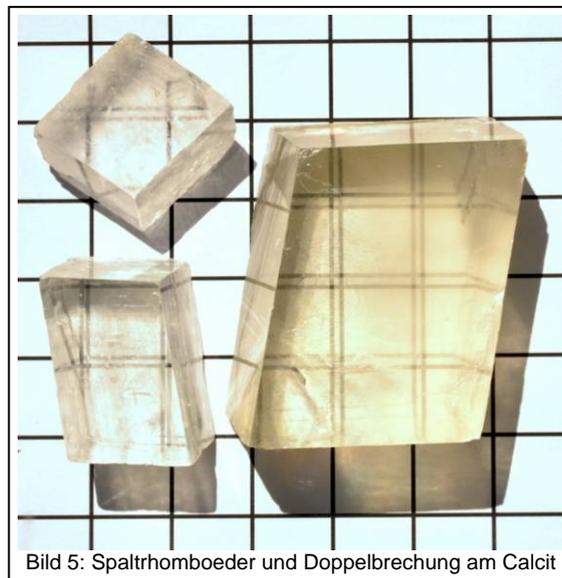


Bild 5: Spaltrhomboeder und Doppelbrechung am Calcit

Die Erscheinung der Doppellinien im Bild 5 zeigt an: der Lichtweg des zweiten Lichtstrahls folgt, bedingt durch die verschiedenen Stellungen der Rhomboeder zum Sonnenlicht, anderen Richtungen im Kristallgitter - ist demzufolge richtungsabhängig.

An dieser Stelle wieder eine Frage. Warum ist das Erscheinungsbild der Anisotropie - zum Beispiel der Spaltbarkeit - ein Erkennungsmerkmal von Mineralien?

Bis hierher verschiedene Gedankenspiele zum „kristallographischen Wesen der Kristalle“. Ein wichtiger Hinweis noch zum Abschluss dieses Abschnitts. In dieser Ausarbeitung werden keine „Quasikristalle“ behandelt. Diese wurden Anfang der 1980er von Daniel Shechtman entdeckt und beschrieben. Er bekam dafür 2011 den Chemie-Nobelpreis zugesprochen. Eine Recherche - z.B. im Internet - über die Diskussionen in der Fachwelt zu dieser Entdeckung möchte ich ausdrücklich empfehlen.

In den nächsten Briefen rücken die Begriffe Kristallform, Tracht und Habitus ins Blickfeld der Leser.

⁽¹⁾ Borchardt-Ott, W. (2009) Kristallographie: Eine Einführung für Naturwissenschaftler, Springer Verlag Berlin Heidelberg, Seite 7

⁽²⁾ topochemische Eigenschaften = chemische Eigenschaften an und in festen Stoffen

⁽³⁾ Ramdohr, P. & Strunz, H. (Nachdruck 1980): Klockmanns Lehrbuch der Mineralogie, Stuttgart Enke, Seite 222 ff

⁽⁴⁾ ebenda, Seite 274 ff

Liebe Sammlerfreunde!

Ab diesem Brief sollen die Begriffe Kristallform, Tracht und Habitus, wie sie in der Fachliteratur zur Beschreibung der Morphologie von Kristallen eingeführt wurden, mit weiteren bildhaften Gedankenspielen ins Blickfeld des Lesers gerückt werden. Dazu ist das Rad nicht neu zu erfinden. Folgerichtig dienen auch weiter die Definitionen der Begriffe aus der Fachliteratur als Leitfaden.

Borchard-Ott formuliert: „Eine Menge von äquivalenten Flächen nennt man **Kristallform**.“⁽¹⁾

Der Duden übersetzt äquivalent mit gleichwertig. Nun welcher Wert der Flächen ist gleich?

Zuerst allgemein gültige Vereinbarungen zur Darstellung von Kristallflächen im Raum.

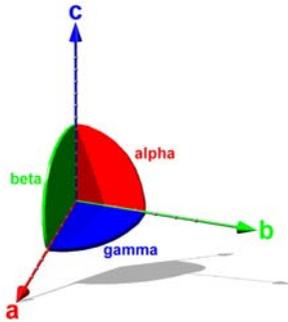


Bild 1: Kubisches System

Wie in der Abbildungsgeometrie wird auch in der Kristallmorphologie, zur Abbildung von Kristallkörpern im Raum, ein Koordinatensystem zu Grunde gelegt. Es gibt sieben Typen von Achsenkreuzen - die so genannten Kristallsysteme. Der Stellvertreter Bleiglanz steht im kubischen System. Darin sind alle Systemwinkel 90° . Die Achsenteilung entspricht den Abmessungen der Elementarzelle.

Im Achsenkreuz sind acht Oktanten gegeben. Im Bild 1 ist nur der positive Anteil abgebildet. In jedem Oktanten des Achsenkreuzes sind sieben Lagen einer Ebene möglich, die sich zu drei Fällen zusammenfassen lassen.

1. Fall: Die Ebene schneidet **eine** Achse (a, b oder c).
2. Fall: Die Ebene schneidet **zwei** Achsen (a und b, a und c oder b und c).
3. Fall: Die Ebene schneidet **drei** Achsen - als allgemeine Lage bezeichnet.

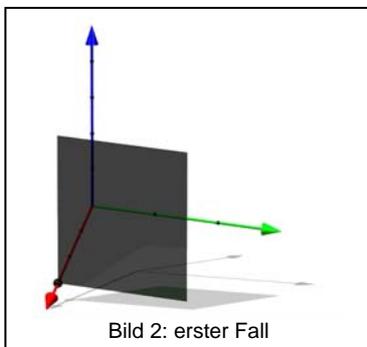


Bild 2: erster Fall

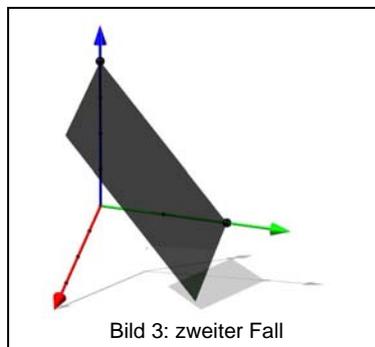


Bild 3: zweiter Fall

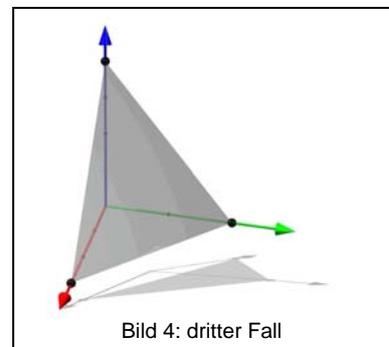
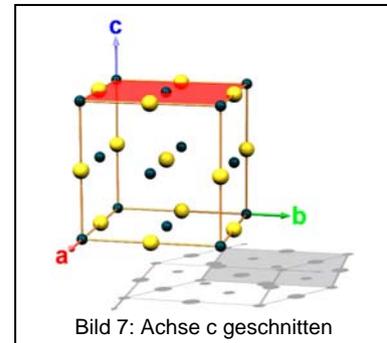
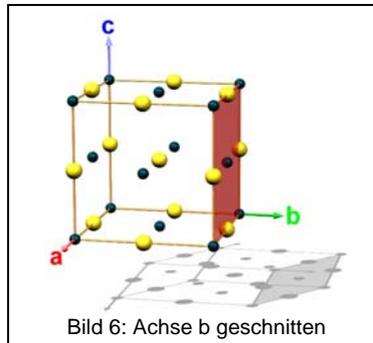
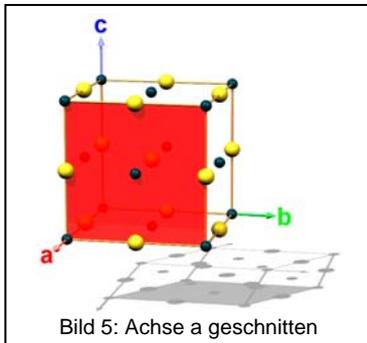


Bild 4: dritter Fall

Bei der Suche nach einer Antwort auf die oben gestellte Frage, soll nun eine Verbindung der inneren und äußeren Betrachtungsweise helfen. Dazu ist in den nachfolgenden Bildern je eine Elementarzelle des Stellvertreters Bleiglanz und je eine Kristallfläche in verschiedenen Lagen gemeinsam im kubischen Kristallsystem abgebildet. Die unterschiedliche Anordnung der Atome auf den Kristallflächen zeigt augenscheinlich und indirekt die Lösung. Verallgemeinert formuliert: auf Kristallflächen mit gleichem Muster der Atome sind die geometrischen, physikalischen und topochemischen⁽²⁾ Eigenschaften gleich - im kristallographischen Sinne gleichwertig.

Zur besseren Übersicht ist in den Bildern der Durchmesser der Atome in der Elementarzelle reduziert.

Alle Flächen der drei Fälle schneiden die Systemachsen in gleich langen Achsenabschnitten. Auf Flächen mit verschiedenen langen Achsenabschnitten entstehen andere Muster. Diese zeigen jedoch die gleichen Zusammenhänge wie nachfolgend beschrieben.



Hier nun der erste Fall betrachtet - die Fläche schneidet eine Systemachse.

Auf den Flächen bilden Schwefel- und Bleiatome, periodisch angeordnet, Reihen die parallel zu den nicht geschnittenen Systemachsen liegen. Die Reihen sind um die Länge einer halben Elementarzelle versetzt.

Die Muster auf den Flächen sind gleich. Daraus folgt, dass die Flächen kristallographisch gleichwertig sind.

Zieht man in die Betrachtung die entsprechenden Flächen aus den anderen Oktanten mit ein, dann ergeben diese Fläche zusammen als Kristallform das Hexaeder - den Würfel mit gleichen Mustern auf allen Flächen.

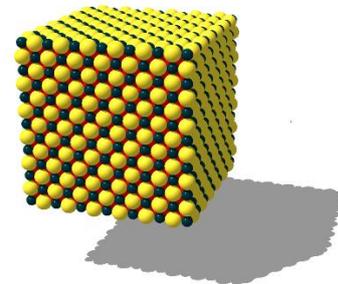


Bild 8: als Kristallform das Hexaeder

Zum zweiten Fall folgende Vorstellung - die Fläche schneidet zwei Systemachsen.

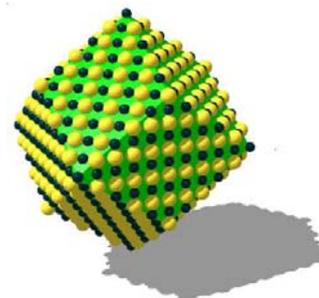
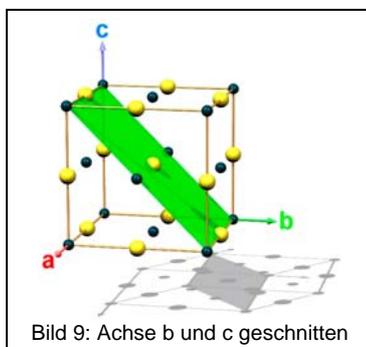
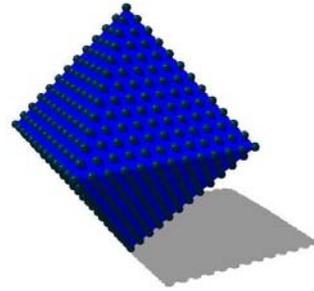
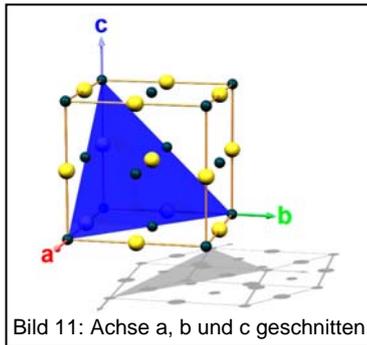


Bild 10: Kristallform das Dodekaeder

In der Richtung parallel zur nicht geschnittenen Systemachse sind die Schwefel- und Bleiatome im regelmäßigen Wechsel angeordnet. Rechtwinklig dazu liegen abwechselnd Reihen, die nur aus Blei- oder Schwefelatomen bestehen.

In allen Oktanten gibt es zusammen zwölf gleichwertige Flächen dieser Art, diese bilden zusammen als Kristallform das Dodekaeder.

Folgende Überlegung zum dritten Fall - die Fläche schneidet drei Systemachsen.



Im Beispiel liegen nur noch Bleiatome auf der Fläche. Diese sind regelmäßig angeordnet. In den acht Oktanten ist je eine Fläche mit dem gleichen Muster der Atome (Bild 11) vorhanden. Diese Flächen bilden zusammen als Kristallform das Oktaeder.

Auch hier zum Abschluss die obligatorische Frage.

In den Bildern 5, 6, 7, 9 und 11 beträgt der Achsenabschnitt der Flächen eine Einheit - die Länge entspricht der Kantenlänge der Elementarzelle. Wie verändert sich das Muster der Atome auf den Flächen, wenn der Achsenabschnitt auf 5 oder 20 Einheiten vergrößert wird?

⁽¹⁾ Borhardt-Ott, W. (2009) Kristallographie: Eine Einführung für Naturwissenschaftler, Springer Verlag Berlin Heidelberg, Seite 130

⁽²⁾ topochemische Eigenschaften = chemische Eigenschaften an und in festen Stoffen



Bild 1: unterschiedliche Tracht

Liebe Sammlerfreunde!

Die lustigen Zwillinge in Bild 1 weisen auf das heutige Thema hin. Die Karikatur ist aus der Artikelreihe KRISTALLFORMEN im Lapis⁽¹⁾ kopiert. In mehreren Ausgaben der ersten Jahrgänge gaben diese Artikel eine Einführung zur Kristallographie. Der Autor wurde durch diese Einführung mit dem Thema „infiziert“.

Vergleichen wir die Kleidung - Tracht - der Herren im Bild 1. Es fällt auf, dass der linke Herr eine Tracht mit sehr vielen Schmuckelementen trägt. Dazu erscheint der Anzug (Tracht) des rechten Herrn schmucklos.

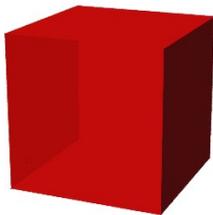
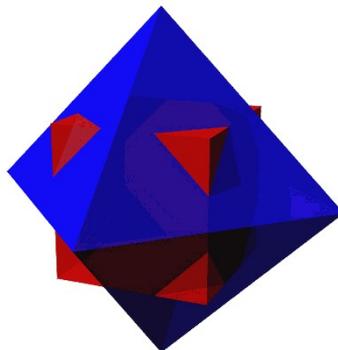
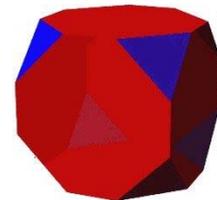
Betrachten wir als Schmuckelemente die Kristallflächen (Kristallformen) an einem Kristallkörper, dann wird folgender Satz aus der Fachliteratur deutlich.

Borchard-Ott formuliert: „Die **Tracht** eines Kristalls ist die Menge der Kristallflächen (Kristallformen), die an ihm auftreten.“⁽²⁾



Bild 2: Bleiglanzkristalle mit drei Kristallformen

Alle ausgebildeten Kristallflächen sind immer bestimmten Kristallformen zugeordnet. Jedoch sind an realen Kristallen - wie sie in Bild 2 zu sehen sind - selten alle Flächen einer Kristallform ausgebildet oder gleich groß, d.h. die realen Kristalle sind meistens unvollständig und verzerrt. Im Bild 2 zeigen alle Bleiglanzkristalle die gleiche Tracht. Die Tracht ist eine Kombination aus einem Hexaeder mit einem Oktaeder und dazu ein Dodekaeder. Zum Vergleich dazu eine Kombination der drei Formen zu einem idealen Kristall schrittweise dargestellt.

Bild 3
HexaederBild 4
Hexaeder mit Oktaeder kombinierenBild 5
1. Kombination

Im zweiten Schritt wird zur ersten Kombination das Dodekaeder kombiniert.

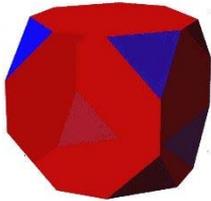


Bild 6 wie Bild 5
1. Kombination

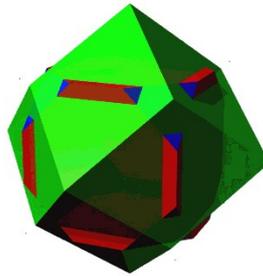


Bild 7
1. Kombination mit Dodekaeder
kombinieren

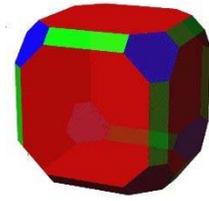


Bild 8
2. Kombination

Mathematisch betrachtet ist der Körper eines idiomorphen⁽³⁾ Einzelkristalls die Durchschnittsmenge der vorhandenen Kristallflächen (Kristallformen). Im Bild 8 ist eine Kombination zu sehen, deren Gestalt durch die vom Autor vorgegebene Größe der Kristallformen gegeben ist. Im nächsten Brief wird der Einfluss der Größe von Kristallformen auf die Gestalt von Kristallen dargestellt.

Unter anderem bestimmen Druck, Temperatur und Lösungsgenossen entscheidend, wie die Tracht beim Kristallwachstum ausgebildet wird. In einem gleichen Milieu bildet sich in der Regel eine gleiche Tracht aus. Ein Beispiel zeigen die Bleiglanzkristalle im Bild 2 - die vier Kristalle sind wohl im gleichen Milieu gewachsen.

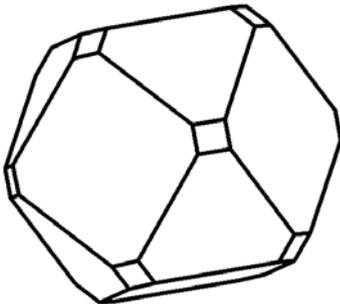


Bild 9
idealisiert Bleiglanzkristall
Interpretation zum Kristall links unten
im Bild 2

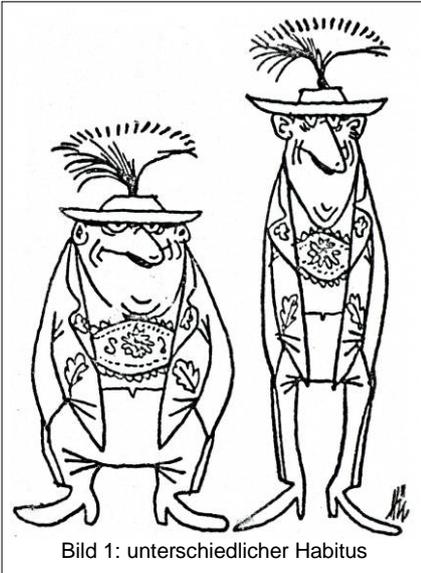
Der Kristall im Bild 2 links unten ist im Bild 9 idealisiert dargestellt.
An ihm ist die gleiche Tracht wie in Bild 8 ausgebildet.
Dazu zum Abschluss die unumgängliche Frage.

Welche Kristallflächen sind dem Hexaeder(rot), dem Oktaeder(blau) und dem Dodekaeder(grün) zu zuordnen?

⁽¹⁾ Weiner, K. L.(1977): KRISTALLFORMEN: Kombinationen kubischer Kristallformen, Lapis 2 (6), Seite 24

⁽²⁾ Borhardt-Ott, W. (2009): Kristallographie. Eine Einführung für Naturwissenschaftler, Springer Verlag Berlin Heidelberg, Seite 31

⁽³⁾ idiomorph = ein Mineral, das bei der Kristallisation seine Eigengestalt voll entwickelt hat.



Liebe Sammlerfreunde!

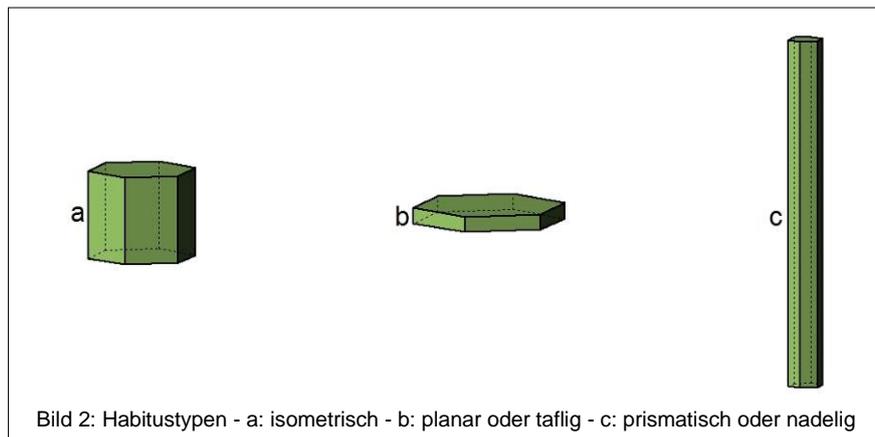
Und wieder sollen die lustigen Herrn in Bild 1 auf das heutige Thema einstimmen. Die Karikatur ist aus der Artikelreihe KRISTALLFORMEN im Lapis⁽¹⁾ kopiert.

Vergleichen wir die Kleidung der Herren im Bild 1, dann fällt auf, dass beide für ihren Auftritt die gleiche Tracht gewählt haben. Ihre Figur ist jedoch sehr verschieden. Ist der rechte Herr als schlank zu bezeichnen, so erscheint der linke Herr eher als gedrungen.

Diese Erscheinung ist auch bei Kristallen zu finden und wird in der Fachliteratur als Habitus bezeichnet.

Borchard-Ott formuliert: „Unter **Habitus** versteht man das relative Größenverhältnis der Flächen (Kristallformen) an einem Kristall.“⁽²⁾

Dazu die Grundtypen des Habitus - isometrisch, planar oder tafelig und prismatisch oder nadelig.

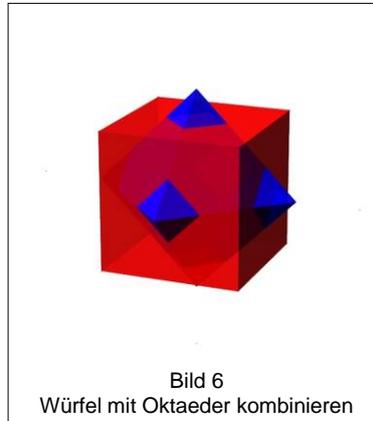
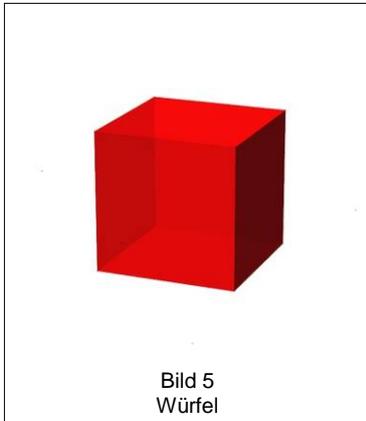


Im Bild 3 und 4 zeigen die Bleiglanzkristalle einen isometrischen Habitus und dabei jedoch eine unterschiedliche Geometrie. Im angezeigten kubischen Kristallsystem treten - ohne Verzerrungen - nur isometrische Kristallformen auf. Daher ist es üblich, zur Bezeichnung des Habitus auch die deutlicher ausgebildete Kristallform anzugeben. Welche ist das bei den beiden Beispielen?

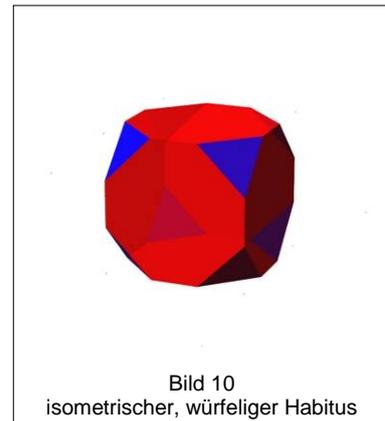
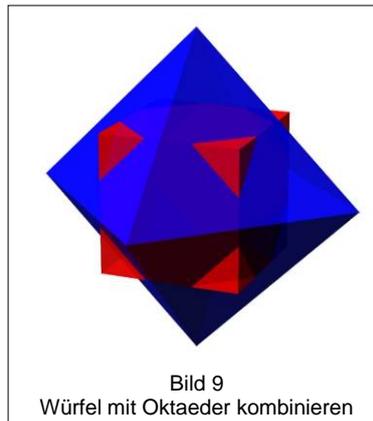
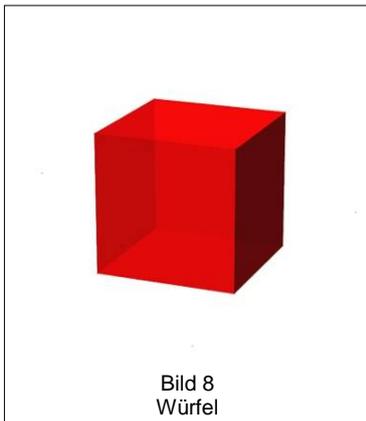


Zunächst die Kombinationen aus unterschiedlich großen Oktaedern mit gleich großen Würfeln.

1. Schritt: Würfel mit relativ *kleinem* Oktaeder kombiniert.



2. Schritt: Würfel mit relativ *großem* Oktaeder kombiniert.



Betrachtet man die Kombinationen in Bild 7 und 10, dann zeigt sich

- im ersten Schritt: das relativ *kleine* Oktaeder(blau) bildet *große* Kristallflächen aus.
- im zweiten Schritt: das relativ *große* Oktaeder(blau) bildet *kleine* Kristallflächen aus.

Mathematisch betrachtet entspricht der Körper einer Kombination der Durchschnittsmenge aller Kristallformen. Danach steht die Größe der ausgebildeten Kristallflächen einer Kristallform im umgekehrten Verhältnis zur relativen Größe der Kristallform - oder vereinfacht und kurzgefasst:

Eine relativ **kleine Kristallform** bildet **große Kristallflächen** aus.

Letztendlich: Wie kann der Habitus der Bleiglanzkristalle auf den Fotos beschrieben werden?

Zum Abschluss der Reihe KRISTALLMORPHOLOGIE wird die Fingerfertigkeit der Leser gefordert. Im Anhang finden Sie einen Bleiglanzkristall als Abwicklung. Drucken Sie diese ohne Verkleinerung auf ein DIN A4-Format aus - dafür gilt der angegebene Maßstab. Mit Geduld und Klebstoff wird daraus vielleicht ein Modell. Viel Spaß beim Basteln.

⁽¹⁾ Weiner, K. L. (1977): KRISTALLFORMEN: Kombinationen kubischer Kristallformen, Lapis 2 (6), Seite 24

⁽²⁾ Borchardt-Ott, W. (2009): Kristallographie. Eine Einführung für Naturwissenschaftler, Springer Verlag Berlin Heidelberg, Seite 31

Bleiglanz Galenit PbS

Maßstab: 20.000.000:1 (DINA4)

