©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Minerale im Haushalte des Menschen.

Von Prof. Dr. A. Himmelbauer.

Vortrag, gehalten am 17. Februar 1937.

Minerale in der nächsten Umgebung des Menschen — dieses Thema mag zunächst etwas gesucht erscheinen. Nun läßt sich aber zeigen, daß die anorganischen Naturstoffe seit jeher ebensogut ihren Anteil an dem Aufstiege des Menschengeschlechtes hatten und noch haben, wie die organischen. Und zugleich ergibt sich die Möglichkeit einer Betrachtung des so spröden Stoffes der Mineralogie, die vielleicht einen gewissen Reiz hat. Dazu bedarf es allerdings eines Zugeständnisses, nämlich einer Erweiterung des Begriffes Mineral durch Einbeziehung der sogenannten künstlichen (synthetischen) Minerale, der Nachbildungen im Laboratorium, zunächst ohne Rücksichtnahme darauf, ob hier der Weg der Herstellung der gleiche ist wie in der Natur oder nicht, wenn nur das Ergebnis der Synthese in physikalischer und chemischer Hinsicht dem Naturprodukte entspricht. Wir wollen unsere Untersuchung in Form einer Gegenüberstellung primitiver, bzw. ältester Kultur und neuzeitlicher durchführen.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Zuerst also: In welcher Form verwendete der primitive Mensch die Minerale und Mineralaggregate? Wir machen gleich eine erste Feststellung: Alles wird noch unmittelbar gebraucht, ist also zum Haushalte gehörig. Im Beginne wurden wohl Minerale und Gesteine, so wie sie der primitive Mensch vorfand, gelegentlich verwertet. Der erste Kulturfortschritt muß dann die Unterscheidung von brauchbaren und unbrauchbaren Stoffen gewesen sein, der nächstfolgende die künstliche Formgebung, offenbar nach dem Vorbilde zufälliger Fundstücke, die sich als besonders geeignet erwiesen. Die Auswahl könnte man sich nach folgenden Gesichtspunkten zurechtlegen:

1. Nahrungs- und Genußmittel,
2. Waffen und Werkzeuge,
3. Schmuck,
4. besondere Zwecke (Kult, Geld u. a.).

Zu den beiden letzten Gruppen nur einige Anmerkungen: Es handelt sich fast durchwegs um auffallendes und dabei verhältnismäßig seltenes Material. Begreiflich, daß etwa ein vom Himmel gefallener Stein als heilig verehrt wird oder daß, wie wir es heute noch bei den Kanaken auf einzelnen Inseln des japanischen Mikronesien sehen, ein ihnen seltenes Gestein (Kalkstein auf den vulkanischen Inseln importiert!) als Geld Verwertung findet. Ist doch schließlich auch beim Golde dasselbe Prinzip geltend! Gleiches gilt für die Edel-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

steine, die wir schon gelegentlich als Schmuck auch bei den prähistorischen Menschen finden. Läßt sich das Mineral infolge seiner Weichheit, bei sonstiger Unangreifbarkeit, leicht verformen, dann umso besser. Die erwähnten Kalkstein-Geldscheiben erhalten die Gestalt großer Räder; Kupfer formt man als Handelsware in Ringe, Spangen u. a. Eine grundsätzlich andere Art der Verwendung, gleichfalls noch in die Einteilungsgruppe Schmuck hineingehörig, haben die Mineralfarben. Zunächst sind es einige wenige, die aber durch ihre Beständigkeit besonders wertvoll sind: Schwarz—Graphit, natürliche Kohle (neben der „künstlichen" Holzkohle); weiß — zunächst nur Kalkstein (kreideartiger feinkörniger Calcit); rot — feinpulveriger Roteisenstein; gelb bis braun — die verschiedenen erdigen Brauneisensteine; viel seltener schon grün — wohl nur das Mineral Malachit; blaue Minerale sind offensichtlich zu selten.

Immer wichtiger werden dem Menschen diejenigen Minerale und die Gesteine, welche er als Werkzeuge und Waffen verwerten kann. Vorerst sind es abermals zufällig günstig geformte Gesteine, wie er sie etwa im Bachbette findet, die er nun als Hammer verwendet; Stiel ist die Hand. Er wählt nach dem Gesichtspunkte der Härte, lernt dann dazu, daß nicht jeder harte Stein geeignet ist, weil er zu spröde ist und daher zerbricht; also kommt eine zweite wichtige Auslese nach der Zähigkeit

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

hinzu. So findet der Mensch die wirrfasrig angeordneten Minerale als geeignet heraus: Nephrit, Serpentin, als Ersatz noch Amphibolit. Zur Anbringung des Stieles ist eine geeignete Form erwünscht, bald wird sie durch Zuschlagen, Aushöhlen des Stückes künstlich erzeugt. Daneben ergibt sich ein Bedarf nach harten und zugleich scharfkantigen Steinen. An zersprungenen Quarzen werden einzelne Bruchstücke als tauglich gefunden; besseres Material lernt der Mensch dann bei den dichten Quarzarten kennen (Chalcedon, Feuersteine), das hochwertigste sind ihm natürliche Gläser wie Obsidian. Einzelne aus einem Volksstamme bringen es in der Bearbeitung solcher Stoffe zu hoher Fertigkeit; an Orten, an denen reichlich Rohmaterial vorhanden ist, entsteht eine Industrie; entlang bestimmter Handelsstraßen wandert der verarbeitete Stoff, er wird gegen andere ausgetauscht. Die Feuersteinwerkstätten der Ostsee, die Chalcedonwerkstätten im niederösterr. Waldviertel, der Hornsteinbau von Mauer bei Wien, die Bearbeitungsplätze des Obsidians im Tokay-Hegyalya-Gebirge sind die nächstliegenden Beispiele aus der Vorgeschichte Mitteleuropas. Ihnen entsprechen unter den neuzeitlichen die Obsidiantagbaue im Yellowstone-Parke, wo noch im vorigen Jahrhunderte Indianerstämme ihre Pfeilspitzen anfertigten. Forscht man in den prähistorischen Sammlungen in Mitteleuropa nach, dann kann man das Wandern

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

der oft äußerst sorgfältig bearbeiteten rauchgrauen oberungarischen Obsidiane aus dem jüngeren Neolithikum sehr hübsch verfolgen. — (Übrigens ist eine zweite große europäische Werkstätte noch auf der Insel Milos gelegen!)

Bei den Beispielen handelt es sich um bewußte Formung natürlicher Minerale, bzw. Gesteinsstücke. Gleiches gilt noch für die Werkzeuge, wie Schleifsteine, Mahlsteine, Gesteinsschalen.

Den nächsten Fortschritt bildet die Herstellung „künstlicher" Minerale und Gesteine, die begreiflicherweise auch gleich in die geeignete Form gebracht werden. Ein Riesenschritt in der Kulturentwicklung! Zwei Wege werden begangen. Es werden einerseits Metallwerkzeuge hergestellt, andrerseits neue gesteinsartige Stoffe erzeugt. Das älteste, für Werkzeugherstellung brauchbare Metall war wohl das Kupfer. In den zu Tage anstehenden kupferführenden Erzgängen traf es der Mensch gelegentlich an. Bald lernte er es verarbeiten durch Schlagen, Verformen, Im-Feuer-Schmelzen und In-Formen-Gießen. Neben dem natürlichen Metalle beobachtete er in regelmäßiger Vergesellschaftung blaue, grüne Minerale, und zufällig mag durch ein Feuer auch aus diesen Stoffen das Kupfer erschmolzen worden sein. Planmäßiger Ausbau dieser Entdeckung brachte die Kenntnis von der künstlichen Herstellung dieses Metalles auch aus anderen, häufigeren Kupfererzen, vor allem aus dem

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Kupferkiese. Es entwickelt sich der erste Erzbergbau.

Die Weiterentwicklung führt einerseits zur Herstellung von Kupferlegierungen — damit entfernen wir uns von unserer mineralogischen Betrachtung —, andrerseits wohl wieder durch eine ähnliche Zufallsentdeckung zum Erschmelzen des Eisens aus limonitischen Eisenerzen. Dieses Metall ist zunächst in der Schlacke verteilt, seine Anwesenheit verrät sich durch die Härte und das Gewicht des Schmelzkuchens. Irgendwie kommt der Mensch hinter das Geheimnis, daß durch Hämmern der glühenden Masse das Eisen von seinen Verunreinigungen weitgehend zu befreien ist. Auch bis daher gilt noch die Betrachtung als synthetisches Mineral. In einem Basalte in der Gegend von Kassel fand man größere und kleinere Massen gediegenen Eisens eingeschlossen und erkannte, daß die Basaltschmelze offenbar beim Durchbrechen der überlagernden Schichten auch Braunkohlen samt einem darin enthaltenen Eisenerze (Schwefelkies) mitgerissen hatte. Der Schwefelkies wurde (auf dem Umwege über Magneteisenerz) schließlich in der Schmelze zu gediegenem Eisen reduziert, ähnlich wie im Hochofen glühende Kohle auf das Röstprodukt des Limonites einwirkt, so daß schließlich gediegenes Eisen neben einer Silikatschmelze (Schlacke) gebildet wird. — Es kommt übrigens als Seltenheit noch eine andere Art primitiver Ei-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

sengewinnung in Betracht: Meteoreisenblöcke mögen gelegentlich auch von prähistorischen Menschen durch Feuersetzen und Hämmern mühsam bearbeitet worden sein, ähnlich wie wir dies in einem Falle aus neuerer Zeit wissen, wo Wilde ein größeres Meteoreisen im Feuer erweichten, einzelne Stücke losschlugen und das gewonnene Material dann glühend bearbeiteten. — Ganz allgemein liegt der große technische Fortschritt der Eisenindustrie darin, daß nunmehr höhere Schmelztemperaturen erreicht werden. Der Blasbalg wird verwendet, primitive Schmelzöfen werden gebaut.

Ein zweiter Weg führt zur Keramik. Wieder steht am Beginne eine Zufallsentdeckung, daß Ton, der sich in feuchtem Zustande so herrlich kneten und formen läßt, im Feuer unter Beibehaltung der Form erhärtet. Es lag nahe, auf diesem Wege feuerfeste Gefäße herzustellen. An den Fundplätzen geeigneten Tonmaterials entwickelte sich die primitive Töpferei. Die Parallele in der Natur ist da. Wir kennen Tone, die durch natürliche Kohlenbrände oder durch Laven von Vulkanen hartgebrannt sind (Porzellanjaspisse).

Altertümlich geblieben ist auch in der Neuzeit die Verwendung von Steinsalz als Genußmittel. Ein Fortschritt liegt darin, daß es durch Umkristallisation gereinigt wird, eigentlich also schon ein künstliches Mineral ist. Alt ist weiters die Verwendung bestimmter Minerale als Farben. Zu den früher an-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

gegebenen Rohstoffen kommen noch einige neuere hinzu, wie Grünerde, der blaue Lazurstein und einige andere. Graphit und Talk finden wir wieder in unserer nächsten Umgebung als Zeichen- oder Schreibmaterial. Die Nebeneinanderstellung der beiden Verwendungen ist wohl begründet. Sie beruht auf der Eigenschaft dieser Minerale, eine vollkommene schuppige Spaltbarkeit zu besitzen; die kleinsten Blättchen legen sich beim Auftragen auf die Unterlage annähernd parallel nebeneinander, so daß eine dünne Haut des betreffenden weichen Stoffes erzeugt wird, die in dem einen Falle farbig deckt, im anderen Falle als Gleit- und Schmierschichte wirkt.

Gänzlich neu ist die Verwendung der Kohle. Daß diese so spät vom Menschen verarbeitet wird, hat seinen Grund darin, daß zunächst das Holz zur Verwertung näher lag. Erst als dieser Rohstoff nicht mehr in beliebiger Menge zur Verfügung stand, fand der Mensch ein Ersatzprodukt.

Gelegentlich treten auch noch andere Minerale im modernen Haushalte verwertet auf, so Asbest (Eternitplatten), Glimmer, und schließlich noch manche Gesteine.

Ungleich interessanter ist aber das Kapitel der synthetischen Minerale und Gesteine. Daß sie von unserer Kultur nicht wegzudenken sind, wird sogleich bei der Aufzählung wichtiger hieher gehöriger Stoffe ersichtlich: Porzellan, Steingut, Ziegel,

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Glas, Mörtel, Zement. Über einzelne sollen nun noch einige Bemerkungen folgen. Dagegen gehe ich beim Eisen über das früher Besprochene nicht hinaus; alle die Veränderungen und Verbesserungen, welche der Kulturmensch mit diesem Metalle vornahm, sind derartig, daß die mineralogische Parallele dabei wegfällt. Das gleiche gilt auch für die Leichtmetalle. Ich beginne nun mit einigen einfachen Beispielen eigentlicher Gesteine:

1. Gips. An Stelle des leicht bearbeitbaren natürlichen Gipssteines, der schon frühzeitig dort Verwendung fand, wo keine oder nur geringe Auflösung durch Niederschläge in Betracht kam (vgl. etwa den Königspalast von Knossos), tritt das künstlich hergestellte Gestein. Beim Brennen etwas über 100° verliert der Gips einen Teil des Wassers, die Verbindung Calciumsulfat mit 2 Kristallwasser ($CaSO_4 + 2\ H_2O$) wandelt sich in eine wasserärmere um, das sogenannte Halbhydrat (das als Mineral nicht bekannt ist). In geringen Mengen zugesetztes Wasser bewirkt Neubildung von Gips, dessen nadelige Kristalle verfilzen sich und liefern ein festes Material, das sogar beim Häuserbaue ähnlich wie Mörtel verwendet wird (Beispiel: Steppengebiete Innerasiens). Der Vergleich mit dem Naturprodukt ist naheliegend: hier sehr langsames Auskristallisieren aus ursprünglich verdünnten Lösungen, in der Technik rasche Bildung.

2. Mörtel. Der Maurer versetzt gebrannten Kalk

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

(das Kunstprodukt CaO) mit Wasser, es bildet sich Calciumhydrat (CaO_2H_2), das an der Luft Kohlendioxyd aufnimmt und Wasser abgibt, sich also in Calciumkarbonat ($CaCO_3$), synthetischen Kalkspat, umwandelt. Die Quarzkörner des beigemischten Sandes sind nur Füllmaterial, das auch noch die Reaktionsoberfläche vergrößert und dadurch den chemischen Prozeß beschleunigt. Endprodukt ist ein künstlicher Sandstein, der in aller Vollkommenheit einem natürlichen entsprechen kann. Bezeichnend ist wiederum die verhältnismäßige Raschheit der Bildung des Kunstproduktes (geologisch gesprochen!, das Abbinden des Kalkes dauert doch eine geraume Zeit), gegenüber dem überaus langsamen Vorgange bei der Entstehung des natürlichen Gesteins.

3. Glas. Das Naturprodukt ist ein Bestandteil zahlreicher Gesteine, die aus dem Schmelzflusse erstarrten, oder in manchen Fällen ein Gestein selbst (Obsidian, Pechstein). Die Nachahmung geschieht im großen Maßstabe in Fabriken, etwa dort, wo gewöhnliche Flaschengläser erzeugt werden dadurch, daß ein geeignetes Gestein allein oder mit Zusätzen eines zweiten oder dritten Stoffes geschmolzen und in Formen gegossen wird, in denen es sich rasch abkühlend glasig erstarrt. Der Vorgang selbst ist recht kompliziert, wenn man ihn vom Standpunkte der physikalischen Chemie betrachtet. Doch beherrschen wir die Probleme der Glasbildung

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

heute so vollkommen, daß wir durch Zusätze Gläser mit einer Reihe von recht verschiedenen Eigenschaften erzeugen können (Farbe, Lichtbrechung, schwere Angreifbarkeit und ähnliches). Auf Einzelheiten kann hier nicht eingegangen werden [1]).

4. Porzellan. Früher wurde schon angegeben, daß ein dem künstlich gebrannten Tone entsprechendes Naturprodukt bekannt ist unter solchen Tonen, die sich gelegentlich als Einschlüsse in Basalten und ähnlichen Gesteinen finden. Untersucht man diese Einschlüsse, so erweisen sie sich im wesentlichen aufgebaut aus einem Aggregate von Stengeln eines Minerales, das in seinen physikalischen und chemischen Eigenschaften dem Brennprodukte reinster Tone (Kaoline) entspricht. Hier ist wiederum die zufällige Herstellung der bewußten Darstellung auf Grund der Erkenntnis der physikalisch-chemischen Vorgänge weit vorausgeeilt. Ganz kurz soll aber doch hier das Theoretische gestreift werden: Kaolin ist ein erdiges, bei mikroskopischer Untersuchung feinschuppiges Mineral, das nach seiner chemischen Zusammensetzung als ein wasserhaltiges Aluminiumsilikat angesprochen werden muß ($H_4Al_2Si_2O_9$). So wie aus dem Kalksteine beim Glühen CO_2 ausgetrieben wird, so verliert der Kaolin beim Brennen H_2O; es liegt dann

[1]) Hier noch eine Nebenbemerkung: Bis in das Mittelalter hinein findet sich als Glasersatz das Mineral Gips; durchsichtigte Kristallspaltstücke werden durch Bleirahmen zu größeren Platten vereinigt.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

ein sogenanntes Zweistoffsystem vor, bestehend aus den Oxyden Al_2O_3 und SiO_2, dessen Schmelzverhalten zu untersuchen ist.

Dazu muß nun eine kleine Nebenbetrachtung eingeschoben werden. Wir gehen aus von einzelnen Metallen, die wir zunächst zu zweit mischen und schmelzen (Metallegierungen). Es ergeben sich zwei Grundtypen, deren Verhalten jeweils graphisch in einem Diagramme dargestellt werden soll.

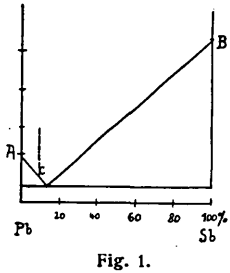

Fig. 1.

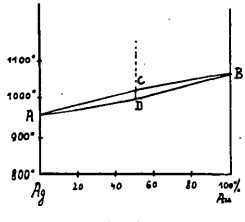

Fig. 2.

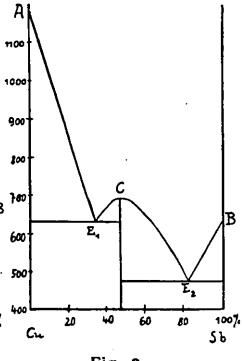

Fig. 3.

a) Blei—Antimon. Fig. 1. Reines Blei schmilzt bei 326° (A), reines Antimon bei 631° (B). Wir stellen eine Mischung 90% Pb, 10% Sb her, erhitzen, bis alles geschmolzen ist und lassen langsam abkühlen. Der erste Beginn der Erstarrung wird bei einer Temperatur beobachtet, die unter dem Schmelzpunkte des Bleies (natürlich auch des Antimons) liegt. Das Erstarrungsprodukt ist reines

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Blei. Lassen wir den Erstarrungsvorgang ungestört weitergehen, so werden immer mehr Bleikristalle ausgeschieden, während gleichzeitig die Temperatur sinkt bis zu einem Haltepunkte, der in unserem Diagramme rechts von der Ausgangsschmelze, als tiefstliegender Punkt gekennzeichnet ist. Hier erstarrt die ganze Masse zu einem sich innig durchdringenden Gemenge von (unvollständigen) Blei- und Antimonkristallen. Der Anschliff der festen Masse zeigt ein sehr eigenartiges Gefüge, das übrigens viele Legierungen aufweist (Eutektgefüge). Beginnen wir mit sehr antimonreichen Schmelzen, so ist die Ersterstarrung Antimon, das Ende der Erstarrung ist wieder das eutektische Gemenge entsprechend dem tiefstgelegenen Schmelzpunkte.

b) Der zweite Typus entspricht der Legierung Gold—Silber. Fig. 2. Schmelzpunkt des reinen Goldes ist 1061° (B), des reinen Silbers 961° (A). Haben wir eine Mischung 50% Gold und 50% Silber erschmolzen und lassen abkühlen, so beginnt beim Punkte C die Erstarrung mit der Ausscheidung eines goldreichen sogenannten Mischkristalles, einer homogenen Mischung von Gold und Silber. Wenn ganz langsam weiter abgekühlt wird, so wird dieser erstausgeschiedene Kristall von der Restschmelze wieder aufgezehrt und bei abnehmender Temperatur ein zweiter, dritter usw., jeweils etwas goldärmerer, ausgeschieden, schließlich dem

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Punkte D entsprechend ein Mischkristall mit der Zusammensetzung der Ausgangsschmelze. Der ganze Schmelzvorgang hat sich also in einem Temperaturintervalle C—D vollzogen. Die gesamte Schmelze ist zu einem Gemenge einheitlicher Mischkristalle erstarrt (bei rascher Erstarrung ist der Vorgang komplizierter, die ausgeschiedenen Kristalle haben dann einen goldreicheren Kern und silberreiche Hüllschichten).

c) Für das Verständnis unserer Silikatschmelzen brauchen wir schließlich noch ein drittes Beispiel [1]): Kupfer—Antimon (Fig. 3), Schmelzpunkt des reinen Kupfers ist (A) 1083°, des reinen Antimons wieder 631° (B). Wir erhalten grundsätzlich wieder den Typus a), nur schiebt sich jetzt ein definierter Körper dazwischen, eine chemische Verbindung, die aus zwei Teilen Kupfer und einem Teile Antimon besteht, also der Formel Cu_2Sb entspricht. Diese hat einen selbständigen Schmelzpunkt (C) und unser ganzes Diagramm zerfällt genau genommen in zwei Teildiagramme Cu und Cu_2Sb, bzw. Cu_2Sb und Sb, beide nach dem Schema a) Eutektikum.

Soll das Schmelzverhalten einer Legierung von drei Metallen untersucht werden, so müssen vorerst die entsprechenden Zweistoffsysteme bekannt sein. Zur graphischen Darstellung des Mischungsver-

---

[1]) Vereinfachte Darstellung!

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

hältnisses von drei Komponenten bedient man sich eines gleichseitigen Dreieckes (Fig. 4), ausgehend von dessen Eigenschaft, daß für einen beliebigen Punkt im Innern die Summe der Normalen auf die drei Seiten eine Konstante ist. Es ist daher möglich, durch diese Abstände jedes Mischungsverhältnis in einem Dreistoffsysteme anzugeben. Trägt man weiters über jedem Punkte des Dreieckes auf der zur Dreiecksfläche Normalen die Temperaturen auf, so ergibt sich die Möglichkeit einer räumlichen Darstellung des Schmelzverhaltens eines solchen ternären Systemes.

Nun kehren wir zu dem Silikatsysteme SiO_2 — Al_2O_3 zurück. Die Schmelzpunkte der reinen Oxyde liegen sehr hoch (SiO_2 über 1700°, Al_2O_3 über 2000°), sind also auch mit den modernen Hilfsmitteln nur schwer überschreitbar und waren jedenfalls den primitiven Menschen unerreichbar. Es existiert eine Verbindung $3\,Al_2O_3 . 2\,SiO_2$, die zuerst an künstlichen Brennprodukten untersucht wurde und den Namen Mullit erhielt, in neuester Zeit auch in natürlichem Vorkommen festgestellt wurde. Dadurch, daß sich zwischen SiO_2 und Mullit ein temperaturtieferliegendes Eutektikum einschiebt, bei dem also, wenn wir vom Kaolin ausgehen, Mullit + SiO_2 ausgeschieden wird, kann verhältnismäßig leichter noch die Eutekttemperatur oder eine ihr naheliegende erreicht werden, bei der gerade ein Schmelzen eintritt. Das ist das Prinzip der Porzellanherstellung. Ab-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

sichtlich trachtet man dabei, nur den Beginn der Schmelzung, das Sintern, zu erreichen. Tritt nun noch eine dritte Komponente hinzu, so z. B. Eisenoxyd, so erhalten wir in den meisten Fällen noch tieferliegende Schmelztemperaturen. In der Tat werden ja etwa die Ziegeltone in den Ziegelöfen bei diesen niedrigeren Sinterpunkten gebrannt. Es sind dies Temperaturen, die auch in den primitiven Feuern der Wilden und der prähistorischen Menschen schon erzielt werden können.

4. Und nun soll noch versucht werden, das letzte „künstliche Gestein" in dem Programme, den Beton, in seinem Aufbaue möglichst einfach dargestellt, zu besprechen. Im Ofen einer Portlandzementfabrik wird ein Gemisch von Kalkstein und Ton (bestimmtes Mischungsverhältnis!) gebrannt. Wir wissen, daß dabei zunächst CO_2 und H_2O als Gase abgegeben werden und daß die festen Brennprodukte miteinander bei hoher Temperatur in festem Zustande, aber noch unter dem Schmelzpunkte der Oxyde CaO [1]) und Al_2O_3, reagieren. Ehe man noch die komplizierten chemischen Vorgänge übersehen konnte, erkannte man durch mikroskopische Untersuchung der Brennpunkte, daß sich mehrere neue kristallisierte Verbindungen gebildet hatten, deren wichtigste man mit den (Verlegenheits-)Namen Alit, Belit, Celit bezeichnete. Einen genauen

[1]) Vergleiche die Angaben beim Kalkbrennen, Seite 64.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Einblick gab erst die planvolle Untersuchung des Dreistoffsystemes $CaO - Al_2O_3 - SiO_2$. Die experimentellen Schwierigkeiten waren hier besonders groß, weil die Schmelztemperaturen der reinen Endglieder alle sehr hoch liegen [1]). Um das Schmelzstoffverhalten dieses Dreistoffsystems in allen Mischungsverhältnissen zu überblicken, müssen wieder vorerst die Zweistoffsysteme untersucht werden. Für $SiO_2 - Al_2O_3$ wurde das hier Interessierende bereits ganz kurz angegeben (Seite 69). Das System $SiO_2 - CaO$ hat (nach dem Schema c [Fig. 3]) zwei Verbindungen $CaSiO_3$ und Ca_2SiO_4 mit den jeweiligen Schmelzpunkten bei ungefähr 1600°, bezw. 2100°, demnach drei Eutektika. Ein Mineral von der Zusammensetzung $CaSiO_3$ Wollastonit ist seit langem bekannt. Es findet sich als sogenanntes Kontaktprodukt in quarzhaltigen Kalksteinen, welche durch eindringende schmelzflüssige Massen erhitzt und verändert wurden. Die zweite Verbindung kennt man, unter ähnlichen Verhältnissen wie der Wollastonit gebildet, erst seit kurzer Zeit von einem Basaltkontakte auf Kalkstein bei Larne (Irland); das Mineral wurde Larnit genannt. Hier ist also fast vollständige Übereinstimmung zwischen dem Laboratoriumsversuche und, wenn man es so nennen darf, dem Naturexperimente.

---

[1]) SiO_2 (das bei hoher Temperatur beständige Mineral Cristobalit) 1713°, Al_2O_3 (als Mineral Korund) 2050°, CaO 2560°.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Das Teilsystem $CaO — Al_2O_3$ hat die sicheren Verbindungen $5\,CaO\,.\,3\,Al_2O_3$, $3\,CaO\,.\,5\,Al_2O_3$ und $CaO\,.\,Al_2O_3$. Keiner dieser Substanzen entspricht ein Mineral.

Aus Schmelzen, welche aus allen drei Stoffen bestehen, erstarren folgende Körper, wenn wir zu-

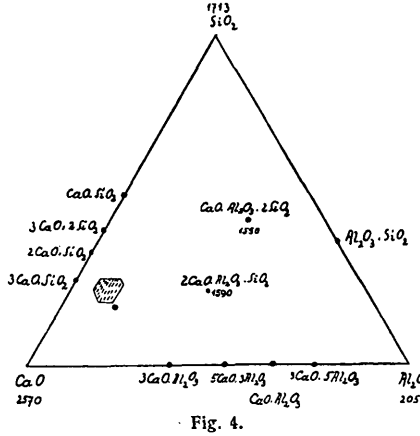

Fig. 4.

nächst die normalen Zementmischungen allein berücksichtigen: $3\,CaO\,.\,SiO_2$ (identisch mit dem Alit), $2\,CaO\,.\,SiO_2$ (Belit, die Hauptsubstanz der Portlandzemente) und eine Verbindung $4\,CaO\,.\,Al_2O_3\,Fe_2O_3$ (Celit), deren Bildung verständlich wird, wenn man berücksichtigt, daß sowohl die natürlichen Kalksteine als auch die Tone immer kleine Mengen von Eisenverbindungen enthalten.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Bei anderen Mischungen als die in der Zementindustrie gebräuchlichen bilden sich noch weitere Verbindungen, die wichtigsten derselben namentlich soweit hinsichtlich ihrer Zusammensetzung in der Nachbarschaft der Zementminerale liegen, sind in dem ternären Eutektikum der Figur 4 in die be-

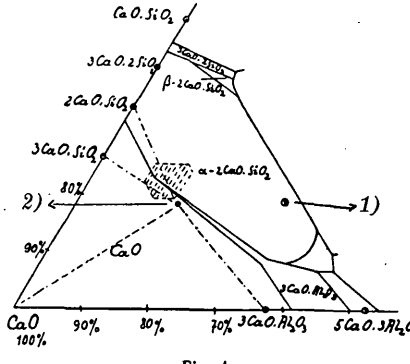

Fig. 4a.

treffenden Existenzfelder eingeschrieben [1]). Soweit also über die Erstarrungsprodukte der Schmelzen. Im Zementofen gehen nun zwischen den bereits erstarrten Substanzen, deren Kristalle sich enge be-

[1]) Jeder an dem Schmelzflusse entstehende Stoff hat sein (durch Grenzlinien angegebenes) Existenzfeld, d. h. aus Mischungen, deren darstellender Punkt in ein solches Feld fällt, bildet sich die angebliche Verbindung $8\,CaO\,.\,Al_2O_3\,.\,2\,SiO_2$ („Jänneckeit"). Fig. 4 a, welche die linke untere Ecke der Fig. 4 mit den Existenzfeldern der stabilen Silikate und der Lage des Projektionspunktes für Granat (1) und sog. Jänneckeit (2) angibt.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

rühren, bei hohen Temperaturen weitere chemische Umwandlungen vor sich, auf die hier nicht näher eingegangen werden kann.

Die erhaltene Masse, mit Wasser versetzt, reagiert (also die Stoffe Belit, eventuell Alit und Celit) unter Bildung neuer Verbindungen (analog wie aus dem Calciumsulfathalbhydrate mit Wasser sich Gips bildet, vgl. Seite 63), die Masse erhärtet also.

Und die Natur? Blöcke von (etwas tonhaltigen) Kalksteinen, welche die Vesuvlava aus tieferliegenden Schichten mitgerissen hat, wurden von dieser Schmelzmasse (ähnlich wie der natürliche oder künstlich gemischte Mergel im Zementofen) gebrannt. Nur ist hier der Unterschied, daß im allgemeinen nicht stabile Zementminerale, sondern vielmehr die in deren Umgebung liegenden gleichfalls stabilen Schmelzprodukte, die Minerale Gehlenit $2\,CaO\,.\,AlO_2SiO_2$, Kalkfeldspat $CaO\,.\,Al_2O_3\,.\,3\,SiO_2$ und eventuell Wollastonit gebildet worden[1]). Jedenfalls also sind aus dem weicheren Kalksteine harte Kalksilikatfelse entstanden, die Natur hat also auf einem anderen Wege gleichfalls ein besonders hartes Gestein erzeugt.

Eine allmähliche Erhärtung eines aus Silikaten bestehenden Pulvers unter Wasser erzielt die Natur übrigens noch auf einem anderen Wege (den die

[1]) Neben („instabilem") Kalkgranat.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Technik heute auch schon auszuwerten beginnt!). Glasig erstarrte Silikatschmelzen von bestimmter Zusammensetzung in Pulverform reagieren mit Wasser unter Bildung neuer Stoffe. So erhärtet also vulkanische (staubförmige) „Asche", unter Wasser abgelagert, langsam zu einem festen Gesteine, einem vulkanischen Tuffe.

Wir haben die Untersuchungen bis in die moderne Silikatchemie hinein vorgetrieben, wobei allerdings immer — dies soll nochmals betont werden — die Verhältnisse wesentlich vereinfacht dargestellt wurden. Vielleicht ist das Vorgebrachte geeignet zu zeigen, daß die Mineralogie, im besonderen diese „angewandte" Mineralogie, ihren Beitrag zur jeweiligen Kultur des Menschen liefert.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Schriften des Vereins zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse Wien

Jahr/Year: 1937

Band/Volume: 77

Autor(en)/Author(s): Himmelbauer Alfred

Artikel/Article: Minerale im Haushalte des Menschen. 55-75