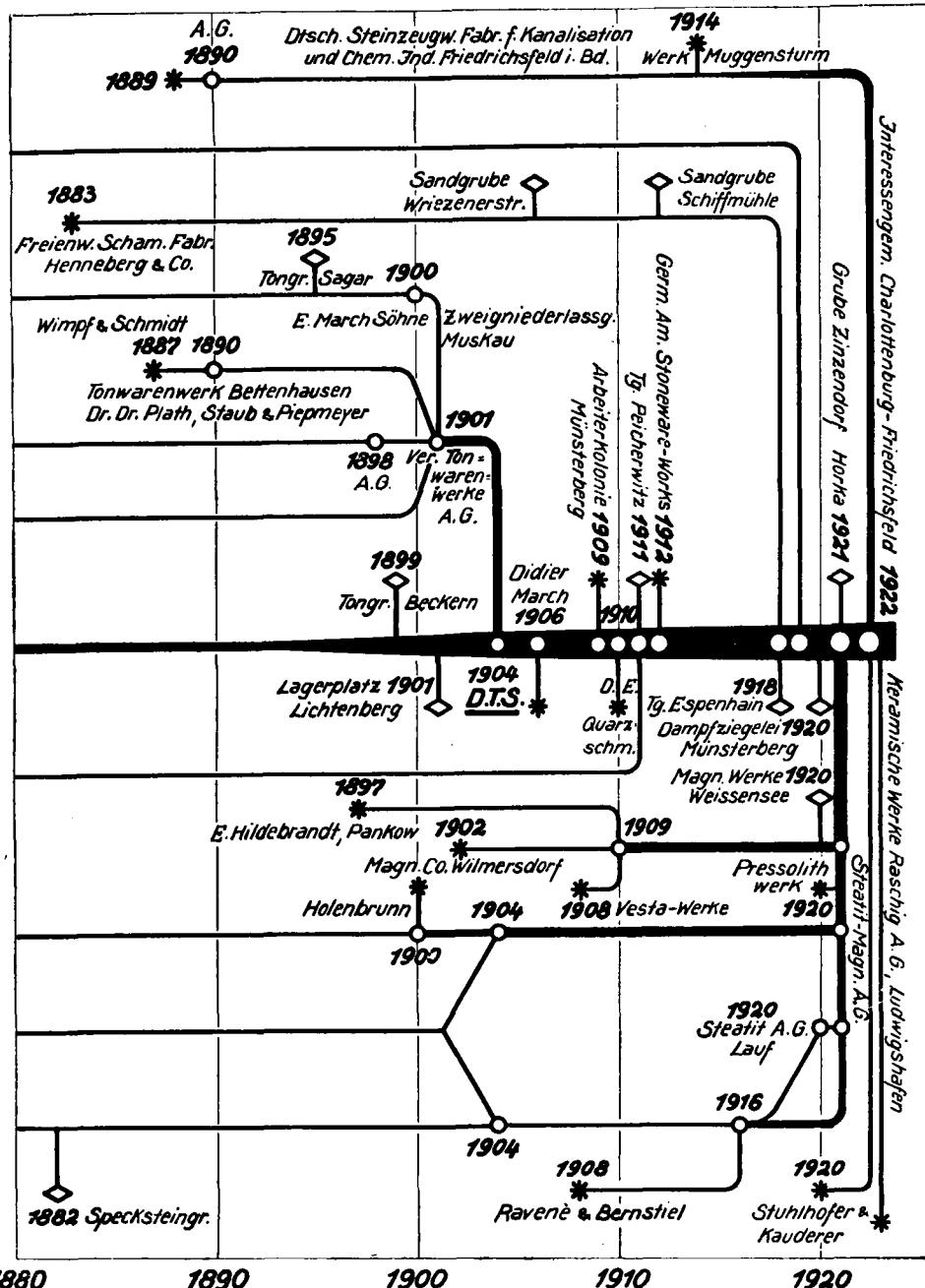


englischen Quarzschiemelze G. m. b. H. in Berlin-Pankow auf Grund der Patente von Bottemley und Paget.

Die historische Tabelle verzeichnet noch zwei Ereignisse, die hervorgehoben werden müssen, die Angliederung der Freienwalder Schamottefabrik Henneberg & Co. (1918) und der zusammen mit Dr. F. Raschig gegründeten Keramischen Werke A.-G. in Ludwigshafen a. Rh. an die Deutschen Ton- und Steinzeugwerke. Die erstgenannte Firma baut unter anderm Öfen für metallurgische Zwecke, in den Keramischen Werken stellt man Raschigringe zu Füllungen für Reaktionstürme her.



Die beschriebene Steinzeug-Interessengemeinschaft umfaßt den größten Teil der Erzeugung von Steinzeugwaren für die chemische Industrie, und deshalb ist es berechtigt, kurz die Lebensarbeit der Männer zu verfolgen, die jene Organisation geschaffen haben. Beobachtet man die graphische Darstellung über den Zusammenschluß der Einzelwerke zu den Deutschen Ton- und Steinzeugwerken, so sieht man gegen Ende des vergangenen Jahrhunderts eine Zersplitterung in viele kleine, meist handwerkliche Betriebe. Sie arbeiteten in scharfem Wettbewerb miteinander, Gewinne wurden nicht erzielt, daher fehlte der Mut zum Ausbau und zu technischen Fortschritten, die gerade damals die chemische Großindustrie gebieterisch von der Steinzeug-Industrie forderte. Um diese Zeit kehrte der jetzige Generaldirektor der Deutschen Ton- und Steinzeugwerke N. Jungeblut aus Amerika zurück. Er steigerte die Qualität des chemischen Steinzeugs, und unter seiner Leitung wuchs die Größe der für die chemische Industrie hergestellten Transport- und Speichergefäße aus Steinzeug. Während früher nur ausnahmsweise und selten Gefäße von über 1000 l Inhalt hergestellt wurden, ging Jungeblut allmählich bis zu

Größen von 4000 l hinauf, die heute noch in der gleichen Weise aus einem Stück angefertigt werden; ebenso entstanden mit den jeweiligen Ansprüchen der chemischen Industrie die bekannten Steinzeugmaschinen, wie Pumpen, Exhaustoren usw. Seine Großzügigkeit und seinen Weitblick zeigte Jungeblut im Jahre 1900, als das Werk seiner Hauptmitbewerber, Ernst March & Söhne in Charlottenburg, abbrannte, und er diesen Anlaß nicht benutzte, um seinen Konkurrenten zu verdrängen, sondern ihm vielmehr seine Hilfe anbot. Dieses Entgegenkommen trug rasche und reiche Früchte, indem sich im Jahre 1901 die hauptsächlichsten Steinzeugerzeuger für die chemische Industrie in der Firma „Vereinigte Tonwarenwerke A.-G.“ in Charlottenburg zusammenschlossen. Da das rein chemische Arbeitsgebiet dieser Firma eine Ergänzung zu der auf Kanalisationsröhren gerichteten Tätigkeit der Firma „Münsterberger Tonröhren- und Schamotte-Fabrik C. A. Brandt“ in Münsterberg fand, so erfolgte im Jahre 1904 die Vereinigung zu der Firma „Deutsche Ton- und Steinzeugwerke A.-G.“ in Charlottenburg. Hierdurch wurde Geheimer Kommerzienrat Georg Arnhold in Dresden, der bisherige Aufsichtsratsvorsitzende der Münsterberger Fabrik, auch Vorsitzender des Aufsichtsrats der neuen Firma und trat in Verbindung mit Generaldirektor Jungeblut. Ihrer gemeinsamen Arbeit gelang die in der graphischen Darstellung und in vorstehenden Ausführungen veranschaulichte Organisation der Steinzeugindustrie und die Verbreitung ihrer Basis auf das Gesamtgebiet der Keramik für technische Zwecke. Die überragende Bedeutung der Deutschen Ton- und Steinzeugwerke in der deutschen Keramik ist das Werk dieser Männer und ihrer Mitarbeiter. Mit dem Eintritt des Ingenieurs Adolf Pohl in den Vorstand der Gesellschaft (1910) fand eine neue wesentliche Verbreiterung der Fabrikationsbasis statt. Neben Steinzeug und Quarzglas werden nun auch Schamotte und feuerfeste Produkte aller Art, speziell höchstwertige Erzeugnisse hergestellt. Gleichzeitig beginnt der allmähliche Ausbau der feinkeramischen Unternehmungen, der in den allerletzten Jahren durch den Zusammenschluß der ganzen bayerischen Specksteinindustrie im „D.T.S.“-Konzern, durch die Gründung neuer Porzellanfabriken usw. eine erhebliche Bedeutung gewonnen hat. Noch tiefer greift die Wirkung durch die Kombination fein- und grobkeramischer Arbeitsmethoden und die dadurch gerade für den Bau chemischer Geräte und Apparate, sowie elektrischer Isolatoren erzielten technischen Fortschritte.

In dieser großen „D.T.S.“-Arbeitsgemeinschaft, deren Entwicklung hier geschildert wurde, berühren sich alle Fachgebiete der Keramik. Ebenso groß sind auch die Berührungspunkte mit der chemischen Industrie, Elektrotechnik, Metallurgie und mit anderen Zweigen von Technik, Gewerbe und Haushalt. Diese wechselseitige geistige Anpassung der Tätigkeitsgebiete, von der man erwarten darf, daß sie wesentlich zum Wiederaufbau unserer Industrie beitragen werde, kommt in dem Jubiläumsbuch der Deutschen Ton- und Steinzeugwerke in vorbildlicher Weise zum Ausdruck. Der Inhalt desselben liegt dem nächsten Aufsatz zugrunde.

[A. 106.]

Die Keramik im Dienste von Industrie und Volkswirtschaft.

Von Dr. FRITZ SPITZER, Berlin.

(Eingeg. 18./4. 1923.)

Unter dem oben angegebenen Titel ist der Firma „Deutsche Ton- und Steinzeug-Werke Aktiengesellschaft in Charlottenburg“ zu ihrem 50-jährigen Bestehen ein Buch¹⁾ gewidmet worden, welches geeignet ist, weit über den engeren fachwissenschaftlichen Kreis hinaus lebhafte Aufmerksamkeit zu erregen. Es ist durch Zusammenwirken von etwa 80 Mitarbeitern aus Beiträgen über ihr besonderes Arbeitsgebiet aufgebaut worden und stellt sich als ein har-

¹⁾ Bei Vieweg, Braunschweig.

monisches, die gesamte Keramik angehendes Werk dar, welches sich in gleicher Weise an den Erzeuger wie Verbraucher wendet. Sein Zweck ist, den gegenwärtigen Stand der keramischen Forschung, der Erzeugungs- und Anwendungsweise keramischer Waren darzutun, nicht, um in rückblickender Betrachtung die Fortschritte und Erfolge der letzten Jahrzehnte zu preisen, sondern um die universelle Bedeutung der Keramik für unser ganzes kulturelle Leben zu zeigen, die gegenwärtig bestehenden Gebrauchsgrenzen anzudeuten und gangbare Wege für ihre Erweiterung zu weisen. Die Einleitung bringt die volkswirtschaftliche Bedeutung der Keramik und die Geschichte der mit dem modernen Emporblühen der Keramik eng verbundenen Deutschen Ton- und Steinzeug-Werke. Dann folgen die vier Hauptteile: Allgemeine Grundlagen der Keramik; keramische Fabrikationen; Eigenschaften der keramischen Fertigprodukte; Verwendung keramischer Erzeugnisse in Haushalt, Gewerbe und Industrie. An Hand dieses 1069 Seiten starken Buches erhält man folgendes Bild vom jetzigen Stande der Keramik:

Die allgemeinen Grundzüge aller keramischen Betätigung sind: Das Formen des Gegenstandes aus einer feuchten, tonigen Masse vermöge ihrer plastischen Eigenschaften und die Verfestigung des Formlings nach dem Trocknen durch einen Brennprozeß, wobei je nach der Zusammensetzung der Masse und der Führung des Brennvorganges poröse oder dichte Erzeugnisse unter entsprechender Schwindung des Gegenstandes entstehen. Von dieser uns seit den Urzeiten menschlicher Kultur vertrauten Kenntnis bis zur modernen Entfaltung der Keramik mit ihren in zahllose Sonderzweige gegliederten Arbeitsgebieten und der industriellen Organisation ist ein gewaltiger Schritt, der im Laufe einer Jahrtausende alten Entwicklung in verhältnismäßig wenigen Jahrzehnten zurückgelegt werden konnte dadurch, daß der Schwerpunkt der Arbeitsweise mehr nach der chemischen Seite verschoben wurde. In dem Maße, wie Rohmaterialien und Arbeitsvorgänge zum Gegenstande systematischer Forschung gemacht wurden, gelang es, die Bedeutung des keramischen Dreigestirns, Ton, Feldspat und Quarz, für den Aufbau keramischer Massen und Glasuren zu ergründen und nutzbar zu machen, den bald förderlichen, bald schädlichen Einfluß von Nebenbestandteilen (wie Eisen, Kalk, organischer Substanz) zu erkennen und in zielbewußter Weise auszuschalten oder zu verwerten und endlich eine große Zahl anderer Rohstoffe zur Veredlung der Erzeugnisse heranzuziehen. Hiermit soll nicht gesagt sein, daß die in der Natur der Rohstoffe oder in ihrem Verhalten bei der Verarbeitung begründeten Probleme eine restlose Klärung erfahren hätten. Im Gegenteil! So förderlich z. B. die Einführung der rationellen Analyse in die Untersuchung der tonhaltigen Rohstoffe für den Aufbau der keramischen Massen gewesen ist, so haben sich doch längst auch gewisse Grenzen der Anwendbarkeit erwiesen. Eine fundamentale Eigenschaft aller keramischen Massen, die Plastizität, spottet noch heute aller Bemühungen, die darauf gerichtet sind, sie begrifflich zu klären und experimentell zu erfassen. Besonders verwickelt ist die Silikatchemie durch die ständige Überlagerung chemischer und physikalischer Vorgänge, die Ähnlichkeit im Verhalten verschiedener Silikate, ihre gegenseitige Löslichkeit und schwere Kristallisierbarkeit, Zustandsänderungen und die meist vorhandene Unmöglichkeit der Trennung.

Hieraus ergeben sich die Schwierigkeiten und die Grenzen, bis zu welchen die wissenschaftliche Behandlung dieses Arbeitsgebietes vordringen ist.

In der praktischen Anwendung der theoretischen Grundlagen, auf welche sich der zielbewußte Aufbau keramischer Massen und Glasuren stützt, tritt wohl am klarsten der Erfolg der Arbeiten Segers und seiner Schule zutage, welche rasch im Auslande, leider nur allmählich und vereinzelt im Inlande Widerhall fanden und überall, wo sie Wurzel schlugen, neue Blüten an dem uralten Stamm der Keramik trieben. Einen nicht minder starken Impuls erfuhren die verschiedenen Arbeitszweige der Keramik durch die moderne Ausgestaltung der Formgebung, welche sich seit altersher nur des Formens aus freier Hand und mit Hilfe der Töpferscheibe bediente, in der Neuzeit aber durch Verwendung der Gipsformen durch Gießen, Pressen und Stanzen des Formlings erst die Grundlage zur Massenfabrikation erhielt. In diesem allgemeinen Aufschwunge blieb auch das Brennen nicht zurück, durch welches alle keramische Ware erst ihre Gebrauchsfähigkeit erhält; die für die Gegenwart besonders wichtige Frage nach der Wirtschaftlichkeit der Beheizung ist durch vielseitige Ausgestaltung des Ofenbaus (Einzelöfen, Ringöfen, Tunnelöfen), die Verwertung der Abhitze und Vervollkommenung der Ofenkontrolle gefördert worden.

Diesem kurz gekennzeichneten allgemeinen Werdegange aller keramischen Produkte steht eine große Mannigfaltigkeit der Erzeugnisse gegenüber, die sich ergibt, wenn man die keramischen Fabrikationen ins Auge faßt. Trotz aller Ähnlichkeit nötigen die in

der Zusammensetzung und in den Eigenschaften der Rohstoffe vorbandenen Unterschiede zu einer weitgehenden Differenzierung der Verarbeitung. Sieben Hauptgruppen lassen sich unterscheiden.

Die Ziegelei mit ihrer Aufgabe der Herstellung von grober Massenware, wie den verschiedenen Arten von Ziegeln, Verblendern, Formsteinen, ferner Drainröhren und Terrakotten, ist an genügend ertragbare und leicht zugängliche Tonlager gebunden, die ohne kostspielige Aufbereitungsanlagen verwertet werden können.

Im Gebiete der feuerfesten Produkte ist die Standfestigkeit bei hohen Temperaturen ausschlaggebend für die Wahl der Rohstoffe. Soweit die normalen technischen Feuerungen in Betracht kommen, hält sich der Begriff der Feuerfestigkeit zwar noch in den Grenzen, wie sie durch gute Schamotte oder Dinassteine geboten sind. Oft kommen indessen höhere Ansprüche und gleichzeitig chemische Einflüsse des Ofeninhaltes, der Flugasche u. dgl. in Frage und nötigen dazu, daß der Vielseitigkeit der Beanspruchung eine entsprechende Auswahl der Erzeugnisse gegenübersteht. So sind zahlreiche neue Rohstoffe der Keramik zugeführt worden, wie Dolomit, Magnesia, Tonerde, Carbide, Kohlenstoff, die namentlich auf dem Gebiete der Metallurgie, der elektrischen Öfen usw. praktische Verwendung finden. Manche von diesen Stoffen haben sich auf Grund ihrer Eigenschaften so wertvoll erwiesen, daß sie auch unabhängig von ihrer Feuerfestigkeit besondere Verwertung gefunden haben. Dies gilt z. B. vom geschmolzenen Quarz, der in Form von Quarzgut und Bergkristall zu einem unentbehrlichen Material des modernen Apparatebaues für analytische und technische Chemie, Physik, Optik, Elektrotechnik, Maschinenbau, Beleuchtungs- und Heizungstechnik, Medizin und Kunstgewerbe geworden ist. Andere, wie z. B. Kohlenstoff und Carbide, haben sich als elektrische Widerstandsmassen bewährt; eine dritte Gruppe dient wegen ihrer Härte zur Erzeugung der modernen Schleifmittel und Schleifscheiben.

Die Töpfereierzeugnisse umfassen eine Ware mit porösem und von Natur aus farbigem Scherben, der meist durch eine undurchsichtige oder farbige Glasur verdeckt und dichtgemacht wird. Hierher gehören die eigentliche Töpferware, das Irdengeschirr, welches aus besseren Ziegeltonen in Hausindustrien von lokaler oder provinzialer Bedeutung hergestellt wird, und einfaches Küchengeschirr, Blumentöpfe, poröse Gefäße (Wasser- und Butterkübler) und das Material der Bauerntöpferei. Die Porosität des Scherbens, die nur durch Glasur oberflächlich geschlossen werden kann, nutzt man bei Herstellung der Ofenkacheln aus, um ein Material von einer gewissen Wärmeisolierfähigkeit und mit Widerstandsvormögen gegen Temperaturschwankungen zu schaffen. Poröse Gefäße für chemisch-technische Zwecke, Tonzellen für Elemente, Filter, Filterplatten und Diaphragmen bilden ein Sondergebiet, auf welchem die Töpferware den Bedarf des Haushaltes verläßt und zur modernen Industrie in Beziehung tritt.

Das Steingut mit dem charakteristischen Kennzeichen des weißen, porösen Scherbens und einer durchsichtigen Glasur von niedrigem Schmelzpunkt verlangt ein wesentlich edleres Rohmaterial und ermöglicht eine Ausschmückung mit Farben, welche in gleicher Mannigfaltigkeit und Schönheit keinem anderen keramischen Erzeugnis zukommt. Wegen dieser Vorzüge dient es in größtem Umfange zur Herstellung von Gebrauchs- und Kunstgegenständen aller Art von einfacherer Geschmacksrichtung bis zur Luxusware. Unabhängig von dieser Dekorationsfähigkeit hat sich der schöne, weiße Scherben, dank der Glätte und Widerstandsfähigkeit, welche ihm durch die harte Glasur zuteil wird, große Anwendungsgebiete in dem modernen Leben mit seinen gesteigerten Ansprüchen an Hygiene und Zweckmäßigkeit erobert. Das gilt z. B. vom Sanitätsgeschirr, wie es zur Einrichtung des Privathauses, vor allem aber der Krankenhäuser und ähnlicher Anstalten dient, und der Feuerzeugware, deren Scherben im Kern aus einer fest und ziemlich dicht brennenden Schamottemasse von geringem Schwindungsvermögen besteht und außen durch eine weiße Engobe den Steingutcharakter erhält. Derartige Waren, vom Waschbecken bis zur Badewanne, könnten aus Porzellan gar nicht hergestellt werden, da sie, ganz abgesehen vom höheren Preise, beim Garbrennen in sich zusammen sinken würden. Auch zur Herstellung von Wandplatten hat sich die Steingutmasse bewährt und in dieser Richtung eine technisch und wirtschaftlich gut durchgebildete Aufbereitung erfahren.

Mit dem Steinzeug beginnt die Reihe der dichten Erzeugnisse, deren Scherben durch Brennen bis zur Sinterung auch ohne Auwärzung von Glasur undurchlässig für Flüssigkeiten ist. Hierdurch unterscheidet es sich von den vorhergehenden Gruppen durch seine braune bis blaugraue Farbe und mangelnde Transparenz vom ebenfalls dichten Porzellan. Die zur Steinzeugbereitung geeigneten Tone müssen die Eigenschaft haben, im Feuer völlig dicht zu sintern, ohne daß hiermit die Gefahr der Erweichung oder des Zusammensinkens

verbunden ist. Hervorragende Bildsamkeit, geringere Schwindung und niedrigere Garbrandtemperatur zeichnen die Steinzeugmasse vor dem Porzellan aus; hinzu kommt die Wohlfeilheit und die Möglichkeit, beim Garbrennen durch bloße Zuführung von Kochsalzdämpfen die charakteristische narbige Salzglasur zu erzeugen, welche trotz ihrer Dünne in chemischer und mechanischer Beziehung außerordentlich widerstandsfähig ist. Diese Vorzüge im Bunde mit der bedeutenden Härte und der im Vergleich zum Porzellan weit geringeren Sprödigkeit des Scherbens machen es verständlich, warum gerade dieses keramische Erzeugnis im Laufe des letzten halben Jahrhunderts einen Siegeslauf auf den verschiedensten Anwendungsbereichen zurückgelegt hat. Das typische Steinzeuggeschirr einfacherer wie gediegenerer Ausstattung ist zu einer neuen Blütezeit gelangt, und in Form der Kunstware ist das Steinzeug zu einem führenden Artikel in dem modernen Kunstgewerbe geworden. Was aber in besonders wirksamer Weise die Ausgestaltung dieses keramischen Arbeitsgebietes zur Großindustrie begünstigt und beschleunigt hat, das war die Erschließung von zwei neuen Fabrikationszweigen: die Herstellung glasierter Steinzeugrohre für Kanalisation, der Fußbodenfliesen und Pflastersteine und die Eignung des Steinzeugs zum Bau zahlreicher, gegen Temperaturschwankungen und namentlich gegen Säuren widerstandsfähiger Apparaturen, Leitungen und Maschinen für den Bedarf der chemischen Industrie. Hinzutreten ist in jüngster Zeit noch die Verwendung besonderer Feinsteinzeugmassen für elektrotechnische und chemische Zwecke.

Das Porzellan als edelstes keramisches Erzeugnis stellt an die Auswahl und Aufbereitung der Rohstoffe die höchsten Ansprüche. Dafür vereinigt es in sich die Weiße des Steinguts mit der Dichte des Steinzeugs und ist ausgezeichnet mit einer Durchscheinbarkeit des Scherbens, vermöge deren es allen übrigen Tonwaren an Ausdrucksfähigkeit überlegen ist. Auf diese Vorzüge gründet sich die Bedeutung des Porzellans zur Herstellung von Hausgeschirr und Kunstware. Die chemische und thermische Widerstandsfähigkeit machen das Porzellan zu einem wichtigen Baustoff für chemische Geräte und Apparaturen und im Verein mit dem vorzüglichen Isoliervermögen zu einem unentbehrlichen Hilfsmittel der modernen Elektrotechnik. Die aus Porzellan hergestellten Isolierkörper, wie Schaltmaterial, Niederspannungs- und Hochspannungsisolatoren, haben nach Gewicht und Wert gelegentlich die alte, ursprünglich allein vorhandene Geschirrfabrikation übertrffen. Freilich sind die Grenzen seiner Leistungsfähigkeit auf diesem Gebiete schon überschritten, so daß andere Baustoffe gesucht werden müssten, um den gesteigerten Ansprüchen der Elektrotechnik zu genügen. Man fand eine geeignete Masse in dem „D.T.S.-Sillimanit“, einem Feinsteinzeug, das den Übergang zum Porzellan vermittelt und vor diesem den Vorzug hat, sich wegen seiner besseren Plastizität und Standfestigkeit im Feuer auf einteilige Körper großer Abmessungen verarbeiten zu lassen, während sie beim Porzellan aus mehreren Einzelteilen zusammengesetzt werden müssten.

Als letztes Glied ist endlich der Steatit anzuführen. Die Literatur sagt hierüber bisher nur wenig aus. Der Rohstoff hat nicht mehr tonigen Charakter, sondern ist ein Magnesiumsilikat (Speckstein) von der Zusammensetzung $3\text{MgO} \cdot 4\text{SiO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ bis $4\text{MgO} \cdot 5\text{SiO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$. Die durch Formen und Brennen des Specksteins namentlich im pulverförmigen Zustande entstehenden Erzeugnisse werden als Steatit bezeichnet. Kleinere Gegenstände können aus dem natürlichem Stein unmittelbar durch Schneiden, Sägen, Drehen, Bohren geformt und dann durch Brennen fertiggestellt werden, sofern das Gefüge des Steines genügend gleichmäßig ist, um jedes Verziehen auszuschließen. Denn die auf diesem Wege hergestellten Gas- und Acetylenbrenner, Spindeln und andere Spezialartikel müssen den höchsten Ansprüchen an Genauigkeit genügen. Nur ein größeres Vorkommen ist bekannt, das diese Bedingung erfüllt, bei Göpfersgrün-Thiersheim im Fichtelgebirge. Da die Weichheit des ungebrannten Steines die Werkzeuge nicht angreift, kann die Formgebung mit genauesten Instrumenten und feinsten Präzisionsmaschinen erfolgen; der Umstand, daß infolge der gleichmäßigen Struktur, der natürlichen Dichtigkeit und des geringen Wassergehaltes das Schwinden im Brände nur unbedeutend gegenüber den typischen Tonwaren ist, ermöglicht die Innehaltung der Abmessungen mit fast mathematischer Genauigkeit. Im gepulverten Zustande besitzt der Speckstein genügend Plastizität, um nach den allgemeinen keramischen Methoden im Trocken- oder Naßverfahren geformt und dann bei Segerkegel 14—16, d. h. einer dem Garbrande des Porzellans entsprechenden Temperatur, gebrannt zu werden. Auf diesem Wege werden zahllose Bedarfsartikel für die Elektrotechnik hergestellt, namentlich Zündkerzen für Motoren, Isoliermaterial für die Elektrotechnik. Die Eigenschaften, in welchen der Steatit den übrigen keramischen Materialien überlegen ist, sind namentlich: Genauigkeit, mechanische Festigkeit, Isoliervermögen für Wärme und Elektrizität, Temperaturwechselbeständigkeit, Widerstandsfähigkeit gegenüber

alkalischen Agenzien. Sie sind schwerwiegend genug, um auch diesem jüngsten Zweige der keramischen Industrie die Zukunft zu sichern.

Die vorstehend geschilderten sieben Hauptgruppen keramischer Erzeugnisse weisen zwar gegeneinander viele charakteristische Unterschiede auf; doch werden die vorhandenen Gegensätze durch zahlreiche Übergänge gemildert und ausgeglichen. Die schon hieraus folgende Mannigfaltigkeit der Produkte wird außerordentlich gesteigert durch die Vielseitigkeit der Anwendungsbereiche, z. B. im Dienste des Haushalts, des Hochbaus, des Tiefbaus, der Landwirtschaft, der Hygiene und Medizin, des Ofenbaus, der Chemie und der Elektrotechnik.

Aus dieser Fülle seien hier drei technische Sondergebiete herausgegriffen, an deren modernem Ausbau die Keramik mit besonderem Erfolge beteiligt ist: Ofenbau, Elektrotechnik, chemische Apparatur.

Ofenbau: Für Haushaltungsöfen kommt ein keramisches Material von einer gewissen Wärmeisolierfähigkeit und Widerstandsfähigkeit gegen Temperaturschwankungen in Betracht, Eigenschaften, welche durch eine gewisse Porosität des Scherbens erzielt werden können. Da eine starke thermische Beanspruchung kaum erfolgt, ist für die Wahl des Rohmaterials weniger die besondere Güte als die leichte Erreichbarkeit im Hinblick auf den hohen Tonverbrauch maßgebend. Nur muß der unansehnliche Scherben nach außen hin durch eine deckende Schicht verschont werden. In technischen Feuerungen, Gaserzeugern u. dgl., wo dauernd große Wärmemengen freiwerden und ihr Verlust durch Wärmeleitung verhindert werden muß, treten erhebliche stärkere thermische Beanspruchungen (1300—1400°) auf, denen die Schamottearten gewachsen sind. Welche von diesen zu wählen ist, hängt ab von der Beschaffenheit der aus dem Brennstoff übrigbleibenden Schläcken, die namentlich im unteren Teil der Anlage mit dem Mauerwerk in Berührung stehen. Bei den Wärmespeichern, welche für Regenerativ- und Rekuperativheizung angewandt werden, treten in der spezifischen Wärme und Wärmeleitfähigkeit neue Momente für die Auswahl des Baustoffs hervor. In den metallurgischen Öfen sind häufig stärkste Beanspruchungen in thermischer, chemischer und mechanischer Hinsicht gleichzeitig zu überwinden; da es kein Material gibt, das gleichzeitig allen diesen Ansprüchen genügen könnte, findet hier eine Fülle der verschiedensten Baustoffe Anwendung in einer so glücklichen Auswahl und Kombination, daß beispielsweise die Vormachtstellung der deutschen Stahlerzeugung in einer englischen Quelle nicht zuletzt auf unsere hochentwickelte keramische Industrie zurückgeführt wird. Hoher Belastung in thermischer und chemischer Beziehung ist die Sinterzone der Drehrohröfen für Zement ausgesetzt, so daß hier nur hochbasische Schamotte oder geschmolzene Tonerde am Platze ist. Ähnlich liegen die Verhältnisse bei den Öfen und Schmelzbehältern der Glasindustrie; die besonders stark beanspruchten Gewölbe erfordern einen nicht nur feuerfesten, sondern auch raumbeständigen Stein, und obendrein soll er von solcher Beschaffenheit sein, daß die etwa abbröckelnden Teile die Beschaffenheit des Glases nicht schädigen. Während bei den Tiegeln der Metallschmelzereien, den Zinkmuffeln usw. völlige Gasdichtigkeit des Scherbens verlangt wird, müssen die Tiegel und Muffeln der Ultramarin-Brennöfen eine gewisse Porosität besitzen, um das zum Blaubrennen nötige Luftquantum hindurchzulassen. Auf dem Gebiete der trockenen Destillation ist neben der Feuerbeständigkeit und mechanischen Festigkeit auch Gasdichtigkeit erforderlich; indessen braucht letztere nicht von vornherein vorhanden zu sein, da etwaige Poren während des Betriebes durch den sich abscheidenden Retortengraphit sehr bald geschlossen werden. Schwierigkeiten besonderer Art ergeben sich beim Bau elektrischer Öfen, da hier das keramische Material nicht nur den hohen Temperaturen der Herdwandungen, der chemischen Beeinflussung und mechanischen Belastung durch den Herdinhalt ausgesetzt ist, sondern außerdem noch als Isoliermaterial zu dienen hat. Alle diese Ansprüche sind um so schwerer zu befriedigen, als die bisher bekannten Isoliermittel (wie Diatomitsteine, Kieselgur, Asbest usw.) mit steigender Temperatur an Isolierfähigkeit sehr stark abnehmen. Es müssen daher mehrere Schichten im Ofen vorgesehen werden, wovon die einen isolieren und die anderen den übrigen Bedingungen entsprechen sollen. Doch muß ihre Auswahl so erfolgen, daß sie sich im Betriebe nicht gegenseitig zerstören.

Wesentlich anders liegen die Verhältnisse auf dem Gebiete der Elektrotechnik, wo im allgemeinen zwar niedrige Temperaturen, aber hohe Spannungen in Betracht kommen. Die früher allein benutzten Isoliermittel, wie Seidenfäden, Schellack, schellackiertes Glas, Schwefel, Siegellack, Paraffin, Holz, Hartgummi, versagen hier und sind in der modernen Technik für den Bedarf bei elektrischen Niederspannungsleitungen, Schaltanlagen und vor allem bei Hochspannungsleitungen durch keramisches Material ersetzt worden: Fayence, Porzellan, Steatit und Steinzeug (D.T.S.-Sillimanit). Auf dem Gebiete der Niederspannungs- und Schwachstromtechnik ist die Verwendung

des Porzellans als Montage- und Konstruktionselement äußerst vielseitig, die in Benutzung stehenden Formen zählen nach Tausenden. Mag hier die elektrische Beanspruchung auch gering sein, so wird doch, wie z. B. beim Schaltmaterial, hohe Exaktheit der Form verlangt, welche infolge der Schwindungsvorgänge beim Formen und Brennen besondere Maßnahmen verlangt. Nicht selten, wie z. B. bei den Zündkerzen für Motoren, treten noch die Forderung hoher Feuerfestigkeit und Temperaturwechselbeständigkeit hinzu, so daß an Stelle des Porzellans der Steatit verwendet wird, dessen Vorzüge vor den übrigen keramischen Materialien schon oben gekennzeichnet worden sind. Andere Gesichtspunkte ergeben sich bei der Schaffung keramischer Armaturen für Elektrodampfkessel. Hier wird höher gespannter Wechselstrom zur Dampfbildung benutzt, indem das Wasser selbst als Widerstand in die Strombahn eingeschaltet wird. Die Stromzuführung erfolgt durch eine Tauchelektrode inmitten des Kessels, die Stromabführung durch die geerdete Kesselwand. Die Regulierung des Heizstromes kann durch Isolierrohre aus keramischem Material geschehen, welche zwischen Tauchelektrode und Wasser zur Widerstandsvergrößerung in die Strombahn eingeschaltet werden. Als Isolierstoff für diese Rohre und die Einführungsstellen hat sich namentlich D.T.S.-Sillimanit bewährt, während Porzellan und Quarz von hochgespanntem Wasserdampf stark angegriffen werden. Wiederum anders liegen die Verhältnisse bei den Hochspannungsfernleitungen, welche durch Isolatorenketten aus Porzellan an hohen Stahltürmen aufgehängt sind. Hier unterliegt das keramische Material der stärksten elektrischen Beanspruchung; denn schon heute handelt es sich um Isolation von Spannungen über 100000 Volt, und in absehbarer Zeit werden aus Gründen der Wirtschaftlichkeit doppelt so hohe Spannungen angewendet werden. Mechanische und thermische Einflüsse treten hinzu, da die Anlagen schutzlos den Unbilden der Witterung ausgesetzt sind. Nur hochwertige Materialien sind diesen Einflüssen auf längere Zeit gewachsen. Für Freileitungszwecke war das Porzellan bisher unübertroffen, steht aber an der Grenze seiner Leistungsfähigkeit als Isoliermaterial und wird für die geplanten Höchstspannungen vielleicht durch den teureren Steatit ersetzt werden. Ein Übergang besteht bereits in dem Melalith, einer Zwischenstufe zwischen Porzellan und Steatit. Durchführungsisolatoren für höchste Spannungen werden in zunehmendem Maße aus D.T.S.-Sillimanit gefertigt, weil sie in diesem Falle aus einem einzigen Stück geformt werden können, während sie bei Verwendung von Porzellan aus mehreren Teilen hergestellt werden müssen, die entweder vor dem Brennen zusammengarniert, während des Brandes durch schmelzende Glasur miteinander verbunden oder nach dem Brände zusammengekittet werden.

Auf dem Gebiete der chemischen Apparatur steht die chemische Widerstandsfähigkeit im Vordergrunde, verbunden oft mit hohen Ansprüchen in thermischer und mechanischer Beziehung. Dies gilt schon von den feuer- und säurefesten Ziegeln und Formsteinen für den Bedarf der Röstaröfen, die Ausmauerung der Rohrleitungen für die Röstgase, die Glover- und Gay-Lussac-Türme. „Steinzeug für chemischen Bedarf“ hat sich für diese Zwecke als unübertroffen erwiesen und ist seit der Konstruktion der Lunge-Rohrmann-Plattentürme allmählich zu einem Grundpfeiler in dem mächtigen Bau der modernen chemischen Großindustrie geworden. Die Erzeugung und Verarbeitung der Schwefelsäure, der Salz- und Salpetersäure ist fast ganz auf diesen Werkstoff eingestellt und benötigt ihn in Form von Kühl- und Waschtürmen, Absorptions- und Reaktionstürmen, wohldurchdachten Flüssigkeitsverteilern und Füllkörpern für diese. Die in zahllosen Varianten benutzten Kondensationsgefäß (Tourills) und Kühlschlängen müssen der besonderen Bedingung eines raschen Wärmedurchgangs genügen, unbeschadet ihrer chemischen und mechanischen Festigkeit. Zur Bewegung der chemisch-aktiven Gase und Flüssigkeiten sind zahllose maschinelle Hilfsmittel erforderlich, Ventilatoren, Emulseure, Zentrifugal- und Kolbenpumpen, deren konstruktive Durchbildung eine genaue Kenntnis der mechanischen Eigenschaften des Werkstoffs voraussetzt. Hohlgefäß in Gestalt von Töpfen, Kufen, Wannen, Krügen, Flaschen, Schalen für Aufbewahrung, Transport und Verarbeitung von Chemikalien aller Art werden in den mannigfaltigsten Formen ihrer Zweckbestimmung angepaßt und mit Fassungsvermögen bis an 6000 l hergestellt. Regelungsvorrichtungen, wie Hähne, Ventile, Drosselklappen, und Verbindungselemente, wie Flanschen u. dgl., verlangen höchste Genauigkeit der Form, welche dank der guten Bearbeitbarkeit des Steinzeugs durch Schleifen erzielt werden kann. In allen vorgenannten Fällen spielt die Dichtigkeit des Steinzeugs eine wichtige Rolle; in anderen findet auch die hohe Härte (über sieben der Skala von Mohs) ihre technische Auswertung, beispielsweise in den Spülversatzrohren, den Fliesen, den Kanalisationsröhren, welche der Schleifwirkung des Sandes auf die Dauer widerstehen müssen. Härte, Festigkeit, Dichtigkeit und chemische Widerstandsfähigkeit machen das Steinzeug zu einem wertvollen Baustoff für Walzen aller Art,

welche für die verschiedensten technischen Zwecke, z. B. die Färberei, als Auftragswalzen bei der Herstellung photographischer Papiere usw., namentlich in der Nahrungsmittelindustrie (Mühlerei, Schokoladenfabrikation), wo jede Beeinflussung des Geschmacks vermieden werden muß, an Platze sind. Andere Prinzipien liegen den Diaphragmen und Trägern für Kontaktmassen zugrunde, welche außer der chemischen Widerstandsfähigkeit und mechanischen Festigkeit eine bestimmte Porosität aufweisen und hinsichtlich Form und Verteilung dieser Poren besonderen Anforderungen genügen müssen. Auf wieder anderen Grundlagen beruhen die Brennerrohre und -ringe der Gasglühlichtbeleuchtung, welche außer der Feuerfestigkeit höchste Beständigkeit gegen plötzlichen Temperaturwechsel besitzen müssen. In diesem Zusammenhange sei auch der Quarz genannt, der als Quarzgut oder Vitreosil dank seiner Widerstandsfähigkeit gegen Temperaturschwankungen und chemische Einflüsse vielseitigste Verwendung findet. Während er der Typus der sauren Erzeugnisse unter den keramischen Produkten ist, der namentlich auch der Einwirkung der meisten sauren Agensien widersteht, werden auf anderen Arbeitsgebieten feuer- und alkalifeste Baustoffe, besonders in Form von Steinen, benötigt, welche durch einen hohen Gehalt an Basen, namentlich Magnesia, ausgezeichnet sind.

Die Ausführungen erweisen zur Gentige, daß die keramischen Produkte den mannigfältigsten und oft gegensätzlichen Ansprüchen bezüglich ihres thermischen, mechanischen und elektrischen Verhaltens, ihrer Porosität, Dichtigkeit und Raumbeständigkeit genügen müssen. Aus dieser vielseitigen Eignung ergeben sich die innigsten Wechselbeziehungen zu allen Zweigen des praktischen Lebens, und in ihnen spiegelt sich am anschaulichsten die volkswirtschaftliche Bedeutung der Keramik wider. Es zeigt sich, daß die dem keramischen Rohstoff innewohnende Plastizität symbolische Bedeutung hat für seine Anpassungsfähigkeit an jeglichen Gebrauchszauber: ein erdiges, irdenes Gut von universeller Verwendbarkeit als Gegenstück zum Eisen. Hier wie dort Grenzen der Leistungsfähigkeit, die berücksichtigt werden müssen und deshalb eine Vertrautheit mit den Eigenschaften des Werkstoffs voraussetzen. Sie kann nur durch planmäßige Forschungsarbeit vermittelt werden, und diese muß das Ziel verfolgen, die Beziehungen zwischen Zusammensetzung, Herstellungsweise und Eigenschaften des keramischen Produktes zu ergründen. Die hier sich auftürmenden Schwierigkeiten sind wohl der Grund dafür, weshalb die bisher auf diesem Gebiete vorliegenden Ergebnisse Lücken aufweisen. In ihrer Beseitigung liegt die Zukunft der Keramik. Denn zweifellos sind weitere Vervollkommenungen keramischer Massen möglich, und jeder Fortschritt wird von förderlichstem Einfluß auf die Lösung thermischer, chemischer, elektrotechnischer und anderer Probleme sein; es sei nur erinnert an einen weiter gehenden Ersatz metallischer Baustoffe durch keramische. Die keramische Forschung ist darum gerade für Deutschland von größtem volkswirtschaftlichem Wert.

[A. 84.]

Die physikalischen Eigenschaften des Steinzeugs.

Von Dr.-Ing. Dr. phil. FELIX SINGER, Direktor der Deutschen Ton- und Steinzeug-Werke A.-G., Charlottenburg.

(Eingeg. 25.4. 1923)

Bis vor kurzem waren nur wenige physikalische Eigenschaften des Steinzeugs ziffermäßig bekannt und diese — aus dem Jahre 1905¹⁾ stammenden — Zahlen (Druckfestigkeit = 1500 kg/cm², Zugfestigkeit = 45–55 kg/cm²) müssen heute als überholt gelten. Während es in der reinen Chemie als selbstverständlich gilt, alle chemischen und physikalischen Eigenschaften nach dem jeweiligen Stande der Wissenschaft so exakt wie möglich zu ermitteln, begnügte man sich bisher beim Steinzeug lediglich mit der genauen Feststellung der Säurebeständigkeit und Scherfestigkeit, während man sich im übrigen auf rein subjektive oder empirische Schätzungen beschränkte. Das hat seinen guten Grund in der Tatsache, daß das Steinzeug ebenso wenig wie irgendeine andere keramische Masse ein einheitlicher chemischer Körper oder eine chemisch definierbare feste Lösung ist. Die Verhältnisse in keramischen Massen liegen vielmehr erheblich verwickelter. Neben Gläsern treten eine Reihe von Kristalliten auf, die nur teilweise den ursprünglichen Rohstoffen entstammen und zum Teil während des Herstellungsprozesses neu entstanden sind. Die chemische Zusammensetzung der keramischen Massen, die Art der Aufbereitung, ihre Mahleinheit, das Formgebungsverfahren, der Brennvorgang, seine Dauer und die Methoden seiner Durchführung, sowie

¹⁾ G. Lindner, Karlsruhe, Ztschr. d. Vereins deutscher Ingenieure, Jahrgang 1905, Nr. 32.