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

Über das Silicium

und seine wichtigsten Verbindungen.

Von

Dr. Friedrich Böck,
Privatdozent der k. k. technischen Hochschule Wien.

Vortrag, gehalten den 4. Januar 1911.

(Mit Experimenten und Demonstrationen.)

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

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

Wenn wir zur Zeit der Ferien am Meeresstrand, am Ufer unserer Alpenseen oder in den Gebirgstälern Erholung und neue Kräfte suchen, mag wohl manchmal in einer müßigen Stunde unser Blick von dem Spiel der Wellen mit dem glitzernden Ufersande gefesselt werden und vielleicht taucht da die Frage auf: Woher kommt dieser Sand und was ist er eigentlich? Bei genauerer Betrachtung erkennen wir kleine, meist rundliche, kugelige Körnchen, mit glänzender Oberfläche, durchsichtig oder auch oft undurchsichtig und von großer Härte. Dieser Sand ist ein Produkt jenes seit unendlichen Zeiten stetig sich abspielenden Zerkleinerungsprozesses, durch welchen langsam und unmerklich Gebirge und Felsen abgetragen werden. Der Einfluß der Atmosphärilien, der Wechsel von Feuchtigkeit und Trockenheit, von Hitze und Eiseskälte, Bewegungen der Erdoberfläche, zum Teil auch Menschenhand leiten diesen Prozeß ein und die Kraft des strömenden Wassers bringt die Bruchstücke als Geschiebe immer weiter talabwärts bis zum Meere. Auf diesem ganzen, zeitlich und räumlich oft sehr langen Wege nimmt die Zerkleinerung ihren Fortschritt. Es findet eine Art Mahlprozeß statt, dem naturgemäß die weicheren Bestandteile der Felstrümmer eher zum Opfer fallen als die härteren, und so kommt es, daß wir im

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

Meeressand diese letzteren, und zwar größtenteils Quarzkörnchen als Hauptbestandteil vorfinden.

Quarz, auch Kiesel genannt, ist eine Verbindung des im freien Zustande auf der Erde nicht vorkommenden Grundstoffes Silicium mit Sauerstoff im Verhältnis von 46·7 : 53·3 Gewichtsteilen.

Die Tatsache, daß dieses Element Silicium nicht nur nächst dem Sauerstoff die Hauptrolle unter den den Erdball aufbauenden Grundstoffen innehat — 26 % der Erdrinde sind Silicium! — sondern auch in Form seiner mannigfaltigen Verbindungen das ganze Leben und Wirken der Menschheit seit ihren Uranfängen begleitet, mag die Wahl unseres Themas rechtfertigen. Von der Steinzeit unserer Vorfahren mit ihren meist aus Quarz und Feuerstein bestehenden rohen Waffen und Werkzeugen bis zur jüngsten Gegenwart mit imposanten Beton- und Ziegelbauten, den vielfältigsten keramischen Erzeugnissen, Ton-, Porzellan- und Glasgeräten, ihren wissenschaftlichen, der Erforschung des Weltalls im großen und im kleinen dienenden Instrumenten zieht sich als ununterbrochenes Band die Verwendung von Siliciumverbindungen, ohne welche unsere Lebensgewohnheiten heute wohl ein gänzlich anderes, ja kaum vorstellbares Bild bieten würden! — Das irdische Vorkommen unseres Grundstoffes beschränkt sich auf seine schon erwähnte Sauerstoffverbindung Siliciumdioxyd, gemeiniglich auch Kieselsäure genannt, und ihre Verbindungen mit Metalloxyden, die Silikate, die fast an jedem Punkt zu treffen sind. Kieselsäure finden wir teils in kristallisiertem Zu-

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

stand (Quarz), teils in amorphem. Die reinste Form des Quarzes ist der Bergkristall in wasserklaren glänzenden Gestalten des hexagonalen Systems sowohl in Gruppen und Drusen, als auch in einzelnen, allseitig gut ausgebildeten Kristallen z. B. auf Carraramarmor aufgewachsen vorkommend. Auch die sogenannten Schaumburger, Marmaroscher, Arizona- und Arkansas-„Diamanten" sind solche Einzelindividuen von Bergkristall, deren Feuer und Glanz mit wirklichem Diamant (bekanntlich einer kristallisierten Modifikation des Kohlenstoffes) wetteifert.

Die Größe der Quarzkristalle wechselt von mikroskopischen Abmessungen bis zu jenen Riesenexemplaren, die z. B. mit 8 Metern Umfang und mehreren Metern Länge auf Madagaskar gefunden wurden.

Durch ganz geringe Verunreinigungen anorganischer oder organischer Natur gefärbte Varietäten des Bergkristalles sind u. a. der weingelbe Citrin, der gelbbraune bis rauchgraue Rauchtopas, der prächtig violette, gegenwärtig als Schmuckstein sehr geschätzte Amethyst.

Weniger deutliche Kristallindividuen weisen die derben Formen des gemeinen Quarzes (Kiesel), des Milchquarzes, des grauen Rauchquarzes, des Rosenquarzes oder des ockergelben Eisenkiesels auf. Von mikrokristallinischen Abarten, zum Teil aus einer innigen Mischung oder Aneinanderlagerung dünner Schichten von kristallinem Quarz und amorpher Kieselsäure bestehend und durch verschiedene Verunreinigungen oft schön gefärbt, sind der Chalzedon mit mehreren Varietäten, wie der durch Eisenoxyd rosa bis blutrot gefärbte

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

Karneol, der grüne Chrysopras, der rot punktierte Heliotrop oder Blutjaspis usw. zu nennen, die wie auch Onyx und Achat vielfach zu Schmuckgegenständen verwendet werden. Diese Formen kommen meist in rundlichen nieren- oder tropfsteinähnlichen Massen vor und haben sich wahrscheinlich aus wässerigen Lösungen von Kieselsäure in blasenartigen Hohlräumen des Gesteines gebildet. Ja man findet sogar Chalzedone (die sogenannten „Wassersteine" im Basalt von Monte Borici bei Vicenza und in Uruguay), die im Innern noch Flüssigkeit enthalten, welche beim Liegen des Minerals in trockener Luft sich deutlich vermindert. Namentlich die Achate zeigen besonders schön diese durch allmähliche Ausscheidung der Substanz aus wässeriger Lösung, und zwar von außen nach innen zu erzeugte schalenartige Struktur, die durch abwechselnde Lagen mikrokristalliner Kieselsäure (Chalzedon) und amorpher, etwas wasserhaltiger gebildet werden. Im Zusammenhang mit dieser Schichtung steht die im vorigen Jahrhundert wieder zu einer förmlichen Industrie aufgeblühte Kunst, Achate zu färben und durch Schwarzfärbung der amorphen Schichten einen wirksamen Hintergrund für die hell weiß bleibenden Chalzedonschichten zu schaffen. Schon Plinius erwähnt die Methode, unscheinbare Achate „durch 7 Tage und Nächte dauerndes Kochen mit Honig" zu verbessern und ihre für die Verwendung als Schmuckstein beliebte Aderung stärker hervortreten zu lassen, allein er scheint nur die Hälfte des Geheimnisses gekannt zu haben, denn die amorphen Schichten, welche sich mit der Zucker-

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

lösung durchtränkt haben, nehmen erst beim Erhitzen des Steines infolge Verkohlung des Zuckers die schön braune bis schwarze Färbung an. Gegenwärtig erzielt man diese Verkohlung auch durch Kochen des vorbehandelten Steines mit konzentrierter Schwefelsäure. Achat und Chalzedon sind auch dem Chemiker wertvoll, der sie in Form von Achatschalen und -Mühlen zur Zerkleinerung sehr harter Materialien benützt.

Als Vertreter der amorphen Kieselsäure im Mineralreich sind die Opale zu nennen: Holzopal ist ein ehemals durch Eindringen einer Kieselsäurelösung mineralisiertes Holz mit der Härte und Unverbrennlichkeit eines Gesteines, das jedoch angeschliffen sehr schön die Struktur der organischen Unterlage zeigt. Das herrliche Farbenspiel des als Schmuckstein hochgeschätzten Edelopals ist durch die Struktur des Steines, der ebenfalls durch Austrocknen einer Kieselsäurelösung entstanden sein mag, bedingt und hängt mit einem gewissen Wassergehalt von 3—13 % innig zusammen. Er verliert sein „Feuer“ beim vollständigen Austrocknen und wird daher als Schmuckstein, um dies zu verhindern, vorsichtig mit Öl getränkt. Die berühmtesten Fundstätten sind bei Dubnik in Ungarn, Queensland und Neu-Südwales.

Orientalischer Opal ist ein ungarischer, der nur durch den Handelsumweg über den Orient seinen Namen erwirbt.

Opale ohne Farbenspiel sind der milchweiße Hydrophan, der in Wasser oder Öl gelegt wieder das Feuer des Edelopals erhält und wohl eine gänzlich ausgetrock-

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

nete Form desselben vorstellt, und der glasklar durchsichtige Hyalit, welcher öfters geschliffen und mit farbiger Unterlage versehen als Edelopalersatz dient. Auch der Kieselsinter oder Geisirit, ein Absatzprodukt einiger kieselsäurehältiger warmer Quellen, vor allen der weltbekannten Geisirs auf Island und im Yellowstone-Park, gehört in die Gruppe der amorphen Kieselsäure.

In ungeheuren Massen treffen wir unser Element auf der Erde als Gesteinsbildner hauptsächlich in Form der kieselsauren Salze, der Silikate, mit oder ohne Beimischung innig mit ihnen vermengter Quarzkristalle. Ich erinnere hier nur an Granit, aus Quarz-, Feldspat- und Glimmerkristallen bestehend, eines unserer härtesten Massengesteine, von grauer, aber auch rötlicher bis purpurner (Schweden) und violetter Farbe, an Gneis, der, fast ganz gleich wie Granit zusammengesetzt, seine mehr schiefrige Natur einer annähernd parallelen Lagerung der Glimmerkristalle verdankt, und an den ihnen sehr ähnlichen rotbraunen, grünen oder grauen Porphyr, sämtlich Materialien, die als geschätzer Bau- und Kunststein sowie als Pflaster- und Schottergestein in vielfacher Verwendung stehen.

Im Glimmerschiefer, aus Quarz und Glimmerkristallen gebildet, mit etwa 47—80 % Siliciumdioxyd ($Si\,O_2$) Gehalt, finden wir oft in schönen Kristallen eingewachsen die Granaten, eine ganze Gruppe von Doppelsilikaten der allgemeinen Formel $M_3\,M'_2\,Si_3\,O_{12}$ oder $3\,MO\,.\,M'_2\,O_3\,.\,3\,Si\,O_2$, worin M eines der zweiwertigen

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

Metalle Kalzium, Magnesium, Eisen oder Mangan und M' eines der dreiwertigen Metalle Aluminium, Chrom oder Eisen sein kann. Der bekannte Edelgranat (Almandin), ein Eisenaluminiumsilikat $3\,Fe\,O\,.\,Al_2\,O_3\,.\,3\,Si\,O_2$, gehört hieher.

Recht interessant sind auch die als Glimmer bekannten Alkali-Aluminiumsilikate, die als Gemengteile von Granit, Gneis, Porphyr und Glimmerschiefer schon genannt wurden, aber auch für sich in großen plattenförmigen Kristallen vorkommend, sich durch eine ausgezeichnete Spaltbarkeit in einer Richtung auszeichnen, so daß sie in außerordentlich dünne und recht gut biegsame Lamellen gespalten werden können, die infolge ihrer oft glasartigen Durchsichtigkeit mannigfaltige Verwendung zu Lampenzylindern, Schutzbrillen, Fenster für Öfen etc. finden. Glimmer ist auch ein ausgezeichneter Isolator gegenüber dem elektrischen Strom. Ein Glimmerblatt von nur 0·038 mm Dicke vermag einer Spannungsdifferenz an seinen beiden Seiten von 10.000 Volt standzuhalten, ohne durchschlagen zu werden.

Auch die Feldspate, wie Kalifeldspat (Orthoklas, Kaliumaluminiumsilikat $K_2\,O\,.\,Al_2\,O_3\,.\,6\,Si\,O_2$) und der analoge Natronfeldspat oder Albit ($Na_2\,O\,.\,Al_2\,O_3\,.\,6\,Si\,O_2$) kommen häufig vor. Namentlich ersterem fällt eine sehr wichtige Rolle in der Natur zu, indem er durch seine Verwitterung unter dem Einfluß von Wasser und Kohlensäure eine Hauptquelle für die dem Gedeihen der Pflanzenwelt so notwendigen löslichen Kalisalze bildet,

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

während das dabei abgeschiedene unlösliche Aluminiumsilikat, $Al_2 O_3 . 2 Si O_2$, im reinen Zustand als Kaolin in der Porzellanfabrikation, in weniger reinem, meist eisenhältigem Zustande als gewöhnlicher Ton (Lehm) in der übrigen keramischen Industrie als Ausgangsmaterial dient.

Aber auch außerhalb des Mineralreiches finden wir Kieselsäure, und zwar als amorphe Modifikation vielfach vor. Spuren davon enthalten die Haare von Mensch und Tier (Igelstacheln). Die Asche der Federn von körnerfressenden Vögeln besteht bis zu 40 % aus Kieselsäure. Ein normales Huhn trägt z. B. in seinem etwa 80 *g* schweren Federkleide rund 0·2 *g* $Si O_2$.

Ferner ist diese Substanz ein fast nie fehlender Bestandteil der Pflanzen, in deren Asche wir sie finden. Sie scheint hier teils als Festigungs-, teils als Schutzmittel zu dienen und namentlich die Asche von harten Gräsern, von Stroh, Bambusrohr u. dgl. enthält bis zu 50 % Kieselsäure. Ihre reichliche Gegenwart im Zellengewebe des Schachtelhalmes (Zinnkraut) erklärt die Verwendung desselben zum Blankscheuern weicher Metalle (Zinn).

Die Bedeutung solcher Stütz- und Schutzmaterialien tritt namentlich in der mikroskopischen Kleinwelt zutage. Zahlreiche Arten niederer Lebewesen (an der Grenze von Tier- nnd Pflanzenreich) besitzen ein sogenanntes Kieselskelett, oft von wunderbar ornamentalem Aufbau wie bei den Radiolarien etc. oder wie bei den Kieselschwämmen nur aus Kieselsäurenadeln bestehend.

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

Technisch höchst wertvoll und vielfältig verwendbar sind die muschelschalenartigen Kieselpanzer einiger mikroskopischer Algen, der Diatomeen. Trotz der Kleinheit des Einzelindividuums gestattet die große Mächtigkeit solcher Ablagerungen an manchen Fundstellen einen förmlichen Abbau dieser unter dem Namen Kieselguhr, Bergmehl, Tripel bekannten Materialien. Berlin steht auf einem Kieselguhrlager, in der Lüneburger Heide bei Hützel finden sich solche von 12 m, ja in Kalifornien und Newada von 100 m Mächtigkeit, während ihr Vorkommen in Hessen, Ungarn, Böhmen geringeren Umfang aufweist.

Das Rohmaterial enthält etwa 75—90 % Siliciumdioxyd ($Si\ O_2$) im amorphen Zustande und 8—13 % Wasser, neben geringen Mengen organischer Substanz, Eisenoxyd, Phosphorsäure, Kalk etc.

Die technische Verwendung ist äußerst vielseitig. Kieselguhr dient ihrer schlechten Wärmeleitfähigkeit wegen als Isoliermaterial für Dampfleitungen, feuerfeste Geldschränke, Eiskästen usw., ferner als Aufsaugmaterial, einer Anwendung, welche von größter Bedeutung für die Sprengtechnik wurde, indem das so außerordentlich brisante und wirksame Nitroglyzerin, dessen Gefährlichkeit und Empfindlichkeit gegen Stoß und Schlag seine direkte Benützung als Sprengmittel fast unmöglich machte, durch Aufsaugung in Kieselguhr (etwa 25 %) zu einem in sachkundiger Hand fast gefahrlosen, aber nicht weniger kräftigen Sprengstoff, dem „Guhrdynamit“ verarbeitet wird. Ihr Gebrauch als Packmaterial, als Wundverband,

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

gründet sich ebenfalls auf ihr Vermögen, große Mengen von Flüssigkeiten aufzusaugen. In der Fabrikation von Papier, Papiermaché, Kautschukwaren, Siegellack finden wir Kieselguhr als Füllmaterial verwendet, sie dient ferner zur Herstellung bakteriendichter Filter, als Putz- und Polierpulver für Glas und Metall.

Ja sogar als Zusatz zu Brotmehl werden beispielsweise in Schweden jährlich hunderte von Waggonladungen von „Bergmehl“ verzehrt, wohl mehr aus Liebhaberei denn aus Not, denn der Nährwert dieses Surrogates für Mehl ist mehr als problematisch!

In der chemischen Industrie bildet Kieselguhr das Ausgangsmaterial mancher Fabrikate. Künstliche Steine, Zement, hydraulische Mörtel, Wasserglas, Steinkitte, Ultramarin, der bekannte feurig blaue Farbstoff anorganischer Natur, werden häufig aus ihr hergestellt.

Wir sprachen bisher das den genannten Stoffen zugrunde liegende Dioxyd des Siliciums manchmal als „Kieselsäure“ an und haben auch in den Silikatgesteinen, z. B. Feldspat, Glimmer etc., Vertreter jener Verbindungen von Säuren und Basen (Metalloxyden) kennen gelernt, die der Chemiker mit dem Namen „Salze“ bezeichnet, Verbindungen, in welchen die sauren Eigenschaften der einen Komponente durch die alkalischen oder basischen der anderen paralysiert erscheinen. Solche Salze der Kieselsäure müssen sich natürlich auch bilden, wenn man sie mit Alkalien, mit Laugen, z. B. Kalilauge, Natronlauge u. dgl. reagieren läßt. Tatsächlich können wir auch fein verteilte Kieselsäure, namentlich die amorphe,

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

wie sie im Feuerstein, Opal oder in der Kieselguhr vorliegt, durch Erwärmen mit einer wässerigen Lösung von Kaliumhydroxyd (KOH, Kalilauge) oder Natronlauge ($NaOH$) in Lösung bringen; bei kristallisiertem Siliciumdioxyd erfolgt dieser Vorgang allerdings nur sehr langsam, läßt sich aber durch höhere Temperatur, durch Schmelzen mit Alkalien, oder mit Soda, Pottasche etc., leicht zu Ende führen. Das erkaltete, erstarrte Produkt gleicht in seinem Aussehen ganz dem gewöhnlichen Fenster- oder Flaschenglase, ist jedoch zum Unterschied von diesem in Wasser löslich und heißt daher Wasserglas. Es kommt sowohl fest, meist von grünlicher Farbe, als auch in wässeriger Lösung im Handel vor, und wir sprechen je nach den verwendeten Alkalien von einem Natronwasserglas oder Kaliwasserglas.

An der Luft trocknet ein Anstrich mit einer solchen Lösung zu einer zähen Haut ein. Versetzen wir eine Probe nicht zu verdünnter Wasserglaslösung mit Salzsäure oder Schwefelsäure, so wird die schwache Kieselsäure durch diese starke Säure ausgeschieden und letztere verbindet sich mit dem Alkali zu einem salzsauren oder schwefelsauren Salz

$$Na_4SiO_4(+\text{Wasser}) + 4\,HCl = H_4SiO_4 + 4\,NaCl\ (+\text{Wasser}).$$

Natronwasserglas + Salzsäure = Kieselsäure + Natriumchlorid (Kochsalz).

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

Die ausgeschiedene Kieselsäure ist gallertig bis pulverig und trocknet nach dem Auswaschen des Natriumchlorides zu einem weißen amorphen Pulver ein ($H_2 Si O_3$), das beim Glühen unter Wasserverlust in amorphes Siliciumdioxyd, $Si O_2$, das Anhydrid der Kieselsäure, übergeht. Die frisch gefällte, gut gewaschene Gallerte ist in Wasser fast unlöslich und zeigt auch kaum saure Reaktion, ihr Säurecharakter äußert sich aber doch dadurch, daß sie in Natronlauge leicht wieder in Lösung geht und Wasserglas bildet. Selbst beim Liegen unter Wasser zersetzt sie sich unter Abspaltung eines Moleküls Wasser und geht in Metakieselsäure über ($H_4 Si O_4 - H_2 O = H_2 Si O_3$), die ebenfalls wie andere Anhydrisierungsstufen (z. Bsp. $2 H_4 Si O_4 - 3 H_2 O = H_2 Si_2 O_5$), wenn sie auch größtenteils nicht isolierbar sind, doch Salze bilden, die wir in der Natur als Mineralien finden. Die vielfachen Möglichkeiten der Existenz solcher Polykieselsäuren, deren allgemeine Formel $n\ Si O_2 .\ m\ H_2 O$ lautet, erklärt die ungeheure Zahl der natürlich vorkommenden verschiedenen Arten von Silikaten.

Die beim Zersetzen einer Wasserglaslösung erhaltene Kieselsäurefällung ist jedoch nicht vollständig, ein geringer Betrag derselben bleibt stets gelöst. Verfahren wir umgekehrt und gießen verdünnte Wasserglaslösung in überschüssige Salzsäure, so erfolgt überhaupt keine Fällung, sondern die Flüssigkeit bleibt klar. Die natürlich auch hier durch die stärkere Salzsäure in Freiheit gesetzte Kieselsäure befindet sich im Zustande einer sogenannten kolloidalen Lösung. Die Begleitsub-

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

stanzen, das gebildete Chlornatrium und die überschüssige Salzsäure können, wie schon Graham fand, durch Dialyse entfernt werden. Gießt man nämlich die erhaltene Flüssigkeit in eine tierische Blase oder ein aus dichtem Pergamentpapier gefertigtes Gefäß, einen Dialysator und taucht diesen in reines Wasser ein, so wandern die krystalloiden Substanzen, wie das Chlornatrium und die Salzsäure, in das Außenwasser über, während die verhältnismäßig großen Molekularkomplexe der kolloidalen Kieselsäure durch die feinen Poren der Tierblase oder des Pergamentpapieres nicht hindurch können. Nach öfterem Wechsel des „Außenwassers" und Ersatz durch frisches bleibt im Inneren eine fast absolut salzfreie kolloidale Kieselsäurelösung zurück, die beim Versuch, sie zu konzentrieren, schon bei einem Gehalt von nur 1·2 % Kieselsäure gelatiniert, bei Gegenwart einer minimalen Spur Alkali oder Salzsäure hingegen sich bis 14 % eindunsten läßt. Spuren von Salzen, Einleiten einiger Blasen Kohlensäure oder andere sehr geringfügige Eingriffe, wie Erwärmen, Gefrierenlassen etc., bringen dieses dickflüssige Kieselsäurehydrosol augenblicklich zur Gerinnung, zur Erstarrung zu einer Gallerte. Es ist sehr wahrscheinlich, daß die Opale durch sehr langsames Eintrocknen solcher kolloidaler Kieselsäurelösungen sich gebildet haben.

Wasserglas findet in der Industrie vielseitige Anwendung. Es dient als konservierender Anstrich für Holz und Mauerwerk, namentlich für poröse Baumaterialien, die unter dem Einfluß der Atmosphärilien rascher zu-

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

grunde gehen als die dichten und harten. Seine Wirksamkeit beruht hiebei teils auf der Bildung einer dichten Haut und somit Verstopfung der Poren von Holz, Sandstein etc., teils aber auch auf chemischen Umsetzungen, die z. B. bei Kalkstein, Kreide etc. zu einer teilweisen Umwandlung des kohlensauren Kalkes in kieselsauren führt.

So wurde anläßlich der vor einigen Jahren in Angriff genommenen Restaurierung unserer Karlskirche der Versuch gemacht, Mauerwerk sowohl als die herrlichen Steinskulpturen durch einen geeigneten Wasserglasanstrich wetterfester zu machen. Auch in der sogenannten Stereochromie, einer besonderen, von Kaulbach eingeführten Technik der Wandmalerei, spielt das Wasserglas eine bedeutende Rolle. Hiebei wird nach dem Vorschlage von v. Fuchs-München (1842) zunächst durch wiederholtes Tränken des gut getrockneten und erhärteten gewöhnlichen Kalkmörtelbewurfes mit Wasserglas ein steinartiger Untergrund geschaffen, auf dem die Malerei mit eigenen bloß mit Wasser angerührten Farben ausgeführt und diese hernach durch Aufstäuben von Fixierungswasserglas fixiert wird.

Auch zur Herstellung sogenannter Kunststeine wird Wasserglas verwendet, wobei Sand eventuell in Mischung mit verschiedenen Zusatzmaterialien mit Wasserglaslösung geformt und nachher durch Behandeln mit Chlorkalziumlösung noch ein Härteprozeß vorgenommen wird. Das durch die doppelte Umsetzung entstandene Chlornatrium muß natürlich aus dem fertigen Kunststein aus-

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

gewaschen werden, da es sonst lästigerweise von der Oberfläche „ausblüht". Auch Zementmischungen, Kunststeine aus Marmorabfällen in Zementeinbettung lassen sich auf analoge Weise härten und die Benützung von künstlichen Wasserglasschmirgelsteinen und künstlichen Bimssteinen ist eine sehr erhebliche.

In der Seifenindustrie begegnen wir diesem Materiale ziemlich häufig als Zusatz, dessen Wirksamkeit hinsichtlich des Reinigungsvermögens der Seife, allerdings manchmal nicht gerade zum Besten des Gewebes, auf seiner alkalischen Reaktion beruht, ja sogar die Chirurgie hat sich zeitweise des Wasserglases bemächtigt, wo es an Stelle von Gips, allein oder in Mischung mit Magnesiumkarbonat zu erhärtenden Verbänden bei Knochenbrüchen diente.

So vielseitig demnach die Verwendungsgebiete dieser einfachsten künstlichen Silikate, wie sie in den Wasserglassorten vorliegen, erscheinen, so verschwindet ihre Bedeutung doch fast ganz gegenüber jener, welche heute zwei andere gewaltige Industrien auf dem Gebiete der künstlich hergestellten Silikate, Glas und Ton, beziehungsweise Porzellan aufweisen. Schmilzt man Kieselsäure nicht bloß mit Alkalien, sondern auch noch mit Kalk in geeigneten Verhältnissen zusammen, so erhält man ein „Glas", das zum Unterschied von Wasserglas im Wasser nicht mehr löslich ist, bei hohen Temperaturen weich und bildsam ist, beim Abkühlen durchsichtig und amorph (strukturlos) erstarrt und mit einer durchschnittlichen Zusammensetzung aus etwa 75 % Kieselsäure ($Si\,O_2$)

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

12 % Natriumoxyd (Na_2O) und 13 % Kalziumoxyd (CaO) als der Typus unseres gemeinen Fenster- und Flaschenglases gelten kann. Durch gänzlichen oder teilweisen Ersatz des Natriumoxydes durch Kaliumoxyd wird das Glas strengflüssig, schwer schmelzbar (böhmisches Glas), durch Einführen von Bleioxyd an Stelle des Kalziumoxydes erhalten wir das durch seinen Glanz und sein hohes Lichtbrechungsvermögen ausgezeichnete, leicht schmelzbare Kristallglas.

Stets sind hiebei die Bestandteile aber zu einer vollkommen homogenen Masse, einer gegenseitigen Auflösung geschmolzen worden, zum Unterschied von den keramischen Materialien, bei welchen leicht schmelzbare Silikate nach Art der Gläser das Bindemittel zur Verkittung ungeschmolzener Partikelchen bilden, unter welchen namentlich die Tonerde (Kaolin, Aluminiumsilikat) von Bedeutung ist; Porzellan wird aus einer äußerst innigen Mischung von feinst verteiltem Quarz, Feldspat und Kaolinpulver bei hoher Temperatur gebrannt.

Genauer auf diese wichtigen Materialien einzugehen verbietet der enge Rahmen unseres Vortrages.

Eine im Hinblick auf einen eigenartigen Veredlungsprozeß einiger Glaswaren, der Glasätzung, wichtige Verbindung ist das Fluorsilicium.

Während Kieselsäureanhydrid (SiO_2) allen anderen Säuren, wie Salpetersäure, Salzsäure, Schwefelsäure, gegenüber äußerst widerstandsfähig und darin unlöslich ist, wird es durch Flußsäure, der wässerigen Lösung

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

des Fluorwasserstoffgases (HF), angegriffen, unter Bildung einer gasförmigen Verbindung, die den Namen Siliciumfluorid führt.

$$Si\,O_2 + 4\,HF = Si\,F_4 + 2\,H_2O$$

Siliciumfluorid.

In analoger Weise werden auch Silikate, darunter auch unser Glas durch Flußsäure angegriffen. Wenn wir einen Glasgegenstand allseitig mit einer Schichte Wachs oder Paraffin überziehen und nur stellenweise durch Eingravieren einer Zeichnung oder Schrift die Oberfläche wieder bloßlegen und dann das so vorbereitete Stück der Einwirkung der Flußsäure aussetzen, so erscheint nach kurzer Zeit die Zeichnung in das Glas geätzt. Matte Ätzung erzielt man mit gasförmigem Florwasserstoff, klare, aber vertiefte Ätzung durch die konzentrierte wässerige Lösung dieser Säure.

Leitet man Fluorsiliciumgas in Wasser, so zersetzt es sich nach der Gleichung

$$3\,Si\,F_4 + 4\,H_2O = 2\,H_2\,Si\,Fl_6 + Si\,(OH)_4$$

Fluorsilicium + Wasser = Kieselfluor- + Kieselsäure
wasserstoffsäure

in sich gallertig abscheidende Kieselsäure und eine neue, nur in wässeriger Lösung existenzfähige saure Verbindung, die Kieselfluorwasserstoffsäure, deren Salze, wie $K_2\,Si\,F_6$, $Na_2\,Si\,F_6$ etc., beständig sind.

Magnesium-, Zink-, Aluminiumsalze dieser Säure dienen unter dem Namen Kesslers Fluate als Konser-

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

vierungs- und Härtungsmittel für Baumaterialien, namentlich für weiche Sand- und Kalksteine, Mörtelwände und Gipsgegenstände.

Die Bemühungen, das der Kieselsäure zugrunde liegende Element Silicium darzustellen, datieren weit zurück. 1822 glückte es Berzelius, dieses Element durch Überleiten von Fluorsiliciumgas über glühendes Kaliummetall darzustellen; allerdings läßt die Ausbeute nach diesem Verfahren viel zu wünschen übrig. Man erhält es nach dem Auswaschen des gebildeten Fluorkaliums als braunes, glanzloses, sehr feines Pulver.

Bessere Ausbeuten erhält man durch Reduktion von Kieselfluorkalium, $K_2 Si F_6$, durch glühendes Kalium- und Natriummetall oder auch nach einem von Phipson 1864 angegebenen und von Gattermann 1884 ausgearbeiteten Verfahren durch Reduktion von Siliciumdioxyd (feinem Quarzpulver oder Sand) mit Magnesiummetall. Die beiden Substanzen, innig gemischt, reagieren beim Erhitzen unter heftiger Feuererscheinung, indem sich Magnesiumoxyd und Silicium bilden ($Si O_2 + 2 Mg = 2 Mg O + Si$). Durch Waschen des Reaktionsproduktes mit Salzsäure kann ersteres gelöst werden und das braune Siliciumpulver bleibt zurück. Dabei und noch mehr, wenn ein Überschuß von Magnesiumpulver angewendet wird, legiert sich ein Teil des letzteren mit dem freien Silicium zu Magnesiumsilicid ($Si O_2 + 4 Mg = 2 Mg O + Si Mg_2$), welches beim Übergießen mit Salzsäure eine neue gasförmige Verbindung, Siliciumwasserstoff $Si H_4$ bildet, die durch ihre Selbstentzündlichkeit interessant ist.

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

Sowie dieses Gas, selbst in großer Verdünnung durch stets beigemischten Wasserstoff, mit Luft in Berührung kommt, flammt es auf und verbrennt helleuchtend zu Siliciumdioxyd und Wasser ($Si\,H_4 + 3\,O_2 = Si\,O_2 + 2\,H_2\,O$); diese Flamme gibt also einen weißen „Ruß".

Amorphes Silicium löst sich in einigen geschmolzenen Metallen, wie Zink, Aluminium oder Silber, auf und kristallisiert beim Erstarren dieser in Form von Nadeln wieder aus, welche als zweite allotrope Modifikation des Siliciums beim Auflösen dieser Metalle in Salpetersäure zurückbleiben. Im kristallinischen Zustande zeigt das Element größte Härte, ritzt z. B. Glas, und ist ein Elektrizitätsleiter. Zu technischer Bedeutung kam elementares Silicium erst, als man mit der Entwicklung der Technik hoher Temperaturen lernte, es auf wohlfeilerem Wege herzustellen. Während Quarz bei gewöhnlicher Weißglühhitze von Kohlenstoff nicht angegriffen wird, tritt in einem geeigneten Gemisch beider bei der hohen Temperatur des elektrischen Ofens Reduktion ein und das nach der Gleichung

$$Si\,O_2 + 2\,C = Si + 2\,CO$$

Kieselsäure + Kohlenstoff = Silicium + Kohlenoxyd

gebildete Silicium destilliert ab und kondensiert sich im kälteren Gebiete des Ofens im geschmolzenen Zustande, ein Teil davon tritt jedoch mit Kohlenstoff zu Siliciumkarbid $Si\,C$ zusammen.

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

Diese Reduktion geht bei Gegenwart von geschmolzenem Eisen viel leichter, d. h. bei niedrigerer Temperatur vor sich, wobei Legierungen von Silicium mit Eisen, die verschiedenen Ferrosiliciumsorten, entstehen, von denen die niederprozentigen schon im Hochofen, die hochprozentigen (mit über 30 % *Si*) nur im elektrischen Ofen hergestellt werden können. Diese Materialien sind von großer Bedeutung für die Eisenindustrie und werden dem geschmolzenen Eisen als Desoxydationsmittel zugesetzt. Eisen mit nur wenig Siliciumgehalt dient für Kunstguß, aus höher siliciertem werden Elektroden zur Elektrolyse wässeriger Lösungen gegossen, wofür es sich der größeren Widerstandsfähigkeit wegen gut eignet; technisch reines Silicium oder hochprozentiges Ferrosilicium wurde auch zur Darstellung von Wasserstoff für die militärische Luftschiffahrt vorgeschlagen, da es im gepulverten Zustande, mit konzentrierter Natron- oder Kalilauge erhitzt, beträchtliche Mengen dieses Gases entbindet, wobei das Silicium gelöst und in kieselsaures Alkali verwandelt wird ($Si + 2KOH + H_2O = K_2SiO_3 + 2H_2$). Man gewinnt hiebei theoretisch aus 28 *g* Silicium nicht weniger als 44·8 *l* Wasserstoff, jedoch ist der Kostenpreis wohl noch etwas zu hoch.

Schon früher bei der Darstellung von Silicium aus Kiesel und Kohle im elektrischen Ofen wurde erwähnt, daß sich hiebei ein Teil des gewonnenen Elementes mit Kohle zu einem Karbid (SiC) verbindet. In ganz geringen Mengen und in nicht sehr reinem Zustande scheint diese Verbindung schon um die Mitte des vorigen Jahr-

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

hunderts und später in den Händen einiger Forscher (Desprets 1849,[1]) Marden[2]) 1880) gewesen zu sein, ihre Darstellung im größeren Maßstabe rührt jedoch von dem Amerikaner Acheson 1891 und von Moissan 1893 her, dem wir durch seine Untersuchungen im elektrischen Ofen soviel aus der Chemie der höchsten erreichbaren Temperaturen verdanken. Die Geschichte der technischen Darstellung des Siliciumkarbides ist interessant genug, um erwähnt zu werden. Achesons Absicht war, ein Schleifmaterial härter als Korund (Schmirgel), welches dazumal nach dem Diamant das härteste Schleifmittel darbot, herzustellen, und zwar künstlichen Diamant. Von der Tatsache, daß Diamant kristallisierter Kohlenstoff ist, sowie von der Erwägung ausgehend, daß dieser durch Zumischung anderer Materialien, wie die meisten Stoffe, leichter schmelzbar werden könnte, so daß eine Kristallisation des geschmolzenen Kohlenstoffes zu Diamant zu erwarten wäre, erhitzte Acheson ein Gemisch von Ton und Kohle auf elektrischem Wege und beobachtete auf der Kohlenstabelektrode die Bildung glänzender Kristalle von sehr großer Härte. Daß diese Kristalle nichts mit Diamant zu tun hatten, war bald erkannt, aber ohne sich zunächst mit der wissenschaftlichen Aufhellung des entstandenen Produktes aufzuhalten, ging dieser echte Amerikaner sogleich an die industrielle Ausbeutung seiner Entdeckung, deren hoher Wert als Schleifmaterial

---

[1]) Comptes rendus 1849/II, Nr. 25, p. 720.

[2]) Proceedings of the Royal Society, Edinburgh 1880—1881, p. 37.

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

einzig und allein dafür ausschlaggebend war. Der dem Materiale beigelegte Name Karborundum sollte andeuten, daß eine Verbindung von Kohlenstoff (Carbo) mit Korund (geschmolzenem oder kristallisiertem Aluminiumoxyd) dahinter vermutet wurde. Nach den ersten größeren Versuchen wurde auf Grund der Analysen allerdings bald erkannt, daß nicht das Aluminium des zugemischten Tones (Aluminiumsilikat), sondern die Kieselsäure desselben an der Verbindung beteiligt war, beziehungsweise daß eine Verbindung von Silicium mit Kohlenstoff vorlag. Allein der einmal gewählte Name Karborundum erhielt sich bis heute für dieses Material, dessen Auffassung als Siliciumkarbid ($Si\ C$) namentlich durch die fast gleichzeitig durchgeführten schönen Arbeiten Moissans, die 1893 in seinem Buche „Der elektrische Ofen" (deutsch von Th. Zettel) gesammelt erschienen, bewiesen wurde.

Es bildet sich, sobald Kohle und Kieselsäure zusammen jenen hohen Temperaturen ausgesetzt werden, nach der Gleichung $Si\,O_2 + 3\,C = Si\,C + 2\,CO$, wobei große Mengen Kohlenoxyd (CO), und zwar für je 60 g angewandte Kieselsäure oder für je 40 g gebildetes Siliciumkarbid 44·8 l dieses giftigen, brennbaren Gases theoretisch entstehen. Moissan hat Karborundum auch aus den Elementen synthetisiert, indem er Silicium in einem elektrisch erhitzten Kohlenrohr in Dampfform mit dem von der heißesten Stelle (etwa 3500°) ausgehenden Kohlenstoffdampf sich vereinigen ließ. Das Rohr füllte sich mit einem Gewirr von farblosen, glänzenden Nadeln aus Karborundum.

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

Sehr bemerkenswert ist übrigens, daß Moissans Synthese des Siliciumkarbides aus den beiden dampfförmigen Elementen im Widerspruch mit einer Eigenschaft des Produktes zu stehen scheint, nämlich mit seinem bei etwa 1800° eintretenden Zerfall in seine Bestandteile, indem aus einem auf diese oder höhere Temperatur erhitzten Karborundum Silicium abzudestillieren beginnt. Es scheint darnach nicht möglich zu sein, daß bei den noch viel höheren Temperaturen, die zur Verdampfung von Kohlenstoff notwendig sind, Siliciumkarbid sich bilden könne. Dieser thermische Zerfall ist auch der Grund, warum man bei der technischen Durchführung des Prozesses sich nicht der sogenannten Lichtbogen-, sondern der viel leichter zu regulierenden und auf bestimmter Temperatur zu haltenden Widerstandsöfen bedient. Hohe Temperaturen mit Hilfe elektrischer Ströme kann man bekanntlich auf zwei Arten erzeugen. Im Lichtbogen- oder Reflexofen wird ein elektrischer Lichtbogen, ganz ähnlich wie im kleinen bei unseren Bogenlampen, zwischen Kohlenelektroden erzeugt, dessen Wärme durch Strahlung und Reflexion auf die in möglichster Nähe befindliche zu erhitzende Substanz übergeht. Bei den Widerstandsöfen ist der elektrische Strom durch einen zwischen die Elektroden eingeschalteten Leiter kurz geschlossen, dessen Widerstand so groß ist, daß er zur heftigen Glut gerät und die entwickelte Wärme auf das ihn umgebende Material überträgt. Letzteres kann auch selbst als Widerstandskern dienen. Je nach der eingeschalteten Stromstärke kann

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

die Temperatur in einem großen Teile des Ofens genau reguliert werden. Ein Analogon zu solchen Widerstandsöfen besitzen wir in unseren Glühlampen, wo ebenfalls der zwischen Platindrähten im Lampenfuß befestigte Kohlenfaden infolge des hohen Widerstandes, den er dem Strom entgegensetzt, zur Weißglut gerät. Bei der Karborundumerzeugung im großen verwendet man natürlich nicht solche dünne Kohlenstäbe als Widerstandskerne, sondern meistens aus Koks oder Graphitstückchen gestampfte stehende oder liegende Zylinder von etwa 50 cm Dicke. Die Stromzuführung zu den beiden verstärkten Enden dieses Kokskernes besorgen die Kohlenelektroden, welche bei den Achesonöfen der Carborundum Company am Niagarafall aus je einem Bündel von 25 Stück Kohlenstäben von 10 × 10 cm Querschnitt und 86 cm Länge bestehen, die durch Kupferplatten und Eisenklammern mit je einem Kabelende verbunden sind. Die beiden Elektrodenblöcke sind in die Stirnmauern des Ofens fix eingebaut; die Längsmauern werden für jede Charge neu aus feuerfesten Ziegeln ohne Bindemittel aufgeführt, um einerseits bei der Austragung des fertigen Produktes leicht niedergelegt werden zu können und andererseits auch dem massenhaft entwickelten Kohlenoxyd durch die Fugen Abzug zu gewähren. Das fertige Ofengemäuer stellt einen prismatischen Trog von etwa 7 m Länge, 1·8 m Breite und 1·7 m Höhe dar, der mit der Beschickung und dem in ihrer Mitte befindlichen, die beiden Elektrodenblöcke verbindenden Kokskern gefüllt wird. Das Reaktionsgemisch besteht aus 52 % Quarzsand (mit

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

99·5 % SiO_2-Gehalt), 35 % Kokspulver, 11 % Sägemehl und 2 % Kochsalz. Aufgabe des letzteren ist es, durch sein Herausdestillieren aus der heißen Zone eine Art Schmelzkruste zu schaffen, die den Zutritt der atmosphärischen Luft hindert und so das Kokspulver vor dem Verbrennen bewahrt. Das Sägemehl hält die Masse locker, so daß das entwickelte Kohlenoxyd möglichst ruhig, ohne die Beschickung aufzuwerfen, entweichen kann.

Ein solcher Ofen bleibt 36 Stunden lang mit einem durchschnittlichen Energieaufwand von 746 Kilowatt, d. h. einem Strom von rund 5000 Ampère und 150 Volt in Tätigkeit, wobei 1350 kg kristallisiertes Karborundum erzeugt werden und 3400 kg oder etwa 3000 m^3 Kohlenoxyd brennend entweichen.

Mit einem solchen Aufwand an elektrischer Energie wäre man, um ein Vergleichsbild zu schaffen, beispielsweise imstande, einen Luster mit zehn 16 kerzigen Kohlenfadenglühlampen durch fast $6\frac{1}{2}$ Jahre Tag und Nacht sein Licht spenden zu lassen und mit dem dort aus einem Ofen in 36 Stunden entwickelten Kohlenoxyd könnten wir eine Auerlampe über 3 Jahre lang brennend erhalten.

Im neuen Ofenhaus der Carborundum Company am Niagarawasserfall sind 15 dieser Öfen aufgestellt, von denen immer 3 in Betrieb stehen, die anderen zwölf teils frisch beschickt, teils entleert werden.

Denken wir uns nach Abkühlen eines Ofens einen Querschnitt durch ihn senkrecht auf die Verbindungslinien der Elektroden gelegt, so bietet sich folgendes

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

Bild. In der Mitte der kreisförmige Querschnitt des Kokskernes, an seiner Peripherie aus Graphit bestehend, der durch den schon eintretenden thermischen Zerfall des Karborundums in Kohlenstoff (Graphitform) und nach außen abdestilliertes Silicium, das sich natürlich in kälteren Zonen wieder mit Kohle zum Karborundum vereinigt hat, gebildet wurde. Daran schließt sich ein Ring der prachtvollen Kristalldrusen des kristallisierten Karborundums, auf der Außenseite umgeben von einer schmalen Zone des amorphen Produktes von graugrüner Farbe (sogenannte Weißmasse, white stuff, etwa 450 kg), welches, als Schleifmaterial unverwendbar, meist der nächsten Charge wieder zugesetzt wird.

Darauf folgt dann nach außen die Schichte der nicht in Reaktion getretenen Mischung, durchsetzt und verkrustet durch des herausdestillierte Kochsalz.

Die Karborundumdrusen zeigen bis zentimetergroße, plattenförmige Kristalle von schwarzer Farbe, die durch feinst verteilten, eingelagerten Graphit bedingt ist, meist jedoch infolge Oxydation der geringen Verunreinigungen durch den Luftsauerstoff beim Aufbrechen des noch rotglühenden Ofens in allen Regenbogenfarben schillernd. Die weitere Verarbeitung des Produktes erfolgte durch Zerkleinern der Drusen, Waschen der Kriställchen mit Schwefelsäure und Wasser und Sortieren durch verschiedene Siebe. Die feinsten Karborundumpulversorten werden geschlämmt. Aus den verschiedenen Körnungen werden nun durch Mischung mit Kaolin und Feldspat, hydraulische Pressung in geeignete Formen

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

und darauffolgendes Brennen in Öfen die mannigfaltigsten Schleifwerkzeuge, Feilen, Platten, Scheiben etc. erzeugt, oder die Körnchen werden auf Leinwand oder Papier nach Art der Schmiergelleinwand geklebt.

Die bedeutene Überlegenheit solcher Karborundumscheiben gegenüber Schmirgelschleifscheiben beruht bei annähernd gleichem Preis und nicht viel niedrigerer Härte der letzteren darauf, daß die Kraft, mit der das Werkzeug an die rotierende Schleifscheibe gedrückt werden muß, bei ersteren nur etwa ein Drittel von der bei Schmirgel notwendigen betragen muß. Die Härte des Karborundums steht zwischen der des Rubins und der des Diamanten, ja es lassen sich mit ihm sogar die sogenannten weichen Diamante ritzen. Chemisch ist es außerordentlich widerstandsfähig. Im Sauerstoff auf volle Weißglut erhitzt, verbrennt es nur äußerst langsam, Chlor wirkt bei 600° C nur ganz oberflächlich und erst bei 1200° volkommen zersetzend ein. Alle Säuren, sogar das Gemisch von Salpetersäure und Flußsäure sind wirkungslos. Dagegen wird Siliciumkarbid durch schmelzende Alkalien und Alkalikarbonate sowie von geschmolzenem Eisen, Kupfer, Magnesium, Natrium aufgeschlossen. Es leitet den elektrischen Strom, hat aber einen größeren Widerstand als Kohle. Diesen Eigenschaften zufolge ist das Karborundum mancherlei Anwendung fähig. So in der Stahlindustrie, um dem flüssigen Eisen einen bestimmten Kohlenstoff- und Siliciumgehalt zu geben und den Guß blasenfrei zu gestalten. Seine Unschmelzbarkeit und hohe Feuerfestigkeit sichert unserem Material ausge-

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

dehnte Benützung zur Auskleidung von Öfen für hohe Temperaturen und auch als elektrischer Widerstandskörper sowie als gut haltbare Elektrode für elektrotechnische Operationen würde es sich bewähren. Allein gerade für diese drei letzten Anwendungsgebiete ist es notwendig, Formstücke wie Mauerziegel, Stäbe, Röhren, Platten etc. zu erzeugen, die durchwegs aus Karborundum ohne weiteres Bindemittel bestehen. Denn Formstücke, die wie die Schleifsteine aus Karborundumpulver mit Ton und Feldspat gebrannt sind, finden in ihrer Feuerfestigkeit eine durch diese Zusatzmaterialien gezogene Grenze und auch die Leitfähigkeit für den elektrischen Strom ist außerordentlich vermindert, beziehungsweise bei hohen Temperaturen stark vergrößert. Schon 1899 hat Fitz-Gerald ein Verfahren angegeben,[1]) nach welchem zur Vermeidung dieser Übelstände die gewünschten Formstücke zunächst aus Karborundumpulver und Leimwasser oder ähnlichen Klebstoffen hydraulisch gepreßt und sodann im elektrischen Ofen auf die Bildungstemperatur des Karborundums erhitzt werden, wobei das Bindemittel natürlich verkohlt und eine Art Umkristallisierungsprozeß stattfindet, so daß die einzelnen Siliciumkarbidkörnchen nunmehr direkt aneinander kleben. Ein ähnliches Verfahren mit Teer rührt von Talbot her.[2])

---

[1]) Vereinigte Staaten von Nordamerika, Patent 650234, 650235. Mai 1900.

[2]) Vereinigte Staaten von Nordamerika, Patent 656708. Juli 1899.

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

Auf etwas anderem Wege gelangte F. Bölling zu recht guten Resultaten. Bölling fand bei seinen Versuchen, daß Siliciumdämpfe bei Temperaturen von 1800—1900° in Kohle je nach der Einwirkungsdauer mehr oder weniger tief einzudringen vermögen und dadurch die Kohlenstücke, ohne ihre Form zu verändern, „silicieren", d. h. in Siliciumkarbid, Karborundum verwandeln. Zu dem Zwecke werden die zu silicierenden, aus Kohle gepreßten oder geschnittenen Gegenstände in eine Mischung von Kohle und Quarzsand oder auch in amorphes Karborundumpuler mit etwas Sand gemischt eingebettet und in elektrischen Muffelöfen auf die genannte Temperatur erhitzt. Es bildet sich aus dem Einbettungsmateriale (nach der Gleichung $SiO_2 + 2C = Si + 2CO$ oder $2SiC + SiO_2 = 3Si + 2CO$) Siliciumdampf, welcher sich mit den Kohlengegenständen zu einem homogenen, sehr dichten und harten Karborundumformstück vereinigt. Ja man kann sogar runde oder viereckige Röhren in der Weise herstellen, daß man die entsprechenden massiven Kohlenstäbe nur zum Teil siliciert und den unangegriffenen Kohlenkern nachher durch Glühen in einer Muffel bei Luftzutritt ausbrennt. Dieses Silicierungsverfahren wird gegenwärtig von der chemisch-elektrischen Fabrik Prometheus in Frankfurt am Main ausgeübt und kommen die erzeugten Materialien als Röhren, Stäbe, Platten, Tiegel etc. unter dem Namen Silundum[1])

[1]) Silundum, ein neues Erzeugnis des elektrischen Ofens. F. Bölling. Chemiker-Zeitung 1908, Nr. 91.

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

in den Handel. Es wird hauptsächlich für elektrische Heizapparate verwendet, bei welchen ein aus Siliciumstäben hergestellter Rost durch den Strom zur Glut kommt. Auch Muffelöfen für Zahnärzte etc. werden damit gebaut, und da sich Temperaturen bis zu 1600—1700 Grad damit erreichen lassen, steht diesem Materiale ein reiches Verwendungsgebiet offen, da ja ähnliche elektrische Heizvorrichtungen bisher nur mit der rasch verbrennenden Kohle und dem sich bei der hohen Temperatur an der Luft zwar nicht oxydierenden, aber kostspieligen Platin konstruiert wurden.

Im großen und ganzen haben wir bisher die Verbindungen des Siliciums chronologisch geordnet betrachtet und es fehlt nur mehr der Schlußstein, ein Gebiet industrieller Verarbeitung einer derselben, die erst in jüngster Zeit grandiosen Aufschwung genommen hat. Ich meine das sogenannte Quarzglas, ein Produkt, das zwar mit dem gewöhnlichen Glase manch äußere Eigenschaften, wie Durchsichtigkeit und Bildsamkeit bei hoher Temperatur gemein hat, dem der Name „Glas“ jedoch eigentlich nicht zukommt, da wir ja dieses wie erwähnt als Gemenge zweier oder mehrerer Silikate von mannigfacher Zusammensetzung erkannt haben, während es sich hier um einen chemisch einheitlichen Körper, nämlich geschmolzene und wieder amorph erstarrte reine Kieselsäure handelt.

Daß auch der reine Quarz, Bergkristall bei hohen Temperaturen schmilzt, war lange bekannt. Hat doch schon Gaudin im Jahre 1839 über seine Versuche, Quarz bei der hohen Temperatur der Knallgasflamme

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

zu schmelzen und daraus Fäden zu spinnen sowie Quarztropfen zu erzeugen, die, noch weißglühend in Wasser geworfen, dabei nicht zerspringen und zum Unterschiede von ähnlich hergestellten, gewöhnlichen Glastropfen auch dem Schlag des Hammers widerstehen, der französischen Akademie Mitteilung gemacht. Er erkannte bereits, daß Quarz beim Erhitzen ganz ähnlich wie Glas, nur bei viel höherer Temperatur aus dem festen zunächst in teigigen und endlich strengflüssigen Zustand übergeht, ohne aber ganz dünnflüssig zu werden, da er, verhältnismäßig wenig über den Schmelzpunkt erhitzt, schon rasch verdampft. Ende der sechziger Jahre gelang es Gautier, im Laboratorium von H. Sainte-Claire-Deville kleine Röhrchen und Kügelchen aus geschmolzenem Quarz herzustellen, und etwa 20 Jahre später verfertigte der Engländer C. V. Boys feinste Fäden aus Quarz von 0·025 mm Dicke und 30 m Länge auf höchst originelle, übrigens auch heute noch in Gebrauch stehende Methode, indem er durch Wegschießen eines an einem Ende an einer Armbrust befestigten, am anderen Ende festgehaltenen, in der Mitte durch eine Knallgasflamme auf etwa 2000° C erhitzten und daher erweichten Quarzstäbchens, dasselbe rasch auszieht. Solch feine Quarzfäden dienen an Stelle von Kokonfäden zur Aufhängung schwingender Teilchen feiner Instrumente und zeichnen sich vor jenen nicht nur durch größere Festigkeit, sondern vor allem durch das Fehlen elastischer Nachwirkungen sowie durch besonders gute elektrische Isolation und Unempfindlichkeit gegen Temperaturschwankungen aus.

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

Die Arbeiten von Gautier und Gaudin gerieten jedoch wieder in Vergessenheit und erst zu Beginn unseres Jahrhunderts begann man sich intensiv mit dem Problem der Quarzschmelzung zu befassen und eingehende Versuche und Untersuchungen knüpfen sich an die Namen Dufour, Le Chatelier, Shenstone in London sowie die Firmen Schott in Jena und Heraeus in Hanau. Wie mühevoll der Weg zur Herstellung kleiner Röhrchen, oder Kugeln aus geschmolzenem Quarz dazumal noch war, mag aus der im folgenden kurz skizzierten Arbeitsweise Dufours und Shenstones hervorgehen. Die reinen Quarzstücke (brasilianischer Bergkristall) wurden erst durch Erhitzen und Abschrecken in kaltem Wasser in kleine etwa 2 mm große Körnchen zersprengt: dies ist notwendig, weil größere Stückchen, wenn man sie in eine Flamme bringt, sofort zerspringen und ihre Bruchstücke weit weg schleudern. Die Ursache dieser Erscheinung liegt darin, daß Bergkristall bei 570° C eine plötzliche, recht erhebliche Ausdehnung erfährt, wodurch selbst bei ganz geringen Temperaturunterschieden zwischen außen und innen ein Zerspringen unvermeidlich wird. Die kleinen Quarzkörnchen wurden Stück für Stück mit einer Platinpinzette gefaßt, in der Knallgasflamme erweicht und eines an das andere geschweißt, so daß ein unregelmäßiges Stäbchen entstand, dessen Form durch wiederholtes Ausziehen in der Flamme zu einem dünneren verbessert wurde. Wollte man ein Röhrchen herstellen, so wurden diese dicken Quarzfäden wieder im heißesten Teil der Knallgasflamme um ein 1 mm dickes Platinstäbchen,

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

dessen Temperatur fast bis zum Schmelzpunkt steigt, spiralförmig aufgewickelt und die einzelnen Windungen unter allmählichem Zurückziehen des Platinstiftes miteinander verschweißt. Die folgenden Operationen, wie Zuschmelzen an einem Ende, Aufblasen zu einer Kugel, Ausziehen derselben zu einem weiteren dünnen Röhrchen, sind schon etwas leichter und ahmen im allgemeinen die analoge Bearbeitung gewöhnlichen Glases nach. Ein Umstand kommt dieser mühseligen Operation allerdings sehr zu gute, nämlich die außerordentliche Unempfindlichkeit des geschmolzenen und im amorphen Zustande wieder erstarrten Quarzes gegen schroffste Temperaturwechsel. Man kann die weißglühenden Stäbchen, Röhrchen, Kölbchen etc. ruhig in kaltes Wasser tauchen und ebenso unvermittelt wieder in die heißeste Gebläseflamme halten, ohne ein Springen befürchten zu müssen. Der Ausdehnungskoeffizient des Quarzglases ist eben ein außerordentlich kleiner, ja der geringste unter allen bekannten Substanzen; er beträgt nur $^1/_{18}$ von dem des Platins. Ein Stab aus geschmolzenem Quarz bei 0^0 von 1000 mm Länge vergrößert dieselbe, auf 1000^0 erhitzt, nur um 0·54 mm während ein Platinstab unter denselben Verhältnissen um 10 mm länger werden würde! Zu dieser für Verarbeitung und Verwendung wertvollen Eigenschaft gesellen sich noch weitere, welche das neue Material wesentlich auszeichnen. Der hohe Schmelzpunkt sichert eine Verwendung bei hohen Temperaturen bis zu etwa 1500^0, während gewöhnliches Natronglas schon bei etwa 500^0 erweicht und selbst das schwer

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

schmelzbare Kaliglas bei 800—900° sich deformiert und natürlich bei diesen Temperaturen auch nicht mehr als ausreichender Isolator gegenüber dem elektrischen Strom fungiert. Vor dem Porzellan, dessen Festigkeit sich ja auch auf die Temperaturen vollster Weißglut erstreckt, gewährt das Quarzglas noch den Vorteil der vollkommenen Durchsichtigkeit. Andererseits erschwert diese Schwerschmelzbarkeit die Verarbeitung ganz wesentlich, um so mehr als das Temperaturintervall für dieselbe ein verhältnismäßig sehr kleines ist. Bei etwa 1700° wird Quarz teigig, aber auch noch bei 2000° ist er noch keineswegs dünnflüssig und bei nur wenig über diese Grenze erhöhter Temperatur beginnt die Kieselsäure bereits so lebhaft zu verdampfen, daß eine weitere Steigerung nicht durchführbar ist. Das Bearbeitungsintervall beträgt nur 300—400° und wird infolge der absoluten Höhe der Temperatur im Momente, wo das Arbeitsstück aus der Knallgasflamme genommen wird, so rasch durchlaufen, daß in kürzester Zeit die Abkühlung auf Temperaturen, bei denen Quarzglas nicht mehr bildsam ist, erreicht ist. Die Bearbeitung desselben erfordert daher äußerste Geschicklichkeit. Kein Wunder also, daß sich der Preis von Gegenständen aus durchsichtigem geschmolzenen Quarz noch immer auf etwa 1000 Mark per Kilogramm erhält.

Die hervorragendste Eigenschaft dieses Materiales, in welcher ihm kein anderes auch nur annähernd nahekommt, liegt in der Durchsichtigkeit des Quarzglases für ultraviolettes Licht. Entwerfen wir mit Hilfe eines

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

Prismas aus Bergkristall ein Spektrum von weißem Licht, so bietet sich unserem Auge das bekannte Band der ineinander übergehenden Regenbogenfarben von Rot bis Violett. Wir sind imstande nachzuweisen, daß auch diesseits und jenseits des Farbenbandes sich noch Strahlen befinden. Diesseits des roten Spektralbezirkes liegen die mit empfindlichen Thermometern nachweisbaren Wärmestrahlen, jenseits des violetten Teiles, der wie der infrarote Teil für unser Auge dunkel erscheint, erkennen wir an dem Auftreten von Fluoreszenz an manchen Substanzen (Chininsulfat, Eosinlösung, Uranglas, sowie namentlich an der Schwärzung eines hier angebrachten photographischen Papieres), das Vorhandensein der namentlich chemisch wirksamen, sogenannten ultravioletten Strahlen. Diese werden vom gewöhnlichen Glas fast gänzlich verschluckt, von Quarz und Quarzglas aber durchgelassen. In einem sehr modernen Zweig der Chemie, der Photochemie, spielen diese Strahlen als neue Energiequelle eine hervorragende Rolle.

Daß die Industrie nach Erkenntnis dieser Reihe wertvollster Eigenschaften mit wahrem Feuereifer an die Erzeugung von Gegenständen und Apparaten aus geschmolzenem Quarz ging, darf uns wohl nicht wundernehmen.

Auf dem Kontinent trat zuerst die bekannte Platinschmelze Heraeus in Hanau am Main damit hervor. Sie schmolz Bergkristall in einem Gefäß aus Iridium (einem Metall der Platingruppe) in einem Knallgasofen ein. Auch hier wird das Zerspringen der Quarzstücke störend

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

empfunden, denn die Luftbläschen, welche dadurch in die Schmelze kommen, sind infolge des zähen, dickflüssigen Zustandes derselben kaum entfernbar. Die weitere Bearbeitung erfolgt dann durch geschickte Glasbläser, sie bleibt aber immer eine anstrengende, mühsame und gute Nerven erfordernde Kunst, die nur mit aller Hingabe zu den schönen Resultaten führt, auf die wir heute stolz sein können, wenn sie auch mit Rücksicht auf die größere Menge des auf einmal niedergeschmolzenen Quarzes gegenüber der früher geschilderten Arbeitsweise Shenstones eine wesentliche Erleichterung bedeutet.

Die verschiedensten Gerätschaften, wie Tiegel, Schalen, Röhren, Kölbchen etc. werden nun aus diesem Materiale gefertigt, dessen Eigenschaften dem Chemiker höchst wertvoll sind. Dem gewöhnlichen Glas gegenüber bestehen die Vorteile des geschmolzenen Quarzes nicht nur in der schon erwähnten Resistenz gegen hohe Temperatur sowie gegen jähe Temperaturwechsel, sondern vor allem in der großen chemischen Unveränderlichkeit. Kochen wir reines destilliertes Wasser in Glasgefäßen, so nimmt es, besonders rasch bei Natronglas, alkalische Reaktion an. Das Glas, vorzugsweise etwas Alkali, löst sich langsam im Wasser und dieses verliert den Anspruch auf die Bezeichnung „destilliertes Wasser“. Wir können den entstehenden Gehalt an Alkalien durch gewisse Stoffe, Indikatoren, nachweisen, indem diese dabei eine Farbänderung erleiden. Roter Lackmusfarbstoff wird z. B. bei Gegenwart einer Spur Kali- oder Natronlauge, Soda etc. blau, eine farblose Phenolphtalein-

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

lösung bei gleicher Gelegenheit tief rot usw. Die Geschwindigkeit dieser Glaslösung in Wasser ist natürlich eine Funktion der benetzten Oberfläche. Vergrößern wir dieselbe etwa durch Pulvern von Glasscherben um das Vieltausendfache, dann zeigt ein einfacher Versuch, indem wir etwas Glaspulver in mit Phenolphtalein versetztes destilliertes Wasser streuen, durch die augenblickliche tiefe Rotfärbung, wie bedeutend diese Löslichkeit ist, die bei genauen analytischen Arbeiten natürlich sehr störend wirkt. Quarzglas ist von dieser Unannehmlichkeit frei und bleibt auch allen Säuren gegenüber mit Ausnahme von Flußsäure und Phosphorsäure (bei hoher Temperatur) resistent. Gegen Alkalien allerdings, sowie gegen Metalloxyde bei Glühhitze ist es empfindlich, da es naturgemäß mit ihnen kieselsaure Salze bildet.

Die Durchlässigkeit des Quarzglases für ultraviolettes Licht sichert ihm nicht nur reichliche Anwendung als Gefäßmaterial bei photochemischen Untersuchungen, sondern macht es gegenwärtig auch fast unentbehrlich für die Konstruktion der Lampe, die solches Licht liefert. Lassen wir Funken hochgespannter elektrischer Ströme zwischen Metallspitzen überspringen, so ist das ausgesendete Licht meist reich an ultravioletten Strahlen. Besonders wirksam infolge der hohen erreichbaren Lichtintensität sowie der Ökonomie wird aber eine solche Lampe, wenn man den Lichtbogen — es genügt hier der gewöhnliche Strom von 100 oder 200 Volt Spannung, wie er zur Beleuchtung mit Glühlampen verwendet wird — nach Art der Bogenlampen,

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

jedoch zwischen Quecksilberelektroden sich bilden läßt. Es sind dies die sogenannten Quecksilberdampflampen, deren Licht infolge seiner Armut an roten Strahlen blaugrüne Färbung zeigt. Fertigen wir eine solche Lampe statt aus gewöhnlichem Glas aus geschmolzenem Quarz, dann zeigt sich der Reichtum des Quecksilberspektrums an ultravioletten Strahlen, die von ersterem nicht durchgelassen werden, auch nach außen in vollem Maße und läßt ihre große chemische Wirksamkeit rasch erkennen. Ein photographisches Kopierpapier schwärzt sich in wenigen Sekunden, während ein mit einer dünnen Glasplatte bedeckter Teil derselben fast weiß bleibt. In der Nähe der Lampe verbreitet sich alsbald nach ihrem Anzünden ein intensiver Ozongeruch. Die menschliche Haut zeigt, nur kurze Zeit mit diesem Licht bestrahlt, bald darauf eintretende Rötung und anschließende Bräunung, Erscheinungen, die an den Sonnen- oder Gletscherbrand erinnern. Langdauernde Bestrahlung hat sogar recht bösartige Verletzungen zur Folge. Geeignete Dosierung der Einwirkung gestattet jedoch lichttherapeutische Heilwirkungen zu erzielen, analog der Finsenbehandlung, ohne deren komplizierte und kostspielige Apparatur zu benötigen.

Ja die eminent keimtötende Kraft der ultravioletten Lichtstrahlen ermöglicht die Verwendung einer solchen Quarzquecksilberlampe zur Sterilisierung von Flüssigkeiten, etwa Trinkwasser, das — die nötige Klarheit vorausgesetzt — ohne irgendeine seiner sonstigen Eigenschaften, Temperatur, Geschmack etc. zu ändern, durch

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

bloßes Vorüberfließen an einer eingetauchten Lampe bei geeigneter Lichtstärke derselben in Bruchteilen von Sekunden seinen Gehalt an Bakterien vollkommen verliert. Eine außerordentliche volkswirtschaftliche Bedeutung hätte die analoge Anwendung auf Milch, deren Sterilisierung durch Abkochen schon eine wesentliche Veränderung im Geschmack und in der Verdaulichkeit nach sich zieht. Leider sind gerade solche Flüssigkeiten, die wie Milch kolloidale Stoffe (Kaseïn) gelöst enthalten und nicht klar durchsichtig sind, auch für ultraviolettes Licht fast undurchsichtig, so daß sich seine Wirksamkeit nur auf sehr geringe Schichtdicken erstreckt. Man ist daher gezwungen, bei der Milchsterilisierung durch Quecksilberlicht die Lampe im Innern einer Zentrifugentrommel auzubringen, längs welcher die Milch in sehr dünner Schichte herabrieselt, was einen Großbetrieb natürlich sehr erschwert.

Auch zur Beleuchtung von Arbeitsräumen, Bahnhöfen, Fabriken etc., wo das eigentümliche leichenartige Aussehen der menschlichen Haut und überhaupt die scheinbare Veränderung aller Rot und Gelb enthaltenden Farbenflächen im Licht der Quecksilberdampflampe — eine rote Rose erscheint beispielsweise fast schwarz — irrelevant ist, verdient die Quarzlampe den Vorzug vor einer aus Glas gefertigten, weil sie infolge des hohen Quarzschmelzpunktes eine weitaus höhere Strombelastung verträgt und daher viel ökonomischer brennt. Natürlich müssen die für das menschliche Auge höchst schädlichen und von ihm ohnehin nicht als „Licht“ empfundenen

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

ultravioletten Strahlen durch eine Glasglocke abgefangen werden. Alle diese Lampen werden von der deutschen Quarzlampengesellschaft in Hanau am Main in den Handel gebracht.

Auch für die chemische Großindustrie sind Geräte aus geschmolzenem Quarz höchst wertvoll. Freilich mußte für diese Zwecke erst ein billigeres Herstellungsverfahren gefunden werden, denn die bisher besprochenen, aus reinem Bergkristall in der Knallgasflamme hergestellten Geräte wären in den für die Großindustrie in Betracht kommenden Dimensionen überhaupt nicht herstellbar und fast unerschwinglich im Preise.

Braun und fast gleichzeitig Hutton hatten im Jahre 1901 nachgewiesen, daß, wo es auf Durchsichtigkeit der erhaltenen Quarzschmelze nicht ankommt, als Ausgangsmaterial auch der viel billigere reine Quarzsand (sogenannter Glasmachersand mit 99·5—99·9 % SiO_2) an Stelle von Bergkristall angewendet werden kann und das erschmolzene „Quarzgut“ bis auf ein milchweißes, porzellanartiges Aussehen hinsichtlich der Widerstandsfähigkeit gegen hohe Temperatur, deren Wechsel und gegenüber chemischen Agentien dem kristallklaren Quarzglas vollkommen gleicht. Die milchweiße Farbe dieses „Quarzgutes“ rührt von zahllosen kleinen Luftbläschen her, die in der Masse eingeschlossen sind. Durch neuerliches wiederholtes Schmelzen solcher opaker Quarzmassen gelingt es übrigens, fast durchsichtiges Material zu erhalten. Zur Erhitzung dient gegenwärtig fast ausschließlich der elektrische Widerstandsofen. In England

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

arbeitete die Firma Thermal Syndicate Ltd. in Walsend on Tyne nach den Patenten von J. Bottomley, A. Paget und R. S. Hutton, ein technisches Verfahren aus.

Die prinzipielle Arbeitsweise ist folgende. Ein mit feinen Löchern in der Wandung siebartig durchbrochenes Graphitrohr von etwa 50 cm Länge, 3·5 cm äußerem Durchmesser und 5 mm Wandstärke wird zwischen starke Graphitelektroden eingespannt, allseitig mit Quarzsand umgeben und nun durch einen Strom von 1200 Ampère und 17 Volt zur Weißglut gebracht, bis nach etwa 1 Stunde eine genügende Quantität Sand rings um dieses Rohr niedergeschmolzen ist. Sodann werden die Enden der weichen Quarzbarren durch Kneifzangen an den Elektroden festgehalten und durch eine Bohrung in der einen in das Innere des Graphitrohres Preßluft geblasen, nachdem man den nicht geschmolzenen Sand ablaufen ließ. Die Preßluft hebt, durch die Sieblöcher des Graphitrohres durchtretend, den Quarzzylinder von demselben ab und bläßt ihn gegen die Innenwand einer umgelegten Form auf, so daß je nach Art derselben Röhren, Schalen etc. entstehen. Durch Zerschneiden mittels Schleifscheiben oder Ansetzen von Zweigstücken im Knallgasgebläse erfolgt dann die weitere Zurichtung. Ähnlich erfolgt die Schmelzung nach dem Verfahren der Deutschen Quarzgesellschaft in Beuel bei Bonn am Rhein, nur wird hier der Sand gleichzeitig von außen und innen erhitzt; er befindet sich in einem als Widerstand in den Stromkreis eingeschalteten Kohletiegel, der dadurch zur Weißglut kommt, und überdies wird die Sandmasse noch

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

durch einen in der Tiegelachse stehenden Kohlenstab, der vom selben Strom oder einem Teil davon durchflossen wird, von innen heraus erhitzt. Auch das Aufblaseverfahren der Deutschen Quarzgesellschaft ist etwas abweichend. Um die Anwendung von Preßluft oder Dampf mit ihrem immerhin schwierig zu bewerkstelligenden Anschluß der Blasedüsen an den in hellster Weißglut befindlichen Quarzbarren zu vermeiden, wird der mittlere Kohlenstab nach gehöriger Durchschmelzung der Beschickung einfach herausgezogen und auch der Außentiegel abgenommen und sodann in das Innere des Quarzbarrens in den vom Kohlenstab hinterlassenen zylindrischen Hohlraum ein vergasender Körper, etwa nasses Holz, ein Stück Kartoffel o. dgl. eingebracht. Quetscht man die Enden des Arbeitsstückes durch Zangen nunmehr zu, so befindet sich der Vergasungsstoff in einem allseitig geschlossenen Hohlraum und die durch die hohe Temperatur erzeugten Gase blasen die weichen Wände in die herumgelegte Form, welche, aus massivem Metall oder Drahtnetz bestehend, bei manchen erzeugten Gegenständen, wie Schalen, Röhren etc., zum äußeren Schutz des spröden Quarzgutes, wie Voelker das milchweiße nur durchscheinende Produkt zum Unterschiede gegenüber dem luftblasenfreien, klar durchsichtigen, Quarzglas nennt, belassen werden können. Durch geeignete Arbeitsweise, namentlich wiederholtes Schmelzen, wird solches Quarzgut dem aus Bergkristall im Knallgasgebläse erschmolzenen „Quarzglas“ von Heraeus immer ähnlicher und wird sich in Zukunft gewiß auch billiger stellen. Für

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

die Fabrikate der Deutschen Quarzgesellschaft ist die Wortmarke „Dekuge“ (D. Q. G.) geschützt.

Im Verlauf weniger Jahre haben die Gegenstände aus geschmolzenem Quarz die Grenzen ihres ursprünglichen Anwendungsgebietes, das Laboratorium, die Heimstätte chemischer und physikalischer Forschungsarbeit, überschritten, und haben in den verschiedensten Zweigen der Groß- und Kleinindustrie Grund und Boden gefaßt. Quarzröhren von mehr als 2 m Länge und 300 mm Durchmesser finden ihre Verwendung in der Glühlampenindustrie sowie in der Salz- und Salpetersäurefakrikation zur Überleitung der heißen, alles zerstörenden Säuredämpfe von der Muffel nach den Kondensationsapparaten, Schalen von mehr als $^1/_2$ m Durchmesser dienen statt Platin zur Schwefelsäurekonzentration; in der Ausrüstung moderner Laboratorien dürfen Tiegel, Schalen, Kolben, Röhren in allen Größen aus Quarz nicht fehlen, desgleichen Thermometer daraus, deren Nullpunkt im Gegensatz zu solchen aus gewöhnlichem Glas auch bei langdauernder Erhitzung keine Verschiebung erleidet. Ferner finden wir bereits Filter aus perforierten Quarzplatten oder aus porös gesintertem Sand, Schaugläser statt Glimmerplatten für Öfen, Lampenzylinder und Stäbe zum Halten der Leuchtstrümpfe für Gasglühlicht, Wasserstandsgläser, Linsen und vieles andere aus dem neuen Material verfertigt.

Ein Rundblick auf unsere gegenwärtigen Industrien lehrt, daß nicht nur die Erzeugung eines Produktes im großen, mag sie noch so schwierig, mühsam und kostspielig sein, in oft kurzer Zeit ermöglicht wird, wenn

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

nur diesem Produkte eigenartige und wertvolle, man könnte sagen reizvolle Eigenschaften zukommen, sondern daß es oft eine viel ausgedehntere Verwendung findet, als der erste Erfinder sich einst träumen ließ. Einen solchen Entwicklungsgang können wir heute in der Industrie des geschmolzenen Quarzes mit ansehen. Vor wenigen Jahren noch ein äußerst kostspieliges Material, das sozusagen nur als Laboratoriumsprodukt von einigen wenigen sachkundigen Händen hergestellt werden konnte, läßt es dank seiner hervorragenden Eigenschaften, seines hohen Schmelzpunktes im Verein mit der glasartigen Durchsichtigkeit und einer verblüffenden Unempfindlichkeit gegen schroffen Temperaturwechsel, seinem Durchlässigkeitsvermögen für das kurzwellige ultraviolette Licht, seiner hohen Isolierfähigkeit gegenüber elektrischen Strömen, an manchen Orten Fabriken zu seiner Erzeugung im großen erstehen und macht sich unentbehrlich bei den verschiedensten Forschungen im Laboratorium. Schon ist es mit Hilfe ultravioletten Lichtes unter Verwendung von Quarzgefäßen gelungen, jene merkwürdigen Assimilationsvorgänge der grünen Pflanzenwelt wenn auch nur mit minimalen Ausbeuten nachzuahmen, durch welche der kleinste Grashalm, das zarteste Blättchen es versteht, aus dem Kohlensäuregehalt der Atmosphäre unter Einwirkung des Sonnenlichtes Substanzen wie Zucker, Zellulose etc. zu bilden, die zum Wachstum der Pflanze selbst und schließlich indirekt zur Ernährung der ganzen Tierwelt einschließlich des Menschen nötig sind. Wohl sind wir noch sehr weit davon entfernt, die ge-

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

heimnisvolle Arbeit jeder assimilierenden Pflanzenzelle, dieses bewundernswerten Mikrolaboratoriums voll zu erfassen und zu verstehen, und ich wage kaum die Hoffnung auszusprechen, daß es je gelingen könnte, diese Arbeit auf industriellem Wege ins Große zu übertragen und uns sozusagen unabhängig von der Pflanzenwelt, unabhängig von den Bodenerträgnissen unser tägliches Brot billiger und ökonomischer als auf natürlichem Wege selbst zu erzeugen, aber schon die Tatsache, daß es gelang, aus dem gleichen Rohmaterial, mit Hilfe der gleichen Energiequelle, dem Licht, welche die Grundlagen für die pflanzliche Assimilation bilden, wenigstens spurenweise auch die ersten gleichen Bruchstücke, aus denen sich die komplizierten Lebensprodukte der Pflanzenwelt aufbauen dürften, zu erhalten, ist ein nicht hoch genug einzuschätzender Triumph der Chemie. Diesen Triumph erreicht zu haben, verdanken wir nicht in letzter Linie einer Siliciumverbindung, dem geschmolzenen Quarz, wenn auch dieses Produkt hiebei nur die äußerlich so unscheinbare, in Wirklichkeit aber äußerst wichtige Rolle des Gefäßmateriales spielt.

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: 1911

Band/Volume: 51

Autor(en)/Author(s): Böck Friedrich

Artikel/Article: Über das Silicium und seine wichtigsten Verbindungen. 389-435