

# **Badische Landesbibliothek Karlsruhe**

**Digitale Sammlung der Badischen Landesbibliothek Karlsruhe**

## **Badische Schulzeitung. 1860-1933 1928**

4 (7.4.1928) Die Fortbildungsschule. Monatliche Beilage zur Badischen  
Schulzeitung



# Die Fortbildungsschule

Monatliche Beilage zur Badischen Schulzeitung.

Nummer 4

★ Alle für die Beilage bestimmten Einsendungen an Fortbildungsschullehrer Karl Beck, Karlsruhe, Wehlentstr. 40 ★

April 1928

Inhalt: Das Porzellan.

★

## Das Porzellan.

Hans Krefz, Mannheim.

So wie das Glas gewinnt auch das Porzellan eine immer größere Bedeutung für unser gesamtes kulturelles Leben. Nicht nur, daß sich die Porzellankunst aller Wahrscheinlichkeit nach einer neuen Blütezeit, dem „dritten Rokoko“ entgegenbewegt, der die Kunstliebenden mit umso größerer Hoffnung entgegensehen, als das „zweite Rokoko“ der fünfziger und sechziger Jahre des 19. Jahrhunderts enttäuscht, jedenfalls das hohe Niveau des künstlerischen Schaffens der Blütezeit der Meißner Porzellankunst (um 1745: „erstes Rokoko“) nicht erreicht hat, sondern abgesehen von dieser kunstgeschichtlichen Betrachtung erwirbt sich Porzellan und Keramik einen sich noch stark ausweitenden Verwendungsbereich in der Technik unserer Gegenwart. In dem gleichen Maße wie Glas und Porzellan für den modernen Architekten unentbehrlich geworden sind, bedarf unsere Industrie, insbesondere die chemische und elektrotechnische Industrie des Porzellans. Welch große Ansprüche gerade die Elektrotechnik mit ihren Aufgaben auf dem Gebiete der Hochspannungsisolatoren an das verwendete Hartporzellan stellt, hat in jüngster Vergangenheit die Werkstofftagung in Berlin gezeigt, wo dem Besucher Versuche an Porzellanisolatoren mit einer Spannung bis zu einer Million Volt vorgeführt wurden, gerade so wie die mächtige Säurepumpe mit allen ihren Zubehörteilen, die von der Staatlichen Porzellan-Manufaktur Berlin im Mittelpunkt einer keramischen Ausstellung aufgestellt wurde, uns einen Einblick in die Leistungen unserer Porzellanfabriken für die chemische Industrie gab.

### 1. Geschichte des Porzellans.

Die Erfindung des Porzellans schreibt man den Chinesen zu, obgleich uns bestimmte Berichte über die Anfänge und die erste Entwicklung der Porzellanherstellung fehlen. Die erste Erwähnung des Porzellans findet sich in einem in der Nationalbibliothek zu Paris aufbewahrten Schreiben aus dem Jahre 851, worin uns der arabische Kaufmann Solimann von durchsichtigen, sehr feinen Gefäßen erzählt, die er in China angetroffen hat und die sicher aus Porzellan gewesen sind. Um diese Zeit kommen auch schon die ersten Stücke durch jüdische und arabische Kaufleute nach dem Abendland, wo sie als große Kostbarkeit behandelt werden, weit kostbarer als Gold und Silber, so daß sogar noch die Scherben in edles Metall gefaßt und als Schmuck getragen werden. Das von den Chinesen Yao - d. h. Gebranntes - genannte Porzellan wird zum ersten Male von dem berühmten Reisenden Marco Polo mit dem Namen Porzellan bezeichnet, er berichtet, daß zu seiner Herstellung eine gewisse Erde verwendet wird, die man viele Jahre hindurch den klimatischen Einflüssen aussetzt, ehe sie verarbeitet werden kann. Der Name Porzellan selbst wird mit einer bestimmten Art der Kaurischnecken zusammengebracht, deren unteres Teil ihres schneeweißen, glänzenden Gehäuses einem Schweinchen, das ist italienisch: porcella, ähnlich sieht und man bis ins 18. Jahrhundert hindurch glaubte, daß das Rohmaterial für das chinesische Porzellan zu einem bestimmten Teil aus diesen Schneckengehäusen bestünde. Die Porzellankunst stand in China schon früh in hoher Blüte. Aus dem Jahre 1000 wissen wir, daß sich der damalige Kaiser für den Gebrauch am Hof glänzendblauen, papierdünnen Porzellan erwählte, deren Farbe in der blumenreichen Sprache der Chinesen als „Himmelsblau nach dem Regen“ bezeichnet wurde. Seine erste große, uns Abendländern bemerkbare Glanzzeit hatte das chinesische Porzellan in den Jahren 1426 bis 1465 und war besonders wegen ihrer schönen Malerei (Blau-malerei) berühmt, eine zweite lag in den Jahren 1644 bis 1723 und brachte jene Erzeugnisse hervor, die als die „Porzellane aus der rosenroten

Familie“ bekannt und geschätzt sind, wohl wegen des Goldrosas so bezeichnet, das in jener Zeit entdeckt und von den chinesischen Künstlern mit dem Weiß des Porzellans und dem fastigen Antimonogelb zu den harmonischsten Farbenzusammenklängen verwandt wurde. Die Porzellanherstellung nahm in China zeitweise einen solchen Umfang an, daß z. B. im Jahre 1717 die kaiserliche Porzellanfabrik King-te-tschin 1000 Öfen im Betrieb halten mußte, um die vom Hofe jährlich angeforderten 76 000 Stück, d. h. täglich 210 neue Geschirrstücke, liefern zu können. Daneben gingen große Mengen ins Ausland. Seit der Entdeckung des Seeweges nach Ostindien (1498) wurde der Porzellanhandel von den Portugiesen und später von den Holländern systematisch betrieben und war mit einer der ausschlaggebenden Faktoren, die 1602 zur Gründung der Ostindischen Compagnie führten, welche von nun an aus China und besonders auch aus Japan, das seit 1592 in Sizen eine sich rasch vergrößernde Porzellanfabrik hat, ganze Schiffsladungen nach Europa verfrachteten, wo die einzelnen Stücke von den Fürsten, dem Adel und der reichen Kaufmannschaft zu hohen Liebhaberpreisen aufgekauft wurden. Welch ungeheure Werte durch diesen Sammeleifer ins Ausland flossen, vermag die eine Tatsache beleuchten, daß in manchen Jahren allein von Japan über 20 000 Kisten nach Europa geschickt wurden und daß, trotzdem man eine gleich hohe Summe für China annehmen darf und Fracht und Bruch die Ware ungeheuer verteuerten, die Nachfrage immer noch größer als das Angebot blieb. Darum begann man an allen Ecken und Enden Europas, besonders in Frankreich, Italien, England und Deutschland sieberhaft nach dem Geheimnis der Porzellanherstellung zu suchen, umso mehr als China und Japan ihre Fabrikationsweise streng geheim hielten. Die Mehrzahl der vielen kleinen und großen Fürstenhöfe, die es damals in Europa und besonders in Deutschland gab, hielten sich darum ihren „Adepten“, der ihnen das Gold und nun auch das Porzellan erfinden sollte. 1575 gelang in Florenz ein Frittenporzellan mäßiger Güte, von dem noch zirka 30 Stück unter dem Namen „Mediciporzellan“ erhalten sind, das jedoch in keiner Weise die immer größer werdenden Ansprüche der damaligen Welt befriedigte, zumal es einen Vergleich mit dem chinesischen Porzellan nicht aushalten konnte. Der Luxus machte sich besonders an den Höfen bemerkbar, wo er, verbunden mit den Ausgaben für das Heer, das in jener Zeit anfing, ein ständiges zu werden, ungeheure Summen verschlang. Die absolutistische Staatsform machte Handel und Gewerbe, besonders aber die Führung größerer industrieller Unternehmungen zu Vorrechten des Herrschers, der aus den Erträgen hieraus die ewig leeren Staatskassen aufzufrischen hoffte. Die Erfindung des Porzellans hätte mit einem Schlage die finanziellen Schwierigkeiten behoben und große Einnahmen durch die Fabrikation des vielbegehrten Porzellans gebracht. Die Kenntnisse in der Chemie waren in jener Zeit noch äußerst geringe. Bei der Allgemeinheit galten Feuer, Wasser, Luft und die Erde immer noch als die allein anerkannten, unveränderlichen Grundelemente, aus denen alle anderen Stoffe als entstanden gedacht wurden, so daß es durchaus berechtigt erschien, anzunehmen, aus diesen vier Grundelementen mit Hilfe einer zauberhaften Flüssigkeit „Arkhanum“ Gold oder sonst einen edlen Stoff herstellen zu können.

Jeder Goldmacher behauptete das Arkhanum in seinem Besitz zu haben, glaubte oft auch selbst daran und konnte nur nicht die richtige Verbindung finden, um das erwünschte Gold herstellen zu können. Einer dieser Goldmacher war Johann Gottfried Böttcher, der, am 4. 2. 1682 zu Schleiß geboren, Ende Oktober



1701 aus der Jörn'schen Apotheke in Berlin, wo er als Oehlfe und „Adept“ tätig war und im Geruche stand, bereits Gold hergestellt zu haben, nach Sachsen floh, wo er auf Befehl des Königs August des Starken, der sich gerade wegen der Polenkronen in Warschau aufhielt, in Schutzhaf genommen und nach Dresden gebracht wurde, um hier sein Gold für den König zu produzieren oder wenigstens das Geheimnis seiner Herstellung preiszugeben. Er tat keines von beiden, sondern hielt den König, der ihn zuerst fürstlich bewirtete und ihm alle Wünsche gewährte, über fünf Jahre lang mit allerlei Ausreden hin, wurde dann allerdings, als man gar keine Erfolge sah, von dem bewährten Mathematiker und Physiker Tschirnhaus auf Befehl August des Starken überwacht, aber stets als ein kostbares und geheimnisvolles Staatsgut behandelt und vor den siegreichen Schweden des nordischen Krieges (1700—1721) 1706 als Staatsgefangener nach dem uneinnehmbaren Königstein gebracht, wo er bis nach dem Abzug der Schweden mit neuen Versuchen beschäftigt war. Tschirnhaus hatte sich schon seit langem systematisch mit der Porzellanherstellung befaßt und große Brennspiegel zum Schmelzen konstruiert, sowie Glashütten und ein Polierwerk errichtet. Im Herbst 1707 machte Tschirnhaus dem König den Vorschlag, sich der Porzellanherstellung zuzuwenden, da „das künstliche Gold eine zweifelhafte Materie sei.“ Der König willigte ein und gab Böttcher die technische Leitung einer neu gegründeten Versuchsanstalt für Mineralogie und Keramik. Die Arbeiten vollzogen sich in größter Heimlichkeit, unterstützt und gefördert von Tschirnhaus, der jedoch daneben immer noch in seinem Laboratorium an der Erfindung des Porzellans arbeitete und 1708 eine wertvolle Erkenntnis bezüglich der richtigen Mischung der Flugmittel beibrachte.

Im Sommer 1708 gelang das heute sogenannte „rote Böttchersteinzeug“, ein dem Porzellan ähnlich sehendes Erzeugnis; um die Jahreswende 1708/09 bekam man aus dem weißen Ton von Coßlig bei Dresden und kieselensäurehaltigen Mineralien als Flugmittel zum ersten Mal eine halbdurchsichtige, milchigweiße Keramik. Fiel auch die Glasur noch etwas gelblich aus, so war doch der König, von dessen Leidenschaft für Keramik ein Bericht aus d. J. 1730 spricht, in dem erzählt wird, daß er für ein halbes Hundert blauer und weißer Porzellangefäße dem preussischen König ein Regiment Dragoner gegeben habe, aufs höchste über das bisherige Ergebnis erfreut, so daß er schon am 23. Januar 1710 durch ein öffentliches Dekret die erste europäische Porzellanmanufaktur auf der Albrechtsburg gründete und mit Eifer organisierte. Man stellte zunächst das rote Steinzeug her, das geschliffen, poliert, mit Metall verarbeitet oder auch glasiert in den Handel gebracht wurde, bis es 1713 gelang, reines Porzellan, der direkte Vorläufer des heutigen Hartporzellans, herauszubringen, nachdem man in der Grube des Hammerschmiedes Schnorr zu Aue bei Schneeberg (Schnorr'sche Erde) das Kaolin und als geeignetes Flugmittel den Abaster aus Neuhaußen gefunden hatte. Leider war die Entwicklung des neuen Unternehmens durch Geldnot und schlechte wirtschaftliche Leitung gehemmt, so daß das Angebot hinter der Nachfrage zurückblieb. Erst als nach dem Tode Böttchers (13. 5. 1719) der Maler Gregor Herold nach Meissen gerufen wurde, blühte das Unternehmen unter dessen umsichtiger Leitung innerhalb weniger Jahre stark empor. Man arbeitete zunächst für den Hof selbst, doch wurde die Nachfrage des öffentlichen Marktes so gut als möglich befriedigt. Diese gute Entwicklung setzte sich auch unter Kändler, dem größten deutschen Porzellankünstler (geb. 1706 zu Fischbach, gest. 1775 in Dresden) fort. Dem Stil seiner Zeit, dem figurenreichen, zierlich geschwungenen Rokoko gab er in den plastischen Kunstwerken, die unter seiner Hand und Leitung in der Manufaktur entstanden, den gemäßigten Ausdruck. Wenn wir heute von Altmeissner Porzellan reden, dann meinen wir das Porzellan seiner Zeit. — Als im 7-jährigen Krieg nach der Schlacht bei Kesselsdorf die Manufaktur zum Lazarett der Preußen wurde, ließ Friedrich der Große neben 52 Kissen mit Porzellan, Kaolin und Arbeiter nach Berlin führen, wo 1750 durch Sokhowsky schließlich die Berliner kgl. Manufaktur gegründet wurde. Wenn auch Meissen in den folgenden Jahren in seiner Produktion zurückging so bleibt ihr doch unbestritten der Ruhm, dem Porzellan des 18. Jahrhunderts das künstlerische Gepräge gegeben zu haben.

Nach der Erfindung des Porzellans durch Böttcher war fast jeder Fürst bestrebt, selbst eine Porzellanfabrik zu besitzen, und das Geheimnis der Herstellung zu erfahren. Es entstanden eine ganze Reihe von Fabriken, von denen die meisten ebenso schnell wie sie entstanden sind, wieder verschwanden. Von den heute noch bestehenden, damals ins Leben gerufenen seien nur Wien (1718), Fürstberg (1746), die schon erwähnte Berliner Manufaktur (1750) und Neubegg (1754), das heutige Nymphenburg auf-

gezählt. 1740 entsteht in Vincennes die berühmte Staatsmanufaktur Frankreichs, die 1756 nach Levres übersiedelt. Wegen dem künstlerischen Wert ihrer Erzeugnisse sei noch an die Porzellanfabrik Frankenthal erinnert, die 1755 mit Unterstützung des Herzogs Theodor von der Pfalz gegründet und 1800 von Max Josef wegen zu schlechten Abfahes aufgelöst wurde.

Sämtliche Porzellanfabriken haben stets um ihre Erhaltung einen strengen Daseinskampf führen müssen, den meisten mußte ein staatlicher Zuschuß gewährt werden, wenigstens insoweit sie als staatliche Institution darauf Anspruch erheben konnten. Während in der Zeit des Krieges und in der Inflation die Beschäftigung der Firmen infolge des Exporthandels eine gute war, standen sie in der Zeit der Marktstabilisierung vor den größten Schwierigkeiten, da durch die Geldknappheit im Inland und durch das Zurückgehen der Auslandsaufträge das Fortbestehen vieler Manufakturen gefährdet war. Damals erfolgte die betriebstechnische Erneuerung der Fabriken und die Aufnahme neuer Fabrikationszweige, unter denen die Herstellung des technischen Porzellans die größte Rolle spielte. Heute bildet gerade dieser Zweig für eine Reihe unserer bedeutendsten Porzellanmanufakturen das wirtschaftliche Rückgrat.

## 2. Herstellung des Porzellans.

A. Allgemeines über Tonwaren. Wenn man das Gebiet der Tonwaren mit Pukall in zwei große Teile: in die mit porösem und die mit dichtem Scherben, diese wieder in je zwei Unterteile: in die mit farbigem und die mit weißem Scherben teilt, erhält man die vier Hauptgruppen der Tonwaren: die farbige, poröse Irdenware, das farbige, dichte Steinzeug, das weiße poröse Steinzeug und das weiße, dichte Porzellan. Das Gemeinsame dieser vier Gruppen ist, daß ihre einzelnen Glieder bei der Herstellung einen Brennprozeß durchmachen müssen, der sich nur durch die Intensität der Flamme unterscheidet. Während für die dichten Scherben die Flamme so stark sein muß, daß die Masse, ähnlich wie beim Metall, zum Schmelzen kommt und so zusammenfließt und dicht wird, erreicht die Hitze bei den porösen Scherben nur denjenigen Grad, der die Masse zusammenbacken läßt, ohne alle Massepartikeln zum Schmelzen zu bringen. Die Farbe der Tonwaren hängt ab von der Zusammensetzung der Tonsubstanz, bezw. vom Vorhandensein des rostfärbenden Eisenoxides.

Die niedrigste Brenntemperatur mit zirka 960°, das ist die Temperatur des schmelzenden Silbers, haben die Irdenwaren, die in glasiertem Zustand als einfachstes Gebrauchsgeschirr der Bauernküche bekannt sind. Hierher gehören aber auch die historischen Fayencen (von Faenza, wo sie im 14. und 15. Jahrhundert mit großer Meisterschaft hergestellt wurden), sowie verschiedene Arten von Bouterakotten und Majolika-Kachelöfen. In der Gruppe der unglasierten Irdenwaren befinden sich die einfachen Tonwaren für Entwässerungsanlagen, Bausteine und Dachziegel, dann aber auch die Chamottesteine und feuerfesten Tonwaren, die aus den sog. feuerfesten Tonerden mit einer Schmelztemperatur von über 2800° hergestellt sind. — Das Steinzeug (farbig dicht) ist ein deutsches Erzeugnis des Mittelalters, wo es besonders für den häuslichen Gebrauch fabriziert wurde. Das Rohmaterial ist ein an Calciumcarbonat und Eisenoxid armer Ton, wie er besonders im Tonstiefengebirge des Westerwaldes gefunden wird. Man unterscheidet grobes, glasiertes Steinzeug, zu dem das gewöhnliche Gebrauchsgeschirr und alle die Geräte für chemische Zwecke zu rechnen sind, die man an Stelle des zu teuren Steingutes oder Porzellans oder des zerbrechlichen Glases verwenden kann (Pumpen, Säurebehälter, Rohrleitungen usw.) und grobes, unglasiertes Steinzeug, wozu die Klinkerwaren, wie künstliche Pflastersteine und Bürgersteigbeläge gehören. Die Fabrikation des sogenannten feinen Steinzeugs ist uralte und von Ostasien nach Europa gekommen und wird heute noch als Bunzlauer Feinsteinzeug hergestellt. Glasiert kommt es in Form von seinem Gebrauchsgeschirr und Ziergeräten, unglasiert in Form von Fußbodenbelägen in den Handel. — Die dritte Gruppe: Steingut wird seines weißen Scherbens wegen schon zur Feinkeramik im engeren Sinne gerechnet. Die Gruppen sind überhaupt nicht genau trennbar, sondern zeigen je nach der Güte des Rohmaterials und der Art der Verarbeitung fließende Übergänge von einer Gruppe zur anderen. Das Steinzeug hat seinen Ursprung in England, wo es bei dem Verhuch, das ostasiatische Porzellan nachzuahmen, erfunden wurde. Es teilt sich auf in das gewöhnliche Steingut, das als charakteristischen Rohstoff den Kalkstein hat (das übliche Geschirr mit weißem Scherben) und in das feine Steingut, das zu seiner Herstellung des Feldspats bedarf (seines Gebrauchsgeschirr, seine Spülwaren für Küche, Toilette und Operationsaal). — Brennt man die letztere Steingutart unter mehr oder minder



höherer Temperatur und fügt man entsprechende Flussmittel bei, so erhält man bereits ein unter dem Namen Halbporzellan bekanntes Übergangsprodukt zu den Porzellanen.

B. Das Porzellan. Unter allen Tonwaren nimmt das Porzellan die oberste Stufe ein. Es soll nach seiner Fertigstellung reinweiß, glänzend, vollkommen dicht und sehr hart sein und das Licht durchscheinen lassen. Je nach der Betonung einer dieser vier Eigenschaften variiert die Zusammensetzung des Rohmaterials. Man ist auch heute noch bei der Mischung und Verarbeitung stark auf Erfahrungssachen angewiesen, ohne sich über die chemischen Vorgänge, die beim Brennen in der Masse vor sich gehen, restlos Klarheit verschaffen zu können. Während man bis vor kurzem allgemein glaubte, annehmen zu dürfen, daß Porzellan lediglich ein Gemenge von geschmolzenem Feldspat, erhärteter Tonsubstanz und unverändertem Quarz sei, weil man im fertigen Porzellan sehr oft unveränderte Quarzkristalle nachweisen konnte, behauptet sich heute daneben auf Grund gewisser aufzeigbarer Kristallisationsprodukte (Mullitkristalle) die Ansicht, daß während des Brandes eine chemische Reaktion vor sich geht.

Das Porzellan teilt man in die zwei großen Gruppen. Frittenporzellan und Feldspatporzellan ein. Bei den Versuchen, das chinesische Porzellan nachzuahmen, entstand im Medicinporzellan des 16. Jahrhunderts das erste Frittenporzellan. Seine Herstellung war besonders dadurch schwierig, daß das Hauptflusmittel zuerst aus verschiedenen Bestandteilen zusammenschmolzen und dann wieder zerkleinert, d. h. „gefrittet“ werden mußte, ehe es mit dem Ton (engl. Frittenporzellan) oder mit dem Sand (franz. Frittenporzellan) zur fertigen Masse vereinigt werden konnte. Die Herstellung dieser Art von Porzellan gehört heute meist der Geschichte an; es sei erwähnt, daß es das Frittenporzellan war, welches im 17. Jahrhundert den Welt Ruhm der französischen Staatsmanufaktur Sevres begründete. — Das edelste aller Tonwaren ist das Feldspatporzellan oder echte Porzellan so genannt, weil es zu seiner Herstellung den Feldspat als Hauptflusmittel verwendet. Wie schon erwähnt, schwankt die Zusammensetzung des Gemisches je nach den Anforderungen und den Erfahrungen der Manufakturen in ziemlich weitem Umfange; als Mittel kann man wohl annehmen, daß sich echtes Porzellan aus 55% Tonsubstanz und je 22,5% Quarz und Feldspat zusammensetzt. Als Tonsubstanz wird meist Kaolin verwendet; je höher sein spezifischer Anteil an der Mischung ist, umso größer ist die Dehnbarkeit der Masse, die Härte und die Hitzebeständigkeit des Porzellanes. Je nach dem Ansteigen oder der Abnahme des Feldspatgehaltes fällt oder steigt die Temperatur des Brandes und dadurch die Härte des Porzellanes. Wenn man unterscheidet demgemäß Weichporzellan mit einer Brenntemperatur von 1200° bis 1320° bis Hartporzellan mit einer Brenntemperatur von 1400° bis 1500° und zählt zu den ersteren die ostasiatischen und einen Teil der Thüringer Porzellane, zu den letzteren die Porzellane, wie sie besonders von den staatlichen Manufakturen Meissen und Berlin und von der königlichen Porzellanmanufaktur Kopenhagen hergestellt werden.

Das Kaolin, das als bildsames Mittel den größten Anteil an der Porzellanmasse hat, entstand durch Verwitterung von Granit, Pegmatit und Porphyr und findet sich heute in Granit eingebettet bei Zettlitz (Zettlitzer Kaoline) oder auch im Porphyr bei Halle (Halleische Kaoline). Feldspat wird nur in kleinen Mengen in Deutschland (Fichtelgebirge) gewonnen, der größte Teil muß aus Norwegen und Schweden geliefert werden. Reinsten Quarz stellen die kristallinischen Gebirgsquarze wie die Feuersteine, dar, denen man jedoch wegen ihrer zu teuren Verarbeitung oftmals die zwar minder reinen, aber leichteren aufbereitbaren Quarzsande vorzieht. — Sämtliche Rohmaterialien müssen vor ihrer Verwendung gründlich gereinigt werden, denn nur bei größtmöglicher Reinheit der Masse ist es möglich, mit einiger Sicherheit mit der erwarteten Qualität des fertigen Porzellans rechnen zu können. Zu diesem Zwecke wird das Kaolin in Schlämmanlagen aufgeweicht und von seinen Verunreinigungen gelöst, die sich in einer Kläranlage als spezifisch schwerer absetzen, während die leichteren Kaolinteilchen oben schwimmen und sich mit Hilfe einer Filterpresse zu einem dünnen Brei vereinigen. Feldspat und Quarz werden mittels Steinbrechern, Kollergängen und Kugelmühlen, die man mit Quarz- oder Silbersteinen ausschlägt und denen man als Mahlmittel faustgroße Flintsteine beigibt, naß oder trocken innerhalb 20 bis 30 h zu feinem Staub zermahlen. Ist das Kaolin so fein, daß es ein 9200-Maschen Sieb (das sind 9200 Maschen auf einen qcm.) passieren kann und gehen Quarz- und Feldspatmehl durch ein 5400-Maschen Sieb, dann werden die drei Mahlgüter nach einem erprobten Mischsah in der Kugelmühle in 4–12 h innig miteinander vereinigt und in einer Filterpresse vom überschüssigen

Wasser befreit, um nun für mindestens vier Wochen, oft aber auch für viel länger, im Massekeller feucht gelagert zu werden. Hier vollzieht sich noch ein ungeklärter chemischer Reaktionsprozess, wahrscheinlich auf Grund der geringen Alkalimengen, die im Feldspat enthalten sind und die die empfindliche Tonsubstanz in ihren Eigenschaften verändert — die Masse „fault“ oder „mankt“ wie der Fachmann sagt — der aber jedenfalls auf die Güte des Porzellans einen vorteilhaften Einfluß ausübt.

Bevor der so vorbereitete Massekuchen nun endgültig Verwendung finden kann, wird er noch einmal, kurz vor der Verarbeitung, eine halbe Stunde lang in der Masse schlägmaschine oder auch nur durch Schlagen mit der Hand geknetet und so vollkommen homogen und luftblasenfrei gemacht. Die Formung des Gegenstandes erfolgt auf viererlei Art. Einfache Umdrehungskörper werden frei auf der Drehscheibe geformt (Freidrehverfahren), während man schwierigere Formen in Gipsmatrixen herstellt (Einformverfahren), wobei die äußere Gestalt durch Einformen in eine ausgedrehte Gipsform, die innere durch Ausdrehen mittels einer Schablone erreicht wird. Nach dem Einformverfahren in Gips-, Holz- oder Tonformen werden auch alle anderen unrunder Gegenstände hergestellt. Größere Stücke müssen dabei geteilt in einzelnen Gipsformen geformt und dann durch einen dicken Porzellanbrei zusammengeklebt werden. In neuerer Zeit hat sich das Ziehverfahren stark entwickelt, so daß selbst vielgliederte Gegenstände in einem Guß hergestellt werden können. Zur Massenfabrikation einfacher Porzellangegegenstände, wie Röhren, Rollen usw. wendet man das Zieh-, auch das Stanzverfahren an. Bei allen Verfahren hat man auf den starken Schwund der Masse zu achten, der schon beim Trockenprozess, dem der Körper nach dem Formen unterworfen wird, einsetzt. Aus diesem Grunde ist es auch nicht möglich einer Porzellanform zu ihrer Versteifung Stützen einzusetzen, da hierbei durch die verschiedenen Ausdehnungs- bzw. Zusammenziehungs-koeffizienten Risse und Sprünge eintreten würden. Nach einem sorgfältigen und langsamen, neuerdings in speziell dazu konstruierten Öfen sich vollziehenden Trockenprozess wird die Ware dem ersten Brand, dem Verglähbrand mit circa 950° ausgesetzt, der den Zweck hat, alles chemisch gebundene Wasser aus dem Kaolin herauszutreiben. Danach folgt das Glasieren durch Tauchen, Bemalen oder Besprühen mit bezw. in Glasursubstanz, einer sahnartigen Flüssigkeit, die aus Porzellanmasse und verschiedenen Flussmitteln wie Alkali-, Alkalierd- und Tonerdesilikaten, zusammengesetzt ist. Der verglähte Scherben saugt das in der Glasur enthaltene Wasser gierig in sich auf, so daß sich die eigentliche Glasur in einer circa 1 mm starken Schicht auf der Oberfläche aufsetzt. Das feinste Porzellan kommt ungefärbt in den Handel, danach muß auch die dazuverwendete Glasur farblos sein, man verlangt von ihr nach dem Brennen eine große Härte und Widerstandsfähigkeit sowie einen tadellosen Spiegellanz. Farbige Glasuren stellt man mit Hilfe von eingemischten Metalloxyden her; da die Brenntemperaturen beim Hartporzellan über der Schmelze der meisten Metalloxyde liegen, ist die Auswahl brauchbarer Farbmittel nur gering: Kobaltoxyd gibt ein schönes Blau, Chromoxyd färbt grün, Uranoxyd schwarz, Nickeloxyd kaffeebraun, andere Farbtöne sucht man durch Mischen verschiedener Metalloxyde zu erreichen. Eine dritte Glasurart ist die Haarriss- oder Craqueléglasur, die sich, im Gegensatz zu den beiden anderen aus einer Porzellanmasse zusammensetzt, die im Brande stärker als der Scherben schwindet und so die feinen Haarrisse auf der Oberfläche hervorruft.

Nach dem Glasieren werden die Stücke entweder einzeln oder zu mehreren zusammen in abschließende, 25 mm wandstarke Chamottekapfeln gepackt, um während des nun folgenden Gar- oder Glattbrandes (mit circa 1350°–1600°) durch die Feuer gas nicht verunreinigt zu werden. Wegen der großen Schwindung des Porzellans beim Glattbrand, die je nach der Wasserzusammensetzung 15–25% beträgt, muß man die einzelnen Porzellanstücke möglichst beweglich auf Scheiben oder Stützen setzen, die, aus dem gleichen Material hergestellt, eine proportional gleiche Schwindung aufweisen müssen. Da die Gegenstände zumeist überall glasiert sein sollen, wird die Unterstüßungsstelle, die wegen der sonst eintretenden Verschmelzung mit der Unterstüßung selbst unglasiert bleiben muß, so klein als möglich gehalten und nach dem Brand entweder poliert oder nachglasiert und einem nochmaligen Brand ausgesetzt. — Die heute üblichen Öfen sind Rund- oder Ovalöfen mit mehreren an der Peripherie angeordneten Brennstellern, deren Feuerungen heute ausschließlich mit Gas (früher mit Holz) beheizt werden und so funktionieren, daß zu gleicher Zeit die eine Kammer beschickt die andere angeheizt in der dritten gargebrannt die vierte abgekühlt die fünfte ausgefahren usw. wird. Die einzelnen Kammerfüßen sind beim Brande mit einer Mauer aus feuerfesten Steinen verschlossen,



in der man ein kleines Ouckloch („das Auge“) gelassen hat, durch das man den Fortschritt des Brandes beobachten kann. Neben den zu Säulen aufgebauten Chamottekapfeln, um die man die Feuer gas herumschleichen läßt, sind die nach ihrem Erfinder, Prof. Seger, genannten Segerkegel aufgestellt, die neben den automatisch registrierenden Pyrometern der Temperaturmessung dienen, indem die aus verschiedenen keramischen Stoffen gemischten pyramidenförmigen Probekegel je nach ihrer Zusammensetzung bei verschiedener Temperatur weich werden und umsinken. — Die Abgase aus den Garbrandöfen werden gewöhnlich für den Glühbrand verwendet, zu welchem Zwecke man die Ofenanlage zweifach ausführt und über dem Garbrand — den Glühbrandöfen anordnet. Dieses Brennverfahren benötigt sowohl für das Anheizen wie für das Abkühlen im Verhältnis zur eigentlichen Heizperiode (30 h) sehr viel Zeit, so daß in einem Ofen höchstens zweimal in der Woche gebrannt werden kann. Da daneben das Aufmauern und Abreißen der die Einsahtür verschließenden Vermauerung ebenfalls mit einem Zeit- und Kostenaufwand verbunden ist, hat man diesen Nachteilen durch die Konstruktion sogenannter Tunnelöfen zu begegnen gewußt, die, dauernd beheizt, in ihrer Mitte stets auf Garbrand- bzw. Glühbrandtemperatur stehen, während die beiden Enden auf einer geeigneten Anheiz- bzw. kontinuierlich abnehmenden Abkühltemperatur gehalten werden. Die Chamottekapfeln werden auf einem Wagen innerhalb 75 Stunden durch den 80 m langen Ofen geschickt, wobei man die Erhitzung des eigentlichen Fabrgestells durch eine sinnreiche Konstruktion vermieden hat. Die Abgase des hier verwendbaren, billigen Generatorgases werden in einem daneben liegenden Tunnelofen für den Glühbrand verwendet. Eine unserer größten Fabriken für technisches Porzellan hat sich in den letzten Jahren einen Doppeltunnelofen in Ringform erbaut, wobei einmal der mit der Rückbeförderung des leeren Wagens beim gewöhnlichen Tunnelofen verbundene Zeitverlust vermieden und dadurch, daß der Wagen des außenliegenden Glühofens in entgegengesetzter Richtung zum Wagen des innenliegenden Glühofens läuft, eine hohe wirtschaftliche Wärmeausnutzung erreicht wird. Vor einem Jahr wurde nun in einer schwedischen Porzellanfabrik der erste Brennofen mit elektrischer Heizung in Betrieb gesetzt, der sich bis heute tadellos bewährt haben soll. — Zur Zeit der Hochglut (1400°–1600°) und dem ersten Teil der Abkühlung befindet sich das Hartporzellan in einem zähflüssigen Zustand, so daß hier ein schnelles Abkühlen ohne jeden Schaden für das Material ist. Die Erstarrung und damit derjenige Zeitraum, in der das Porzellan gegen eine zu rasche oder sprunghafte Abkühlung empfindlich wird, tritt erst bei Rotglut ein. Von hier ab ist der richtigen Abkühlung die größte Aufmerksamkeit zu widmen.

Nach dem Abkühlen wird die Ware aus den Kapfeln herausgenommen und sortiert. Tadelloses Feingut muß einen klaren Durchschein, eine blasenfreie Glasur und einen hellen Klang haben. Als Mittelgut acht solches, das kleine Schönheitsfehler hat, die man durch Malerei oder Plastik noch verdecken kann. Das übrige ist Ausschuß und wandert als Beimischung wieder zurück zur Masseaufarbeitung. Nachträgliches Verzieren der Porzellangegegenstände geschieht durch Bemalen, Vergolden oder durch Plastik, letzteres mittels Emailfarben, die fühlbar erhöht aufgetragen werden. Die Malerei wird im Muffelofen, einem Ofen mit indirekter Feuerung, bei circa 900° dem Gegenstand eingebrannt. Nach diesem Ofen wird diese Malerei über der Glasur als Malerei mit Muffelfarben bezeichnet, im Gegensatz zur Unterglasurmalerei, die auf dem verglühten Scherben vor der Glasur aufgetragen und im Garbrande mit dieser zusammen in den Scherben eingebrannt wird, und darum auch die Bezeichnung Scharf-feuermalerei hat. Ihre Handhabung ist bedeutend schwieriger als die der Muffelfarbenmalerei, man erzielt jedoch durch das Zusammenschmelzen von Glasur und Farbe, deren beliebteste hierfür das Kobaltblau ist, eine wunderschöne vollsaftige Wirkung.

### 3. Das technische Porzellan.

Es zerfällt in die beiden großen Gruppen der Porzellane für die chemische Industrie, sowie in die zwar an Umfang geringer, in der Herstellung jedoch nicht minder interessante Gruppe der Porzellane für die Dentistik (künstliche Zähne), wie sie besonders in Freiburg i. Br. und in Hohenberg hergestellt werden. Die Porzellane für Puppenköpfe, zu deren Herstellung sich die Thüringer Porzellanfabriken spezielle Fabrikationsabteilungen geschaffen haben, bekommen im allgemeinen eine Mittelstellung zwischen dem Geschirrporzellan und dem technischen Porzellan. An Umfang wie auch ihrer Bedeutung nach steht unter dem technischen Porzellan die Herstellung des Porzellans für die Elektrotechnik und hier wieder das für die Isolierungen bei hochgespannten Leitungen an erster Stelle. Man

kann sagen, daß die Frage einer Spannungserhöhung — wenigstens vor ein paar Jahren noch — lediglich eine Frage der Herstellungsmöglichkeit von durchschlagssicheren Isolatoren war.

Seine große Vorzugsstellung unter allen Isolierstoffen der Elektrotechnik gewinnt das Porzellan dadurch, daß es der einzige Isolierstoff ist, der im Freien wie im geschlossenen Raum gleich gut verwendet werden kann. Die Herstellung der Porzellanisoliertkörper ist im großen und ganzen dieselbe wie beim übrigen Porzellan. Da es bei den technischen Porzellanen weniger auf Lichtdurchlässigkeit als auf Ertragen jäher Temperaturwechsel, auf Isolierfähigkeit, große Wetterbeständigkeit und Oberflächenwiderstand ankommt, verwendet man zur Masse neben Kaolin den sich in der Umgebung von Kaolinlagern findenden billigeren „Porzellanton“, der ein zwar weniger lichtdurchlässiges, dafür aber ein sehr dichtes Porzellan gibt. — Mittels des Pressverfahrens werden die verschiedenen Isolierkörper der Schwachstromtechnik wie Telefon-Telegraphenisolatoren, Schalter, Sicherungen, Steckdosen, wasserdichte Armaturen, Fasungen, Abzweigdosen, Rollen, Klemmen usw., sowie die Isolatoren für die drahtlose Telefonie und Telegraphie hergestellt. Dieses Verfahren rentiert sich nur bei Massenherstellung, da sich die dabei verwendeten, meist zwei- oder mehrteiligen Stahlmatrizen mit ihren Auswurf- und Führvorrichtungen auch die Schwierigkeit ihrer Herstellung sehr teuer stellen. Die für das Pressverfahren brauchbare Porzellanmasse muß zuerst an der Luft getrocknet und zu Pulver zerstoßen, zwecks guter Ablösung von der Form mit Öl und Wasser gemischt, um schließlich unter starkem Druck in die Matrize gepreßt zu werden. Man kennt Hand- und automatische Pressen, wobei der Ausschub in beiden Fällen selbsttätig vor sich geht, während die Massezufuhr bei der Handpresse von Hand, beim Automaten automatisch geleistet wird. Nach dem Pressen werden die Oratbildungen entfernt, die Körper in lederhartem Zustand glasiert und in einem Brande, im Gegensatz zum zweimaligen Brennen beim übrigen Porzellan, hart und dicht gebrannt. Wegen ihrer geringen Durchschlagfestigkeit sind gepreßte Isolierkörper für Hochspannungszwecke nicht geeignet, dagegen besitzen auch sie einen sehr guten Oberflächenwiderstand, der ja bei Schwachstromisolatoren fast allein ausschlaggebend ist.

Besondere Bedeutung hat die Herstellung der Isolatoren für Starkstrom. Die Betriebssicherheit der Hochspannungsleitungen, von denen heute in Deutschland über 100 000 km, darunter 4000 km mit über 100 KV verlegt sind, hängt davon ab, ob die Isolierung gegenüber der Erde eine einwandfreie ist und ob die Befestigung der Leitung allen auftretenden Kräften wie Zug, Biegung, Sturm- und Eisdruck gewachsen ist. Darum werden von den Hochspannungsisolatoren neben einer gefälligen, anpassungsfähigen Form vor allem hohe Wetterbeständigkeit, hohe Durchschlagfestigkeit, starker Oberflächenwiderstand und große mechanische Festigkeit verlangt. Der heute für Hochspannungen bis zu 60 KV übliche Isolator ist der Stäbenisolator, der sich langsam aus der alten Doppelstocke der Schwachstromisolatoren für Telegraphenleitungen über den Starkstrom-Niederspannungsisolator zum — 1897 — zum ersten Mal herausgebrachten Deltaisolator für hochgespannte Ströme entwickelt hat. Es kam darauf an, das Überspringen des Stromes von Leitung nach Mast zu verhindern, d. h. technisch ausgedrückt, den Überschlagsweg für eine bestimmte Spannung möglichst groß zu machen und da die Überschlagungsgefahr bei nassen Isolatoren, d. h. praktisch bei Regen, wegen der Leitfähigkeit der feuchten Luft eine bedeutend größere als bei trockener Luft ist, setzte man den Isolator aus zwei bis drei übereinander gestülpten Glocken zusammen, von denen die obere immer die untere vor Feuchtigkeit schützte. Neben dem Deltaisolator der 1920 vom V. D. E. (Verband deutscher Elektrotechniker) genormt wurde, hat sich in den letzten Jahren der Weitschirmisolator entwickelt, der in seiner gedrungeneren Gestalt eine dem Feldbild des Stromes angepaßte Form zeigt und wegen dem daraus resultierenden größeren elektrischen Widerstand für Spannungen bis zu 80 KV verwendet werden kann. Für höhere Spannungen muß man die 1906 erfundene Säulen- oder Kettenisolatoren verwenden, die zu einer, je nach der Höhe der Betriebsspannung längeren oder kürzeren Kette montiert werden. Die neueste Form ist der Kugelhopsisolator dessen fellerförmige Scheibe in der Mitte zu einer Hohlkugel ausgebildet ist, in der eine mit dem Tragköpfe verbundene Porzellankugel läuft, die jede Zugbeanspruchung ohne jede Keilwirkung aufnimmt. Infolge ihrer ästhetischen Formgebung zeichnen sie sich durch eine hohe mechanische Festigkeit — garantierte Bruchfestigkeit bis zu 18000 kg — sowie durch eine große Durchschlagfestigkeit aus und kommen daher für die 3. St. stärksten Betriebspannungen — bis zu 220 KV pro Isolator — in Frage.

Isolatoren für Innenräume bedingen eine weniger komplizierte Gestalt, da hier nur mit dem Trockenüberschlag ge-