universität innsbruck
Universitäts- und Landesbibliothek Tirol

Universitäts- und Landesbibliothek Tirol

Lehrbuch der chemischen Technologie, zum Unterricht und Selbststudium

in drei Bänden

Knapp, Friedrich Ludwig

1871

Die Thonwaren

urn:nbn:at:at-ubi:2-6291

523 2. 181.

Die Thonwaaren.

Der Thon.

Die Verwitterung.

Die Wechselwirkung, die von allem Anfang an auf der Oberfläche der Erde zwischen der festen Kruste und der Atmosphäre Platz gegriffen, stellt sich als Angriff und allmähliche Zerstörung der Gesteinsmassen dar; sie dauert bis auf den heutigen Tag ununterbrochen fort, wenn auch, wie man Grund zu vermuthen hat, mit verminderter Stärke. Diese allmähliche Zerstörung, von den Zuständen der Atmosphäre und deren Wechsel ausgehend, ist es, die man im Deutschen sehr treffend als „Verwitterung“ bezeichnet. Die unmittelbaren Ursachen der Verwitterung sind theils mechanischer, theils chemischer Natur. Zu den mechanischen Ursachen gehören: zunächst Temperaturwechsel, also Bestrahlung durch die Sonne mit verschiedener Wirkung auf helles und dunkles, auf glattes und auf rauhes Gestein, Abkühlung während der Nacht, sowie der Frost; ferner die mechanische Kraft des Wassers durch Fall, als Regen bei meteorischen Niederschlägen und als Strömung bei fliessendem Wasser; endlich, aber in sehr eingeschränktem Masse, auch wohl elektrische Wirkungen. Zu den chemischen Ursachen der Verwitterung sind zu zählen: die Verwandtschaft des Sauerstoffs, der Kohlensäure und des Wassers als solches; in selteneren Fällen auch des Schwefelwasserstoffs und der schwefligen Säure. Letzte Ursachen der Verwitterung.

Beiderlei Ursachen der Verwitterung sind einzeln genommen von nicht sehr eingreifender Wirkung, die mechanischen in noch minderem Grade, als die chemischen. Immerhin bewirken wiederholte Temperaturabwechslungen auf die Dauer eine Desaggregation und Auflockerung der Gesteine, insbesondere wenn die Gesteine aus mineralogischen Gemengtheilen von verschiedener Krystallform und von ungleicher Ausdehnung durch die Wärme bestehen. Ganz vorzugsweise wird aber der Frost in dieser Richtung thätig sein. Wenn man bedenkt, dass alle Gesteine ohne Ausnahme mehr oder weniger durchdringlich sind und in zahllosen Mechanische,

L.

Schichtungsfugen, Klüften und Spalten nicht nur, sondern auch in einem Netze von feinen mikroskopischen Haarrissen Wasser einsaugen, welches sich durch Gefrieren ausdehnt, so begreift man, dass der Frost in der Hand der Natur ein mächtiges Zerkleinerungsmittel abgiebt. Seine Wirkung reicht indessen nur auf geringe Tiefe und ist in heissen und regenlosen Klimaten ganz ausgeschlossen. Was die mechanische Kraft des fallenden oder rinnenden Wassers anbelangt, so kommt diese als einleitende Ursache kaum, aber desto mehr in Betracht, wenn die Gesteine aus anderweitigem Anlass schon bis zu einem gewissen Grade gelockert sind. — Belangreicher sind die chemischen Ursachen der Verwitterung. Der Sauerstoff der Atmosphäre, namentlich als Ozon, macht sich durch Oxydation von Schwefelmetallen, Kiesen u. dergl., durch Oxydation von Eisenoxydulverbindungen, durch Oxydation von organischer Substanz in den Gesteinen geltend, aber doch nur in dem beschränkten Masse des Vorkommens dieser Verbindungen in den die Erdrinde bildenden Gesteinsmassen. Ausgedehnter ist die Wirkung des Wassers durch seine ausgesprochene Neigung, mit einer Menge von Körpern Hydrate zu bilden, die Umwandlung des Anhydrits in Gyps, der Kupferlasur in Malachit sind bekannte Beispiele. Ungleich häufiger macht sich diese Neigung geltend bei den Producten der Verwitterung durch sonstige Ursachen; so wird aus Eisenoxydul entstandenes Oxyd zu Oxydhydrat, so werden durch Verwitterung entstandene Silicate zu Zeolithen und anderen gewässerten Silicaten. Neben der bindenden Kraft kommt nicht minder chemisch zersetzende und die lösende Kraft des Wassers in Betracht. So werden sonst sehr beständige Verbindungen, z. B. Feldspathe u. dergl., analog dem Glas, in zerkleinertem Zustande vom Wasser merklich angegriffen, Bestandtheile derselben gehen an das Wasser über, werden in Lösung abgeführt u. s. w. Die chemische Wirkung des Sauerstoffs und der Kohlensäure findet in der Fähigkeit des Wassers, diese Agentien der Atmosphäre zu lösen, eine mächtige Unterstützung. Das kräftigste Mittel der Verwitterung ist ohne Zweifel die Kohlensäure, namentlich ihre Lösung in Wasser. Alles meteorische und sonstige Wasser enthält Kohlensäure; es wirkt demgemäss auf die Gesteine wie eine schwache, sehr verdünnte Säure, aber doch wie eine Säure, durch langsame aber nachhaltige chemische Aufschliessung, welcher selbst sonst beständige Silicate, also Verbindungen der Kieselerde mit Alkalien, Erden und Metalloxyden, indem sie in lösliche und unlösliche Verbindungen zerfallen, nicht widerstehen. Solches Wasser löst kohlensaure Erden, Eisen- und Manganoxydul, als doppeltkohlensaure Salze vollkommen auf; auch viele andere Salze, phosphorsaure u. s. w., sind in kohlensäurehaltigem Wasser löslicher als in reinem. Schweflige Säure und Schwefelwasserstoff sind nicht weniger eingreifender Zersetzung fähig, aber auf wenige Punkte der vulcanischen Thätigkeit beschränkt. — Dazu kommt, dass manche in reinem Wasser unlösliche Verbindungen der Erdenund Schwermetalle, anfangen in Wasser löslich zu werden, wenn dies Salze der Alkalien, des Ammoniaks

Chemische Ursachen.

enthält (so der phosphorsaure Kalk). Ueberhaupt ist der Begriff von Löslichkeit nur relativ und besteht wahrscheinlich kein absolut unlöslicher Körper in der Natur.

Zusammenwirken der verschiedenen Ursachen.

Die aufgezählten Kräfte einzeln genommen, wie gesagt von beschränkter Wirkung, würden schwerlich als solche die ungeheure Arbeit der Verwitterung zu leisten im Stande sein, wie sie thatsächlich in der Natur vorliegt. Erst durch das Zusammenwirken und gegenseitige Ineinandergreifen werden sie zu der zerstörenden Macht der ausgedehntesten und tiefgreifendsten Umgestaltung der Erdoberfläche. In dem Masse als Temperaturwechsel und Frost die Gesteine lockern, gewinnt Sauerstoff und Kohlensäure mehr Zutritt und Breite des Angriffs; in dem Masse als diese aufschliessend vorgehen, brechen sie der Auflockerung neue Bahnen. So ergänzen sich die Kräfte der Verwitterung gegenseitig und finden noch zudem mächtige Unterstützung durch andere grosse Naturprocesse, wie das Zerreiben und Zermahlen der Gesteine durch die Brandung des Meeres, die Strömung der Flüsse, die Gletscher u. a. m.

Endergebniss.

Das Endergebniss der Verwitterung ist also stets eine Zerstörung der Gesteine in dem Sinne, dass ein Theil des Bestandes vom Wasser ausgezogen und gelöst wird, während der Rest als ein nicht weiter angreifbarer Rückstand, in dem Zustand mehr oder weniger weitgediehener Zertheilung, jenen ausgedehnten Schuttmassen den Ursprung giebt, die als Material der geschichteten Formation vorliegen. Durch das Wasser von ihrer ursprünglichen Lagerstätte fortgeführt, wie dies meist der Fall, unterliegt der Verwitterungsschutt einem Abschlämmungsprocess; es erfolgt eine mechanische Scheidung und örtliche Trennung des Groben vom Feinen, der leicht aufschlämmbaren Theile von schweren oder nicht aufschlämmbaren.

Selbstverständlich setzen verschiedene Gesteine, aber auch verschiedene Gemengtheile desselben Gesteins, endlich gleiche mineralogische Gemengtheile nach dem Grade der bereits erfahrenen mechanischen Zerkleinerung, der Verwitterung einen oft sehr ungleichen Widerstand entgegen. Es wird daher in der Regel die Verschlämmung schon Platz greifen, wenn die Gesteine durch Aufschliessung der leichter verwitterbaren Gemengtheile hinreichend, d. h. in bewegliche Trümmer aufgelockert sind. Das Wasser wird nicht bloss Producte der abgeschlossenen Verwitterung, sondern auch unverwitterte Theile fortführen, die sich dann unter einander absetzen.

Rückbildung fester Gesteine.

Die Absatzgebilde bleiben zum Theil unverändert als lose Schuttmassen, zum Theil erfahren sie durch nachträgliche Verkittung ihrer Theilchen — sei es aus inneren Ursachen, sei es durch Infiltration von Bindemittel — eine Rückbildung zu festem Gestein. Hierher gehört die Bildung von Breccie, Sandsteinen, Kalksteinen, Schiefern aller Art u. a. m. Solche secundäre Gesteine kommen häufig durch Lagenänderung aufs neue ins Bereich der zersetzenden Kräfte der Atmosphäre

und unterliegen dann einer secundären Verwitterung von gleichem Verlauf wie die ursprüngliche.

Selbstverständlich hängt die Natur und Beschaffenheit der Verwitterungsproducte in erster Linie von der Natur — namentlich dem chemischen Bestande — der Gesteine ab, aus denen sie hervorgegangen. So entsteht der Thon, eines der wichtigsten Gebilde, um welches es sich hier ausschliesslich handelt, nur durch Verwitterung einer ganz bestimmten Gattung von Gesteinen, deren Verlauf im Folgenden ausführlicher nachzuweisen ist.

Entstehung des Thons.

Material der Thonbildung.

Unter den Gesteinen der festen Erdkruste überwiegen diejenigen bei weitem, die aus verschiedenen Mineralien zusammengesetzt sind; unter diesen mineralogischen Bestandtheilen der Felsen überwiegen wieder einerseits die freie Kieselerde als Quarz, andererseits die Silicate oder Verbindungen der Kieselerde mit Basen bei weitem und zwar in dem Grade, dass die Kieselerde nicht unter $^3/_4$ von der Masse der festen Erdkruste ausmacht. Unter den Silicaten treten wieder die thonerdehaltigen Silicate durch massenhaftes Vorkommen und ungemeine Verbreitung in den Vordergrund, so die allbekannten Mineralformen der Feldspatharten, Hornblende, Augit, Glimmer und viele andere. Eben diese thonerdehaltigen Silicate sind die Mutter des „Thons“, dieses technisch so werthvollen Verwitterungsproduktes. In der That ist Alles, was unter der weitgreifenden Bezeichnung Thon zusammengefasst zu werden pflegt seinem Ursprung nach stets Produkt der Verwitterung von Thonerdesilicaten, wie mannichfaltige Abweichungen sich sonst in dem Vorgang auch darstellen mögen.

Bildung des Thons; ursprünglicher Process.

Die in Rede stehenden Silicate enthalten mit kaum nennenswerthen Ausnahmen mehrere Basen zugleich, nämlich neben der Thonerde noch Kalk, Bittererde, Alkalien, auch Oxyde des Eisens und Mangans, bald einzelne, bald mehrere, bald alle zugleich. Diese Silicate gehören zu den durch die Atmosphärilien mehr oder weniger leicht angreifbaren Verbindungen. Der Gang dieses Angriffs — also ihrer Verwitterung, und somit der Entstehung der Thone — ist in erster Linie durch das abweichende Verhalten der Thonerde gegenüber den übrigen Basen bedingt. Diese letzteren sind den aufschliessenden Agentien der Verwitterung zugänglich, theils durch ihre Fähigkeit, lösliche Verbindungen (in Wasser, Kohlensäure) einzugehen, wie die Erden und Alkalien, theils durch ihre Neigung, sich höher zu oxydiren (Eisen-, Manganoxydul); die Thonerde im Gegentheil ist diesen Agentien unzugänglich, denn sie ist überhaupt keiner chemischen Wandlung als der Aufnahme von Hydratwasser fähig, sie ist weder an sich noch in ihren bei der Verwitterung entstehenden Verbindungen löslich. In natürlicher Folge davon besteht die Verwitterung thonerdehaltiger Silicate in einer allmählich fortschreitenden Ent-

ziehung der neben der Thonerde vorhandenen Basen. Eisen und Mangan werden als Oxydhydrat, die alkalischen Erden als kohlensaure, die Alkalien als lösliche kieselsaure Salze ausgeschieden, beide von dem Wasser unter Vermittelung seines Kohlensäuregehaltes fortgeführt und zuletzt ihrerseits weiterhin wieder niedergeschlagen und zersetzt. So geht in der Bildung löslicher Verwitterungsprodukte mit der Entziehung der betreffenden Basen, eine Entziehung der Kieselerde Hand in Hand; diese findet ihre Grenze bei dem Punkt, wo die noch rückständige Kieselerde mit der Thonerde eine hinreichend feste Verbindung bildet, um den chemischen Kräften der Verwitterung das Gleichgewicht zu halten; diese kieselsaure Thonerde, unter den obwaltenden Umständen stets einen gewissen Betrag von Hydratwasser aufnehmend, bildet einen nicht weiter angreifbaren Verwitterungsrest, die Grundlage des Thons. Am leichtesten ist dieser Vorgang am Feldspath zu übersehen, insofern diese Gattung von Silicaten zugleich den einfachsten und zugleich den am besten untersuchten Fall vorstellt. Einfachste Form der Thonbildung.

So zerfällt beispielsweise der

	Kieselerde	Thonerde	Kali	Wasser
Feldspath von Morl *) . .	= 62,76 Proc.	+ 19,20	+ 14,90	—
in einen Verwitterungsrest	= 18,48 „	+ 19,20	+	6,44
und unter Auflösung von .	= 44,28 Proc.	+	+ 14,90	—

in ein lösliches Kalisilicat, welches von Wasser weggeführt wird.

Ebenso hinterlässt der Feldspath

	Kieselerde	Thonerde	Kali	Wasser
von Sargadelos **) . . .	= 62,00 Proc.	+ 19,48	+ 15,72	—
den Verwitterungsrest . .	= 19,16 „	+ 19,48	+	6,69
unter Entziehung von . .	= 42,84 Proc.	+	15,72	Kalisilicat.

Das Wasser aus dem Bereich verwitternder alkalihaltiger Gesteine ist weich, nicht hart, wie aus kalkhaltigem Gestein.

Nicht selten lässt sich das lösliche Kalisilicat (oder Natronsilicat bei Natronfeldspathen) unmittelbar in dem bei der Verwitterung betheiligten

*) Bei Halle; ein kleiner Betrag von Kalk und Bittererde, zusammen 0,64 Proc., sind der Uebersichtlichkeit wegen ausser Betracht gelassen.

**) In Galizien; ebenfalls mit etwas Kalk und Bittererde (zusammen 0,45 Proc.). Bei beiden Feldspathen ist der Verwitterungsrest in Ansatz gebracht, nach Abrechnung der nicht zur Constitution gehörigen nur zufälligen Beimengungen, mit Zugrundlegung der rationellen Analyse von Brogniart und Malaguti.

Wasser nachweisen; in Quellen aus verwittertem Feldspath hervorgegangen, mitunter bis zu 2 Proc. Die nachträgliche Bildung von gewässerten Silicaten, wie man sie häufig beobachtet, hängt damit zusammen.

Secundäre Erscheinungen.

In der Natur verläuft übrigens der Verwitterungsprocess niemals so einfach wie in der vorstehenden Darstellung. Eine Reihe von Vorgängen zweiter Hand ist vielmehr schon gleichzeitig mit, während und nach der ursprünglichen Aufschliessung thätig, die Verwitterungsprodukte, sei es durch weiter gehende Zersetzung, sei es durch mechanische Scheidung, sei es in Folge von beiden zugleich, durch Entziehung vorhandener oder Zufuhr von neuen Stoffen abzuändern und umzugestalten, und durch diese Aenderungen den ursprünglichen Verwitterungsprocess oft bis zur Unkenntlichkeit zu trüben und zu verwischen. Vor Allem aber und von vorn herein sind die Bestandtheile der Erdkruste, welche durch ihre Verwitterung dem Thon den Ursprung geben, in erster Linie die mineralogischen Gebilde an sich, so gut wie nie von der in dem Schema angenommenen Einfachheit, fast alle enthalten beide Alkalien zugleich, dazu meist Kalk, Bittererde, Eisen u. s. w.; wie vielmehr die aus den verschiedensten Mineralien zusammengesetzten Felsarten. Soweit diese neben den Alkalien auch Kalk, Bittererde, Eisen, Mangan enthalten, werden sich dem Verwitterungsreste auch Verbindungen dieser Basen zugesellen; einige dieser Verbindungen, wie die kohlensauren Erden, können durch kohlensaures Wasser ihm später wieder entzogen werden. Schwefel- und Phosphorsäure, die in dem Bestand der Felsarten selten fehlen, geben schwer- oder unlösliche Salze mit jenen Basen, die unter Umständen in den Verwitterungsresten verbleiben. Ferner greifen secundäre Zersetzungen der Verwitterungsprodukte Platz, theils mit den Bestandtheilen der Luft und des Wassers, theils der Verwitterungsprodukte unter sich, beides unter Bildung von Niederschlägen; so scheiden die kieselsauren Alkalien Kieselerde ab und verwandeln sich in kohlensaure Alkalien, diese und gelöste kohlensaure Erden fällen vom Wasser zugeführte schwefelsaure Salze. Endlich bleiben (aus dem S. 255 angeführten Grunde) den Verwitterungsresten fast immer unverwitterte Mineraltrümmer beigemengt; so finden sich bei der Verwitterung des Granites in den Verwitterungsresten des Feldspathes unverwitterte festere Körner dieses Minerals neben zahlreichen Glimmerblättchen und dem Quarz in Körnern. Die bis dahin aufgezählten Einflüsse, die schon für sich zahllose Abweichungen und Abarten der thonigen Verwitterungsreste bedingen, umfassen indessen lediglich diejenigen Momente, welche an Ort und Stelle an der Lagerstätte der Gesteine selbst zur Wirkung gelangen. Verwitterungsprodukte auf der ursprünglichen Lagerstätte, auf der sie entstanden sind, kommen nicht gerade selten vor, aber sie sind keineswegs der häufigste Fall.

Meist tritt nämlich noch ein anderes Moment mächtig und eingreifend umgestaltend hinzu, die schon zahllosen Abarten der thonigen Verwitterungsreste ins unabsehbare vermehrt und zugleich den Zwecken

der technischen Anwendung näher bringt; dies ist die Abschlämmung durch das fliessende Wasser.

Schlämmende Wirkung des Wassers.

So wie die Verwitterung eine grossartige Zerkleinerungswerkstätte, so ist die Strömung der spühlenden Meteorwasser von dem hochliegenden Gebiet ins Tiefland eine grossartige Aufbereitungswerkstätte. Indem die Verwitterungstrümmer durch das Wasser von ihrer ursprünglichen Lagerstätte entführt werden, unterliegen sie einer Abschlämmung; mit abnehmendem Gefälle des Wassers bleiben die Felsstücke schon in den höheren Gebirgsthälern zurück, weiter in die Ebene gehen Geschiebe, noch weiter der Grand und Sand, am aller weitesten aber die feinsten Theile, die sich erst in den Binnenbecken und dem Meer ablagern, Delta bilden etc. Bei dieser, wie jeder Schlämmung überhaupt, hängt der Erfolg von der Stosskraft oder dem Gefälle des Wassers, von Grösse, Korn und specifischem Gewicht der Trümmer, aber auch sehr von der Form derselben, insbesondere von dem Verhältniss zwischen Oberfläche und Inhalt der kleinsten Theilchen ab, ob sie körnig, krystallinisch, blätterig, amorph, flockig u. s. w. sind. Bei den Thonen ist das specifische Gewicht zwischen 2,2 bis 2,5 (bei den am häufigsten vorkommenden Silicaten der Gesteine zwischen 2,5 und 3,1), sie sind durchweg flockig und amorph *). Daher finden sich die genannten Bedingungen der Aufschlämmbarkeit im höchsten Grade ausgeprägt bei den thonerdehaltigen Verwitterungsresten, von denen sich die feinsten als Trübung des Flusswassers auch in der Ruhe oft erst nach Monaten absetzen. — Bei der Verschlämmung ist das Wasser keineswegs als blosses Transportmittel thätig: Geschiebe, Grand, Sand bewegen sich ihrer Schwere wegen vorzugsweise am Boden der Flussgerinne und schleifen sich dort unaufhörlich, mit grosser Reibung über einander fortgeschoben, an einander ab. Daher die allgemein abgerundete Gestalt der Geschiebe, des weissen Sandes. Die Abschleifung ist eine weitere Zerkleinerung, und mit zunehmender Zerkleinerung gewinnen die chemischen Kräfte des Wassers und der sie unterstützenden Atmosphäre neuen Angriff zur Aufschliessung. Während des Transportes setzt das Wasser mit anderen Worten das Werk der Verwitterung unaufhaltsam fort. Noch mehr. Durch Zusammenströmen der Wasser verschiedener Gerinne vermischen sich die Verwitterungsproducte verschiedenen Ursprungs und gleicher Aufschlämmbarkeit; die thonerdehaltigen der einen Art mit solchen anderer Art, mit Niederschlägen aus dem Wasser, kohlensaure Erde mit Eisenoxydhydrat, schwefelsaurem Kalk, organischer Substanz u. s. f.; umgekehrt werden diesen Verwitterungsprodukten auch Bestandtheile entzogen (die schwebenden Schlammtheile des Rheinwassers z. B. verlieren auf dem Wege stromabwärts ihren Kalkgehalt (Boussingault); je mehr ein Thon der natürlichen Schlämmung unterlegen, um so mehr verliert er im Allgemeinen an Alkali). Die Wechsel

Chemische Nachwirkung des Wassers.

*) Nur ganz ausnahmsweise sind Kaoline im krystallinischen Zustande beobachtet.

der Strömung, der Hochwasser mit dem Tiefstande, bedingen Wechsel der Stosskraft, mithin auch Wechsel in der Beschaffenheit der fortgeschwemmten Theile; an derselben Stelle setzen sich zeitweise feinere, zeitweise gröbere Theile ab, oder mischen sich mehr oder weniger.

Mit der endlichen Ablagerung des fortgeschwemmten Materials ist dieses dem dauernden Einfluss des Wassers, selbst der Atmosphäre (mittel- oder unmittelbar) noch nicht entzogen. Auch in dem Schoosse der abgelagerten Massen schreitet die Verwitterung nach Massgabe der Umstände noch fort. Umgekehrt kann sich die allen erdigen Schuttmassen, namentlich den Thonen, innewohnende Kraft geltend machen, Salze aus dem Wasser zu absorbiren, die es ihnen erst jetzt zuführt. Oder es ergeben sich die Bedingungen zu Vorgängen von einer entgegengesetzten Richtung, zur Versteinerung der Masse, mit oder ohne Verkittung der Theile durch Infiltration; so entstanden und entstehen die geschichteten Gesteine, Sandsteine, die Schiefer, Kalksteine, fester Mergel u. s. w. Zur Vervollständigung des vorgezeichneten Bildes der Zerstörung und Neubildung hat man sich zu vergegenwärtigen, dass aller Wahrscheinlichkeit nach die Verwitterungsprocesse in den früheren Epochen mit viel eindringlicherer und mächtigerer Wirksamkeit sich bethätigten als heut' zu Tage, insofern die Temperatur der Erdoberfläche und der Kohlensäuregehalt der Atmosphäre viel höher, die Niederschläge aus der letztern massenhafter waren; auch scheint die Wiedervereinigung der abgesetzten Verwitterungstrümmer zu festem Gestein unter den damals waltenden Bedingungen mehr begünstigt gewesen zu sein, wie ihr denn auch ungleich längere Zeiträume zu Gebote standen. Dass auch auf diesem Wege gebildete Gesteine theilweise wieder in späteren Epochen durch Hebung und Senkung ins Bereich der Verwitterung gerückt, ihr unterlagen und neue Absätze aus zweiter Hand bildeten, ist schon erörtert worden. An einzelnen Oertlichkeiten ist noch die vulkanische Thätigkeit, soweit sie von zerstörender und aufschliessender Wirkung, hinzugetreten.

Wo die Thonerde der verschiedenen Silicate, in Verbindung mit Kieselerde und Hydratwasser, als nicht weiter angreifbarer Rest, unverrückt auf der ursprünglichen Lagerstätte verbleibt, findet sie sich selbstverständlich alsdann mit allen übrigen festen Verwitterungsprodukten, die den Gesteinen nicht durch Wasser entzogen werden, als ein Gemenge ohne bestimmten Charakter. Wo aber die Umstände ermöglichten, dass diesen Resten sich nicht zu viele und nicht zu heterogene und störende Gesteinsrückstände beimischen, wo diese Reste also vorwiegen und in gewissem Sinne reiner vorkommen, werden sie ohne Weiteres als Thon angesprochen, als Thon auf ursprünglicher Lagerstätte. Neben diesen Thon auf ursprünglicher Lagerstätte stellen sich nun die Thone auf secundärer Lagerstätte, die Produkte der Verschlämmung. Die thonerdehaltigen Verwitterungsreste behalten auch auf dem Transport durch fliessendes Wasser ihre Unangreifbarkeit, aber in Folge ihrer grossen Aufschwemmbarkeit werden sie durch die natürliche Aufbereitung mehr oder weniger

Thone auf ursprünglicher, und auf secundärer Lagerstätte.

von den gröberen und heterogenen Beimengungen geschieden und gelangen in angereicherter Form, mit und ohne Zumischung von neuem Material, als feinere erdige oft höchst zarte Niederschläge zur Ablagerung, bei dem unendlichen Wechsel der Bedingung auch von unendlich wechselnder Beschaffenheit.

Alle diese so entstandenen unabsehbaren Gattungen, Arten und Abarten von Thonen, von denen eine beträchtliche Zahl den Rohstoff der Thonwaaren — vom Porzellan bis zu den gemeinen Ziegeln — bildet, sind ohne Ausnahme mechanische Gemenge von chemischen Verbindungen, unter diesen ist das gewässerte Thonerdesilicat die vorwiegende und bestimmende. In den weitesten Grenzen nach ihrer speciellen Beschaffenheit abweichend, sind sie nichts destoweniger wiederum durch eine gewisse Einheit des Charakters zusammengefasst. Bei der langen Kette von Veränderungen und Umgestaltungen, welche sich vom Beginn der Verwitterung bis zur endgültigen Bildung der Thone erstreckt, ist man nicht oft geneigt und noch weniger oft im Stande gewesen, die einzelnen Arten auf ihren Ursprung zurückzuführen; nur in einfacheren und weniger verwickelten Fällen ist dies unternommen und geglückt und schwebt noch mancherlei Dunkel über der Bildungsgeschichte dieser wichtigen Vorkommnisse, nicht minder über Eigenschaft und Verhalten.

Schon weiter oben sind Beispiele von Thonbildung auf natürlicher Lagerstätte als Verwitterung des Feldspathes mitgetheilt und zwar nur in Bezug auf den thonerdehaltigen Rest; das wirkliche Verwitterungsprodukt des Feldspathes umfasst noch lösliche freie Kieselerde, Kalk, Magnesia und etwas Eisenoxyd nebst etwas Alkali. Nur sehr kalkarme und kein oder wenig Eisen haltende Feldspathe, oder dem ähnliche Mineralien, liefern diese reinen thonerdehaltigen Verwitterungsreste, die als „*Kaolin*“ bekannt sind. Dass sie in der That aus sehr verschiedenen Mineralien hervorgehen können, beweist folgende Zusammenstellung und zwar zweier Kaoline aus der Nähe von Karlsbad (a. und b.) aus Feldspath, eines Kaolins aus Prosopit im Altenburger Zinnstock (c.) und eines Kaolins aus Beryll von Chauteloube (d.). Beispiele.

	a.	b.	c.	d.
Kieselerde	51,56	52,32	45,63	45,61
Thonerde	28,59	33,60	39,89	38,86
Beryllerde	—	—	—	1,10
Eisenoxyd	5,08	3,83	—	0,94
Kalk	—	—	0,60	Spur
Magnesia	0,90	1,30	—	—
Wasser, geb.	5,78	4,95	13,70	14,04
Alkali / Verlust	8,09	3,00	—	—
	100,00	100,00	99,82	100,55

In allen Fällen hat also mehr oder weniger vollständige Entziehung der Basen ausser der Thonerde stattgefunden; mit ihnen viel Kieselerde, bei (d.) ein ganzes Drittel derselben.

Geht die Verwitterung anstatt von dem blossen Mineral von einer Felsart aus, wie dies bei Porphyren und glimmerfreien oder glimmerarmen Graniten oft der Fall, so mischt sich noch Quarz in Körnern, Glimmerblättchen u. dergl. bei. Sind eisenhaltige Mineralien in dem Gestein, so bleiben sie als Eisenoxyd mit dem Verwitterungsrest zurück; so fand Forchhammer in einem gelben in Dänemark sehr verbreiteten Thon aus Granit, den Quarz als Sand, den Glimmer, das Titanoxyd und die Ceriumverbindungen als solche wieder, während der Feldspath mit dem Magneteisen durch Verwitterung die thonigen Bestandtheile abgaben. — Bei Graniten und ähnlichen Gesteinen sieht man oft den Feldspath mattweiss zerreiblich schon halb verwittert, zwischen den noch unangegriffenen übrigen Gemengtheilen. — Als Beispiel der Verwitterung sehr zusammengesetzter Gesteine mag eine vergleichende Analyse von Basalt (Bärenstein im Erzgebirge) und dem daraus entstandenen Thon von ursprünglicher Lagerstätte (Pagels) hier folgen: während bei Feldspathen und Graniten, überhaupt Gesteinen die kein Wasser enthalten, alles gebundene Wasser von aussen aufgenommen wird, ist dies bei dem gewässerte Silicate führenden Basalt kaum noch der Fall.

Thon aus Granit,

aus Basalt.

	Kieselerde	Titansäure	Thonerde	Eisenoxyd	Eisenoxydul	Manganoxyd
Basalt	39,32	1,52	19,76	8,36	1,52	0,67 Proc.
Thon	24,52	0,89	19,76	5,57	—	0,02 „
Entzogen	14,80	0,63	0	2,79	1,52	0,65 Proc.

	Kalk	Magnesia	Kali	Natron	Wasser	
Basalt	10,58	7,06	1,03	1,86	5,85	
Thon	2,07	0,78	0,22	0,80	5,86	
Entzogen	8,51	6,28	0,81	1,06;	0,01	aufgenommen

Vorausgesetzt, dass die Thonerde vollständig bei dem Verwitterungsrückstand geblieben, wie nach den Umständen anzunehmen, hat der Basalt an Kieselerde, Titansäure und den verschiedenen Basen 37 Proc. seines Gewichtes verloren. In der Regel mischen sich noch unverwitterte Gesteinstheile hinzu, oft in ansehnlicher Menge, wenn sie durch Aufschliessen der umgebenden Bestandtheile fein zertheilt blossgelegt werden; so fand R. Ludwig im Thon aus Basalt (und Dolomit) der Wetterau 85 Proc., in einem andern Thon desselben Ursprungs 75 Proc. Labradorstaub; bei Thonen auf secundärer Lagerstätte kamen noch durch Einschlämmung mancherlei Stoffe von aussen hinzu: Sand, Eisenoxyd, Kalk, organische Substanz u. dergl.

Bezeichnungen.

Was hier mit dem weiten Begriff Thon bezeichnet worden, heisst

in der Sprache des gemeinen Lebens auch *Letten*, *Klei*, *Tegel*, *Aue*, *Schlick*, *Knick*, auf Helgoland *Skitt* und *Töck*, Ausdrücke von grosser Unbestimmtheit bald enger bald in weiterem Sinne genommen, von nur mundartlichem Werth.

Die Bildungsgeschichte der Thone lässt im Voraus erwarten, dass man Thonen auf ursprünglicher Lagerstätte verhältnissmässig selten begegnet. Die Verwitterung muss sehr tief greifen, wenn ihre Producte sich der Verschlämmung entziehen sollen auf die Dauer, um tief zu greifen setzt aber die Verwitterung ein leicht durchdringliches und leicht angreifbares Gestein voraus. Solche Thone lassen oft sehr deutlich die Structur des Gesteins erkennen, woraus sie hervorgegangen. Unter den in der Industrie dienenden Thonen gehören die meisten Kaoline hierher.

Vorkommen und Einschlüsse.

Die Thone auf secundärer Lagerstätte kommen in allen aus Wasser gebildeten Gebirgsarten vor, aber man verarbeitet nicht leicht Thone von höherem Alter als die Steinkohle. Die aus Wasser abgesetzten Thone sind theils Meeres-, theils Süsswasserbildungen. Sie bilden theils beschränkte Ablagerungen als Ausfüllung von muldenförmigen Vertiefungen und Becken, theils ausgedehnte Schichten als Glieder ganzer Formationen. Häufig ist in demselben Thonlager eine gewisse Schichtung äusserlich deutlich erkennbar; die Schichten wechseln von grösserer Mächtigkeit bis zu Fingerdicke und feiner fast blätteriger Absonderung herab. Auch wo eine Schichtung mit dem Auge nicht erkennbar ist, machen sich Ungleichheiten der Thonlager in den verschiedenen Teufen vom Hangenden bis zum Liegenden durch ungleiches Verhalten bemerklich. Diese Thatsache ist für die Verarbeitung der Thone um so wichtiger, als man bei mächtigeren Lagern fast sicher auf solche Ungleichheiten, oft in bedeutendem Grade, rechnen kann und die verschiedenen Schichten keineswegs immer für den gleichen Zweck verwendbar sind. Auch senkrecht auf die Erstreckung der Lager sind diese oft von Klüften, Spalten und Rissen durchsetzt, die entweder von Hebungen und Senkungen des Bodens oder von Zusammenziehungen durch Wasserverlust entstanden. Damit hängt auch die in Thonlagern gewöhnliche Erscheinung von „*Rutschflächen*“ und „*Spiegeln*“ zusammen, d. h. von Absonderungsflächen durch Reibung geglättet. Schwer zu erklären sind solche Spiegel, die in ganz beschränktem Umfang an einzelnen Brocken der Thonmasse vorkommen. Während einzelne Thonschichten wenigstens eine ausgezeichnet gleichförmige Beschaffenheit zeigen, ist bei anderen in auffallender Weise das Gegentheil der Fall. Oft finden sich jene abgesonderten Thonbrocken, die dann fester und schwerer aufzuweichen, mitunter auch durch Infiltration von Eisen und dergleichen verkittet und verhärtet sind, sogenannte „*Verballungen*“, „*Knuppen*“ und „*Butzen*“, die meist von grösserem Umfang, manchmal nur in Gestalt von kleineren Körnern in die Thonmasse eingebettet liegen. Oft begegnet man Anhäufung von den gewöhnlichen Beimengungen des Thons — so von Sand und

Kalk — in Nestern und Schnüren; beim Kalk auch wohl in Gestalt von netzartigem Geäder, von kalkreichen Vegetationen (namentlich Charaarten) herrührend. Endlich trifft man heterogene Einschlüsse mancherlei Art: Gyps in Krystallen, Schwefelkies, pflanzliche Reste als Kohle und Moder, thierische Versteinerungen, Knochen, Korallen, Muscheln (Posidonien, Ammoniten), Belemniten, Septarien, Koprolithe u. a m. Auch diese Einschlüsse, namentlich wenn kalkiger Natur, sind häufig Quellen von grossen Schwierigkeiten der Verarbeitung.

Eigenschaften.

Farbe.

Es giebt kaum eine Farbe, die nicht dem natürlichen Thone eignet, vom reinsten Weiss zum Gelb und Grau, vom Gelb zum Roth und tiefsten Braun, vom Blau bis zum vollen Schwarz. Mächtige Lager können von ganz gleicher oder schwach verschiedener Farbe sein, in anderen sind die Farbenwechsel mehr regelmässig, in noch anderen bis zur crassesten Buntheit gescheckt, so dass kaum ein Quadratfuss von einerlei Farbe zu finden. — Aehnlich wie der Kalk hat auch der Thon einen eigenthümlichen Geruch, der durch Ammoniakgehalt vermittelt wird. — Das specifische Gewicht des Thons bewegt sich in engen Grenzen, zwischen dem 2- und 2,5fachen des Wassers etwa. — In der Härte sind grosse Abweichungen von der Weichheit eines lose getrockneten Schlammes an, bis zu steinigen nur mit Maschinenkraft zu zerkleinernden Massen. — Mit dem Ackerboden hat der Thon die Eigenschaft gemein, Gase, Dämpfe in sich zu verdichten und in Wasser gelöste Stoffe, so gewisse Salze, namentlich des Ammoniaks, Kalis und der Phosphorsäure zu absorbiren, d. h. dem Lösungsmittel zu entziehen und in sich niederzuschlagen. — Weitaus am bedeutsamsten ist das Verhalten der Thone zum Wasser, die erste Hauptgrundlage ihrer Verarbeitung. Trockner Thon klebt an der Zunge; mit Wasser übergossen saugt er dieses kräftig ein, oft in dem Grade, dass die Luft mit Zischen aus den Poren entweicht, oft ohne Geräusch. Manche Thone, die das Wasser schwächer ansaugen, bleiben selbst wochenlang im Wasser unverändert, so z. B. gewisse schieferartige Thone der Kohlenformation; manche zerfallen darin erst in grössere, dann in kleinere Trümmer; noch andere nehmen das Wasser nur bis zu einem bestimmten Punkte, nemlich bis zur Entstehung eines festen Teigs auf, sogenannte „*Wassersteife*“, und sind von da an einer weiteren freiwilligen Aufnahme von Wasser nicht mehr zugänglich, noch andere endlich erweichen darin von selbst vollkommen bis zu Schlamm. In dem Zustand der Sättigung mit Wasser sind die Thone undurchlässig und werden so zu einer häufigen Ursache von Torfbildung, Versumpfung u. s. w. — Sämmtliche Thone ohne Ausnahme lassen sich auf mechanischem Wege gleichmässig mit Wasser mischen und bilden damit eine gleichmässige Masse, je nach der Menge des zugemischten Wassers einen festern, einen weichern Teig, oder Schlamm.

Geruch.

Sp. Gew.; Härte.

Absorptionskraft.

Verhalten zum Wasser.

Mit Wasser zu Teig angemachter Thon besitzt in ausgezeichnetem Grade die unschätzbare Eigenschft der „*Bildsamkeit*“ (Plasticität); sie besteht in der äussersten Verschieblichkeit der Theilchen bei nahezu gänzlicher Abwesenheit der Elasticität. Die Verschieblichkeit befähigt den Thonteig durch Druck jede Formänderung anzunehmen; die Abwesenheit der Elasticität befähigt ihn, die Formänderung nach dem Aufhören des Drucks getreu und unverändert zu bewahren. Die Bildsamkeit, auf der die Formung der Thonwaaren fast ausschliesslich beruht, ist die zweite Hauptgrundlage der Verarbeitung. Diese Eigenschaft wohnt den verschiedenen Gemengtheilen des Thons keineswegs gleichmässig bei: dem Quarzsand, feinzertheiltem Feldspathstaub, den Glimmertheilchen fehlt sie beinahe gänzlich; der feinste Reibungsschlamm (Detritus) im Thon, ferner Kalkniederschlag, Eisenoxydhydrat besitzen sie schon in merklichem Grade; das hohe Mass von Bildsamkeit, wie es den Thonen eignet, verdanken sie ganz vorzugsweise der eigentlichen Thonsubstanz, dem gewässerten Thonerdesilicat, welches darum auch der „*plastische Bestandtheil*“ heisst. Bei diesem Körper beruht sie zum Theil in der weitgehenden feinen Zertheilung, weit mehr noch auf der Beschaffenheit und Form der kleinsten Theilchen, die nicht krystallinisch, sondern amorph bei grosser Zartheit eine grosse Flächenausdehnung bei verhältnissmässig geringem Körperinhalt (S. 259) besitzen und mit einer hohen Benetzbarkeit durch Wasser ausgestattet sind. Vermöge dieser Beschaffenheit bilden sie unendlich feine und dabei ungemein ausgedehnte Zwischenräume, mit denen der Thon das Wasser aufnimmt; durch die Zwischenlagerung des Wassers an einander haftend, schieben sie sich leicht über einander her, und zwar vermöge ihrer Zartheit und Geschmeidigkeit ohne elastische Rückwirkung. Die Bildsamkeit hängt sehr eng mit der Aufschlämmbarkeit des Thons zusammen, d. h. mit der Eigenschaft, sich leicht im Ueberschuss von Wasser zu zertheilen und darin auffallend lange schweben zu bleiben, ohne dass sie sich absetzen. Beide, Bildsamkeit wie Aufschlämmbarkeit, sind Ausflüsse der Beschaffenheit der kleinsten Theilchen. Man begreift aus diesen Ursachen leicht, dass die Verschlämmung der thonigen Verwitterungsreste in der Natur, insofern sie die sandigen gröberen Theile von den zarteren scheidet, in der Regel die Bildsamkeit des Thons erhöht. Daher sind Thone auf ursprünglicher Lagerstätte, selbst wenn sehr reich an Thonerdesilicat (wie die Kaoline) weniger bildsam, als die auf secundärer Lagerstätte. Im praktischen Leben bezeichnet man den Grad der Bildsamkeit der Thone mit „*fett*“ und „*mager*“.

Verhalten zum Wasser.

Bei dem zu Teig angemachten Thon ist die Adhäsion der feinsten Theilchen, wie bemerkt, durch die in ihren Zwischenräumen eingelagerten dünnen Wasserschichten vermittelt. Beim Trocknen rücken die Thontheilchen, im Mass als das dazwischen befindliche Wasser verdunstet, immer näher aneinander, bis sie zuletzt nach der gänzlichen Entfernung des Wassers in unmittelbare Berührung kommen. Selbstverständlich

geschieht dies in einer Lage, in welcher die Theilchen am besten sich zusammenfügen, nemlich mit der breitesten Fläche. Die innige Berührung wird erhöht durch die Zartheit und Geschmeidigkeit der Theilchen und bewirkt damit ein um so festeres Zusammenhaften. Mit diesen Erscheinungen beim Trocknen treten zweierlei Aenderungen ein: Verlust der Verschieblichkeit der Theilchen, also der Bildsamkeit, Starre des Ganzen; dann eine erhebliche Verminderung des Umfangs der Thonmasse; jene heisst das „*Bindevermögen*", diese die „*Schwindung*". Beide spielen in der Ausübung eine wichtige Rolle.

Bindevermögen.

Das Bindevermögen ist im Allgemeinen bei den fetten Thonen grösser, als bei den mageren, steht aber darum nicht gerade immer im Verhältniss der Plasticität. Offenbar sind dabei noch anderweitige Einflüsse im Spiel; im Wasser aufgelöste Stoffe, Salze u. dergl. wirken bald mehr bald weniger mit, indem sie, nach Verdunstung des Wassers zurückbleibend, die feinsten Theilchen verkitten. Thone mit starkem Bindevermögen bilden nach dem Trocknen eine Masse, die sich zwar gut schneiden und zerreiben lässt, aber an den Fingern nicht abfärbt, was bei schwächer bindendem Thone der Fall. Man bestimmt daher das Bindevermögen nach der Menge Quarzmehl — eine Substanz ohne alle bindende Kraft —, welche man dem Thon beimischen muss, bis er an den Daumen gestrichen eben abzufärben beginnt (C. Bischof).

Trockenschwindung.

Die Schwindung beim Trocknen*) ist nur ein Theil der gesammten Schwindung, welche der Thon bei seiner Verarbeitung durchzumachen hat; sie ist um so grösser, je fetter der Thon, aber auch nicht gerade der Bildsamkeit proportional. Die Trockenschwindung ist die Quelle von grossem Schaden in der Praxis, die Hauptursache zum Reissen mancher Thonwaaren. Dies liegt nicht sowohl in der Trocknung und Schwindung an sich, als vielmehr in der Ungleichheit der Trocknung und Schwindung, die aus den natürlichsten Gründen kaum zu vermeiden ist. Theile von grösserer Thonstärke trocknen langsamer als dünnere, die auf der Unterlage ruhenden langsamer, als die in die Luft ragenden oberen Theile. Es wird also bei einem Werkstück nur allzuleicht eintreten, dass einzelne Theile schwinden, während benachbarte Theile noch nicht nachgeben. Selbstverständlich vergrössert sich dieser Fehler, je mehr das Trocknen übereilt wird.

Mechanische Analyse.

Wie aus der Bildungsgeschichte der Thone hervorgeht, sind die physikalischen Eigenschaften zunächst und zumeist abhängig von ihren mechanischen Gemengtheilen und dem Verhältniss, in welchem diese an dem Bestand des Thons betheiligt sind. Die Kenntniss, wieviel unverwittert und wieviel verwittert vorhanden, wieviel Thonerdesilicat, wieviel Kieselerde als Quarz oder in anderer Form, wieviel Salze neben den Silicaten, ist daher praktisch von grossem Gewicht und dies um so

*) Die Trockenschwindung aus dem Luftdruck zu erklären, wie man versucht hat, ist gegen die Natur der Dinge.

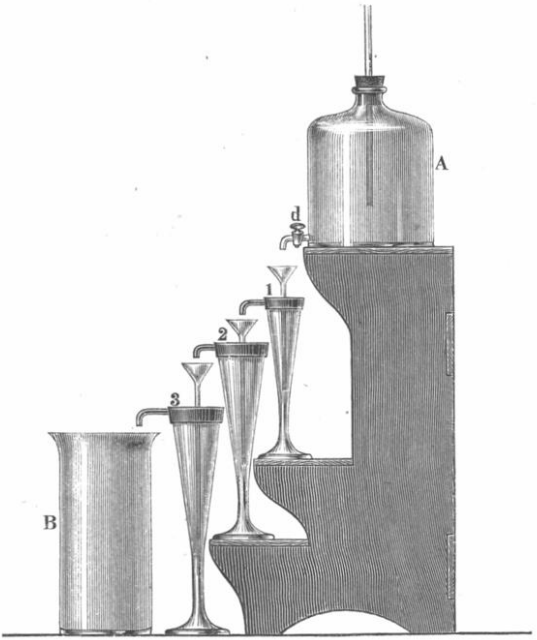
mehr, als ohne sie die Kenntniss des chemischen Bestandes kaum einen Werth hat. Leider bieten die mechanischen Gemengtheile der Thone in ihren Eigenschaften keinen Anhalt zu einer mit Schärfe durchführbaren Trennung, man muss sich daher mit einer Annäherung zur Wahrheit, mit einer Scheidung nach dem Grade der Zertheilung und Aufschlämmbarkeit der Theile begnügen, also mit einer Scheidung durch mechanische Analyse mittelst Schlämmen. Der Thon wird dadurch zerlegt in die gröbsten Gemengtheile, wie Steinstückchen, Pflanzentheile etc., ferner in solche von mittlerem Korn, wie der Sand von verschiedener Feinheit (Streusand, Staubsand), in die mehligen oder mageren Beimengungen (Schluff) und in die aufschlämmbarsten vorzugsweise thonigen Theile. Diese Scheidungsprodukte sind natürlich nur nach Korn und Aufschlämmbarkeit homogen, können aber sonst von abweichendster Natur sein; der Sand kann neben Quarz aus sonstigen unverwitterten Gesteintrümmern, der thonige Theil mehr oder weniger aus zartem Detritus, aus chemisch abgeschiedener Kieselerde, aus Eisenoxydhydrat u. s. w. bestehen. Aber auch innerhalb ihres Princips ist die mechanische Analyse niemals ganz genau, theils weil die Theile verschiedener Kategorie oft zu fest an einander haften, um sich völlig trennen zu lassen, theils weil sie sich nach der Trennung beim Absitzen doch unvermeidlich wieder etwas in einander mengen. Andererseits wird ein und derselbe Thon natürlich je nach der Ausführung des Schlämmprocesses in gewissen Grenzen abweichende Resultate geben. Obwohl daher die Schlämmanalyse in Bezug auf die unmittelbaren Gemengtheile der Thone nur Näherungswerthe geben kann, so ist sie immerhin von grossem Werth und sollte bei keiner Untersuchung der Thone unterlassen bleiben. Mechanische Analyse.

Die mechanische Analyse geschieht stets unter Vermittlung von Wasser, beginnt mit der Aufweichung zum Zweck der Loslösung der an einander haftenden Gemengtheile und endigt mit der Trennung derselben durch Schlämmen. Für den ersteren Zweck macht man den gepulverten Thon mit kaltem Wasser zu einem flüssigen Schlamm an, indem man mit einem hölzernen Stössel bei gelindem Drücken, um keine gröbere Theile zu zerknirschen, fleissig umrührt. Während dessen erhält man den Schlamm wenigstens eine halbe Stunde lang im Sieden. Ist Alles gehörig aufgeweicht und zertheilt, so lässt man den Schlamm durch ein Sieb, dessen Maschen die gröbste Beimengung eben noch zurückhalten und spühlt diese, also die Steinstücke u. s. w., mit etwas Wasser nach. Das durch das Sieb gegangene kommt nun zum Verschlämmen, am besten in den Schulz'schen Apparat, Fig. 150 (a. f. S.), und zwar in das Spitzglas (1). Man lässt aus dem Wasserbehälter A — dem man zweckmässig die Form der bekannten Mariotte'schen Flasche wie in der Abbildung giebt — Wasser durch den Hahn d in das Trichterrohr des Spitzglases (1) laufen. Indem dieses Trichterrohr nahe über dem Boden desselben mündet und das Wasser mit einer seiner Druckhöhe entsprechenden Fall-

Mechanische Analyse.

geschwindigkeit anlangt, hält es den Schlamm in steter Aufrührung, welcher nur die gröbsten Theile widerstehen. Diese allein setzen sich ab, alles Uebrige fliesst in das folgende Glas (2) ab. Dieses, sowie das folgende (3) sind stufenweise immer tiefer und von zunehmendem Durchmesser, zugleich ist die Fallhöhe des Zuflusses zu dem Spitzglas (1) grösser als bei (2) und (3). In Folge dieser Anordnung verliert das in den Spitzgläsern aufsteigende Wasser schon beim Einfluss in das Spitzglas (2) und (3), mehr noch beim Ausfluss aus denselben, wegen

Fig. 148.



des grösseren Durchmessers an Stosskraft; dadurch wird es den gröberen Theilen ermöglicht, sich abzusetzen, während nur das Feinere mit dem Wasser abfliesst. So erhält man in den Spitzgläsern drei Absätze von stufenweise abnehmender Feinheit, während die Flüssigkeit mit den feinsten aufschlämmbarsten Theilen aus dem dritten Spitzglas nur eben ablaufend, sich in dem vorgesetzten Becherglase *B* sammelt. Die Arbeit ist beendigt, wenn aus dem letzten Spitzglas klares Wasser abfliesst. Man sperrt nunmehr den Wasserbehälter, lässt die vier Schlämmprodukte sich vollends absetzen, giesst das überschüssige Wasser ab, bringt zur Trockne und wiegt. Meist beschränkt man sich auf nur drei Schlämmprodukte: Streu-, Staubsand und thonige Theile. Es liegt auf der Hand, dass man auch mit einem einzigen Spitzglas ausreicht, wenn man das

zuert abfliessende ein zweites und ein drittes Mal darin mit abnehmender Fallhöhe des Schlämmwassers nachschlämmt. Die Spitzgläser sind am Rande mit Messingeinfassung versehen, zum Anbringen der Abflussröhren.

Chemisches Verhalten.

Aus den Thonen im natürlichen Zustande zieht Wasser einen geringen Betrag löslicher Salze aus, am häufigsten alkalische Chlorüre, Chlorammonium, oder schwefelsauren Kalk, schwefelsaure Bittererde, schwefelsaures Natron, Alaun und Vitriol, salpetersaure Salze, aber es ist schwer, selbst mit kochendem Wasser den Thon völlig zu erschöpfen. Eine Zersetzung des Thons durch Wasser findet erst statt bei Rothglut (in verschlossenen Röhren unter Bildung von anderweitigen Verbindungen). — Verdünnte Salz- und Salpetersäure lösen mehr (der Auszug enthält kleine Mengen aller in dem Thon vorhandenen Basen mit Chlor, Schwefelsäure und Phosphorsäure), aber der Hauptbetrag bleibt ungelöst. Aehnlich, nur etwas eingreifender, wirken diese Säuren im concentrirten Zustande. Concentrirte Schwefelsäure dagegen, oder verdünnte, wenn man so lange erhitzt bis Dämpfe von Schwefelsäurehydrat weggehen, zersetzt den Thon vollkommen, indem sie alle gebundene Thonerde aufnimmt; die von der Thonerde abgeschiedene Kieselerde bleibt dann als in Alkalien lösliche Kieselerde zurück. — Ausnahmsweise kommen Thone vor, die sich in concentrirter Schwefelsäure im Ueberschuss fast ohne Rückstand auflösen, so z. B. gewisse Kaoline aus der Gegend von Passau. — Kohlensaure Alkalien entziehen dem Thon etwas Kieselerde in der Wärme, welche daher in löslicher Form vorhanden sein muss. Beim Kochen mit ätzenden Alkalien bildet sich kieselsaures Thonerde-Kali, welches sich zum Theil in der Lauge löst. Mit 5 bis 10 Theilen ätzendem Alkali geglüht, schmilzt der Thon unter völliger Aufschliessung.

Der plastische Bestandtheil.

Das Verhalten der Thone zu Schwefelsäure giebt ein Mittel an die Hand, die Menge der Kiesel- und Thonerde zu ermitteln, welche mit einander zu Thonerdesilicat verbunden sind. Zu dem Ende entzieht man dem Thon die a priori vorhandene lösliche Kieselerde durch kohlensaures Natron und behandelt den ausgewaschenen Rückstand mit concentrirter Schwefelsäure, so lange diese noch Thonerde löst. Dem ausgewaschenen zweiten Rückstand kann dann die von der Thonerde abgeschiedene Kieselerde wieder mit kohlensaurem Natron entzogen werden. Es bleibt dann nur die in dem Thon in unlöslichem Zustande, als Quarzsand u. s. w. vorhandene Kieselerde zurück. Man findet auf diese Art für die Zusammensetzung des Thonerdesilicates keineswegs immer denselben Werth, nicht bloss bei Thonen von verschiedener, sondern auch bei Thonen derselben Gattung. So fanden Brogniart und Malaguti das Verhältniss des Sauerstoffs der Kieselerde zu dem der Thonerde bei 31 Kaolinen verschiedenen Ursprungs 18 Mal wie 1 : 1, aber auch wie 2 : 1, wie 3 : 2, wie 4 : 5, wie 3 : 4, wie 2 : 3, selbst wie 1 : 2. Wiederum fanden Damour, Bischof, Mallet in den von ihnen untersuchten Kaolinen dieses Verhältniss wie 1 : 1; Forchhammer dagegen wie 3 : 4. In eini-

gen plastischen Thonen aus dem Nassau'schen ist jenes Verhältniss nach Fresenius wie 1:2. An diesen Abweichungen mag oft genug die Unvollkommenheit der Methode schuld sein, deren Ergebniss durch mancherlei ungünstige Einflüsse getrübt worden. Hierher gehört die Gegenwart von freier Thonerde in geringen Mengen, wenn sie vorkommt, wie wiederholt behauptet, aber doch nicht bewiesen ist; ferner Gehalt des Silicates an anderen Basen neben der Thonerde; endlich zu weit gegangene Aufschliessung, die sich auf Verbindung ausserhalb des Thonerdesilicates, feinzertheilte unverwitterte Bestandtheile u. s. w. erstreckt. Immerhin scheinen doch bei verschiedenen Thonen wirklich verschiedene zu Grunde liegende Thonerdesilicate zu bestehen. Denn dieses Thonerdesilicat ist stets mit Wasser verbunden, und der Betrag dieses Hydratwassers ist nicht minder starken Schwankungen unterworfen. Am häufigsten sind auf 1 Atom Thonerde 2 Atome Wasser vorhanden, aber auch, selbst bei Thonen derselben Gattung, bis zu 3 und 4 Atomen Wasser.

Die näheren Bestandtheile des Thons sind nach dem Obigen: kieselsaures Thonerdehydrat als der wichtigste, für die Eigenschaften und die Anwendung des Thons am meisten massgebenden; ferner andere Silicate, sowohl in Gestalt von Verwitterungsprodukten, als auch von unverwitterten Mineralresten; Kieselerde in unlöslicher Form (Quarz der Gesteine), und in löslicher Form; Eisenoxydhydrat, Kalk-, Bittererde und Alkalisalze, durch Absorption aufgenommen oder sonst beigemengt; endlich organische Substanz, eine sehr häufige Ursache der blauen, schwarzen, grünlichbraunen Färbung.

Elementarbestand.

Was den Elementarbestand anlangt, so trifft man ohne Ausnahme Kieselerde, Thonerde, Wasser, fast immer Eisenoxyde, Kalk, Bittererde, Alkalien, Ammoniak und organische Substanzen an. Dazu kommen oft Manganoxyde, Schwefelmetalle, Kohlensäure, Titansäure *), Phosphorsäure. Es liegt auf der Hand, dass die Menge dieser Bestandtheile je nach Ursprung und Bildung der Thone bedeutenden Schwankungen unterliegt. Die Kieselerde beträgt meist zwischen 50 und 70 Proc., die Thonerde zwischen 20 und 40 Proc., das gebundene Wasser zwischen 3 und 16 Proc., dergestalt, dass diese drei Stoffe den weit überwiegenden Theil, nemlich über 90 Proc., ausmachen. Nimmt man hinzu, dass die gebundene Kieselerde zwischen 20 bis 40 Proc. beträgt, so ergiebt sich, dass der Gehalt der verschiedenen Thone an gewässertem Thonerdesilicat meist die Hälfte bis $^4/_5$ des Gewichts ausmacht. Diese Zahlen geben nur die beiläufigen Mittelwerthe, nicht die äussersten.

In Bezug auf die Schlüsse aus der chemischen Analyse auf Natur

*) In gebrannten Steinen aus verschiedenen feuerfesten Thonen fand Riley 0,5 bis 1,05 Procent. Brett und Bird in Tiegeln aus Almeroder Thon sogar 3,5 bis 21 Procent, eine Angabe, die Wöhler wohl mit Recht bezweifelt.

und Werth des Thons ist nicht genug Vorsicht anzuempfehlen, wenn man nicht irre geleitet werden will. Der chemische Bestand der analysirten Probe wird kaum jemals dem mittleren Bestande des Thonlagers entsprechen. In ein und derselben äusserlich gleichen Thonschicht ist Verhalten und Beschaffenheit fast immer oben, unten und in der Mitte verschieden, eine Verschiedenheit, die oft bis ins Extreme geht. Dies weist oft schon die blosse Schlämmanalyse aus. So fand Th. v. Gohren in fünf auf einander folgenden Schichten eines mährischen Ziegelthons: Elementarbestand.

	I.	II.	III.	IV.	V.	
a) in der Schlämmanalyse feinste thonige Theile	31,5	49,5	60,0	28,5	52,0	Proc.
b) in der chemischen Analyse						
Kieselerde (mit Ausschluss von Sand)	15,08	21,04	17,60	19,94	14,86	„
Thonerde	10,58	10,97	11,80	10,68	10,79	„

Bei den starken Abweichungen bei a) und b) kann die Uebereinstimmung der Werthe für Thonerde nur eine scheinbare sein.

Aehnlich Th. Werner in zwei durch keine Zwischenlagerung getrennten Schichten (I. und II.) einer Thonbank in Schlesien, sowie in einer darunter liegenden durch einen kalkhaltigen Sand getrennten Schichte (III.):

	I.	II.	III.	
Kieselerde	41,55	53,87	22,31	Proc.
Thonerde	37,22	34,36	24,81	„
Sand	12,24	1,13	49,26	„
Rest	8,99	10,64	3,62	„
	100,00	100,00	100,00	

Ferner in drei durch keinerlei Zwischenmittel getrennten Schichten (A. B. C.) feuerfesten Thon unmittelbar von (III.) überlagert:

	A.	B.	C.	
Kieselerde	54,27	65,72	64,19	Proc.
Thonerde	40,14	28,59	30,56	“
Rest	5,59	5,69	5,25	„
	100,00	100,00	100,00	„

Auch ein und dieselbe Schicht, wie schon hervorgehoben, ist nach ihrer horizontalen oder Flächenerstreckung keineswegs immer homogen. Endlich giebt die blosse Elementaranalyse kein Bild von der eigentlichen Constitution der näheren Bestandtheile; es kann daher kommen, dass Thone von ganz gleichem Elementarbestand in der Analyse, sich dennoch sehr abweichend verhalten.

Verhalten in der Hitze.

Der Thon hält seine natürliche Feuchtigkeit ziemlich hartnäckig zurück und verliert sie erst nach längerem Trocknen bei etwa 120° C. Ueber diesen Punkt hinaus erhitzt, verändert er sich zunächst nicht weiter, aber mit dem Eintritt der Glühhitze, oder kurz vorher, entwickelt sich abermals Wasser, es entbindet sich das Hydratwasser des Thonerdesilicats *). Der Verlust desselben ist mit eingehenden Veränderungen verbunden. Die Theilchen des Thons gewinnen mit der Entfernung des Wassers einen festen Zusammenhang, das Ganze bildet eine mehr oder weniger steinartige klingende, obwohl sehr poröse und unschwer zerreibliche Masse. In Wasser getaucht saugt sie dieses mit Heftigkeit und reichlich ein, aber das Thonerdesilicat nimmt sein Hydratwasser nicht wieder auf; der Thon hat seine Aufschlämmbarkeit und seine Bildsamkeit dauernd verloren und er behält seinen Zusammenhang und damit die Form, die man ihm vor dem Erhitzen gegeben. Dies ist die dritte Hauptgrundlage der Thonwaarenindustrie.

Brennen.

Mit dem Zustande der Entwässerung, in welchem der Thon „*gebrannt*“ heisst, ist die Reihe der Veränderungen noch nicht abgeschlossen. Thon bei eben hinreichender Temperatur gebrannt ist von den eben erwähnten Eigenschaften, von erdigem Bruch, ungemein porös und der Zusammenhang seiner Theilchen stärkerem Angriff von Frost und Wetter noch nicht gewachsen. Mit steigender Glühhitze wächst nun der Zusammenhang mehr und mehr, der Thon wird immer steinartiger, und indem die Theilchen näher rücken, verliert er an Porosität. In diesem stärker gebrannten Zustande ist der Thon daher härter, klingender, weniger saugend und hält sich Jahrtausende im Boden. Der Bruch ist jedoch immer noch mehr oder weniger erdig-porös.

In noch höherer Temperaturlage kommt die bis dahin nur eingeleitete Sinterung zum völligen Abschluss, die Porosität verschwindet, der erdige Bruch ist in einen geschlossenen, dichten, ebenen bis muscheligen Bruch übergegangen, die Härte bis zum Funkengeben am Stahl gestiegen, die Masse ist steinig dicht geworden. Zuletzt erfolgt wirkliche Schmelzung und Fluss. Bei niederer Temperatur gebrannter Thon ist leichter aufschliessbar durch Säuren als ungebrannter; scharf gebrannter gesinterter Thon gar nicht mehr. Die beiden letzten Erscheinungen — Uebergang in die dichte Masse, in „*Stein*“, wie man sagt, und die Schmelzung — erfolgen bei verschiedenen Thonen in sehr ungleichen Hitzgraden. Der Thon, wie man ihn zu gewöhnlichen Ziegeln verwendet, auch der meist zu den gemeinen Töpferwaaren dienende, schmilzt im Porzellanofen vollkommen zu schwarzem Glas, während der Thon zu kölnischen Pfeifen und Aehnlichem sich darin noch nicht oder kaum steinartig brennt. Viele Thone der Art widerstehen der stärksten

*) Sind organische Substanzen vorhanden, so zersetzen sich diese ebenfalls in höherer Temperatur, sei es, dass sie verbrennen, sei es empyreumatisch, dann oft unter Hinterlassung von Kohle.

Hitze der der Thonwaarenindustrie zu Gebote stehenden Feuerungen, und schmelzen selbst im Knallgasgebläse noch dickflüssig und unvollkommen.

Schwindung beim Brennen.

Die Aenderungen, welche der Thon nach Verlust seines gebundenen Wassers in der Glühhitze erfährt, spiegeln sich sehr gut in den Veränderungen des specifischen Gewichts. Die derbe Thonsubstanz (abgesehen von Poren) verdichtet sich anfangs, verliert aber von der Sinterung bis zum Fluss wieder an Dichte, wie alle schmelzenden Körper. So fand Laurent für einen Kaolin im zerriebenen Zustande das specif. Gewicht:

bei 100° C.	150°	300°	bei der Rothglut		bei der Weissglut	
			kirschroth	lebhaft	schwach	heftig
2,47	2,53	2,60	2,70	2,64	2,50	2,48

Dagegen nimmt die Dichte ganzer Stücke durch den überwiegenden Einfluss der Abnahme der Poren (diese also eingerechnet) fortwährend zu. In die Sprache des Töpfers übersetzt heisst dies, dass der Thon nicht bloss beim Trocknen, sondern auch beim Glühen (Brennen) eine Schwindung durchmacht, welche mit dem Hitzgrad steigt und fällt, aber auch sehr mit der Natur des Thons für gleichen Hitzgrad wechselt. Man hat also die Trockenschwindung, die Schwindung im Brennen und die Gesammtschwindung. — Während manche Thone bei dem Brennen ihre Farbe ganz oder mit unbedeutenden Aenderungen beibehalten, wechseln die meisten im Feuer ihre Farbe auffallend, theils durch Bildung von Eisenoxyd und Eisenoxydverbindungen, theils durch Zerstörung organischer Substanz, theils durch die blosse Zunahme der Dichte. Im Allgemeinen wird die Farbe um so dunkler, je höher die obwaltende Glühtemperatur. Wiederum ist die Farbe im Innern einzelner Thonstücke, überhaupt wo sie vor dem Zutritt der Luft geschützt sind, anders als an der Oberfläche, z. B. im Innern grau, aussen braunroth; oder an bedeckten Stellen der Oberfläche hell, an freiliegenden dunkel.

Einwirkung des Feuers.

Im Ganzen genommen sind die Aenderungen des Thons in der Glühhitze ein ungemein verlangsamter Uebergang von dem starren Zustande zum feurig-flüssigen, ein langhingezogenes Schmelzenwollen (Sinterung) bis zum Eintritt des wirklichen Flusses. Der Vorgang ist sehr zusammengesetzter Natur, und das Ergebniss vielfacher zusammenwirkender Ursachen.

Zunächst wirkt die Glühhitze auf die einzelnen Gemengtheile des Thons an sich. Gerade die Hauptbestandtheile sind aber theils ganz und gar im Feuer beständig, wie die freie Kieselerde, theils ausserordentlich strengflüssig; selbst beigemengte Theile von unverwittertem Feldspath

und ähnliche Silicate schmelzen erst bei ziemlich hoher Temperatur. Darum erfolgt mit dem blossen Brennen und noch lange nachher keine Sinterung. Aber bei einem gewissen Hitzgrade beginnt die Einwirkung der Gemengtheile auf einander, die Kieselerde macht ihre Verwandtschaft zu den verschiedenen vorhandenen Basen geltend, sie treibt die Säuren (Schwefelsäure, Salzsäure, Kohlensäure) derselben aus und bildet mit diesen und der Thonerde zusammengesetzte Silicate, welche schon weniger strengflüssiger sind, als die einfachen. Diese Umsetzung beginnt mit den Alkalien; der Kalk, das Eisenoxyd, die Bittererde folgen. Anfangs bilden diese Basen Silicate, die, allmählich auf das Thonerdesilicat einwirkend, in dieses eingehen. Es entstehen zusammengesetzte Silicate, welche stets leichtflüssiger sind, als das einfache Thonerdesilicat, also den Thon selbst immer leichtflüssiger machen. Zu diesem Zeitpunkt wirkt der noch vorhandene Ueberschuss von freier Kieselerde der Schmelzung entgegen, aber mit steigender Hitze geht mehr und mehr Kieselerde in die Verbindung ein; die anfangs basischen Silicate gehen in saure über, die wiederum leichtflüssiger sind. Die Kieselerde wirkt bei sehr hohen Hitzgraden selbst als ein Flussmittel.

Unterscheidung der Thone.

Im praktischen Leben sind mancherlei Unterscheidungen der Thone nach ihrer Natur und Eigenschaft und besonders nach dem Hervorstechen der einen oder anderen üblich, die sich indessen nur in ziemlich unbestimmten und verwaschenen Grenzen ohne logisch durchgeführten Eintheilungsgrund bewegen.

Von der Unterscheidung in „magere“ und „fette“ Thone nach dem Grade der Bildsamkeit ist bereits die Rede gewesen. Nach dem Verhalten in der Glühhitze unterscheidet man ferner „feuerfeste“ und nicht feuerfeste, höchst relative Begriffe, denn streng genommen giebt es gar keinen feuerfesten Thon; feuerfeste nennt man im Allgemeinen diejenigen, die bei den höheren in der Ausübung vorkommenden Hitzgraden stehen, im Gegensatz zu denen, welche bei diesen Hitzgraden erweichen oder schmelzen. Dabei kommen übrigens noch mancherlei andere Nebenumstände in Betracht. Weit unbestimmter als die vorhergehenden sind andere, halb von dem Vorkommen, halb von der technischen Anwendung hergenommene Unterscheidungen: „Kaoline“ nennt man in der Regel auf ursprünglicher Lagerstätte vorkommende Thone, die sich mehr oder weniger weiss brennen und das Hauptmaterial für das Porzellan abgeben. Unter „plastischem“ oder „Pfeifenthon“ versteht man Thone älterer Ablagerung aus Wasser, namentlich der Stein- und Braunkohlenformation, meist ausgezeichnet an Bildsamkeit und Feuerbeständigkeit, zu irdenen Pfeifen, Steinzeug, Fayence und feuerfesten Thonwaaren dienend. Der Begriff von „Töpferthon“, höchst unbestimmt, umfasst jüngere Thone sehr wechselnder und gemischter Natur, nicht mehr feuerbeständig, aber noch ausgezeichnet bildsam. Bei dem Töpferthon machen sich die die eigentliche Thonsubstanz begleitenden Nebenbestandtheile schon sehr, aber doch nicht so stark, wie bei dem folgenden Thon geltend. „Lehm“ ist ein Thon der jüngsten Bildungen

des Schwemmlandes, mit starker Einmischung von Kalk und Eisenoxydhydrat, zu dem viel Sand und oft Pflanzenreste hinzukommen, noch ziemlich plastisch, aber ganz unbeständig im Feuer; das Material der gemeinen Ziegel. Thone mit sehr hervortretendem Kalkgehalt sind die „Mergel“, wenn der thonige Bestandtheil noch vorherrscht, Thonmergel, wenn der kalkige vorherrscht, Kalkmergel genannt; wenig bildsam, wenig plastisch; zu Fayence gebraucht, sonst namentlich in der Landwirthschaft wichtig. Thone mit sehr hervortretendem Gehalt an Eisenoxyd sind „Röthel“ und „Bolus“, beide braunroth; mit Eisenoxydhydrat der „*Ocker*“ gelb bis gelbbraun.

Brogniart theilte die Thone kurzweg in vier Hauptclassen: feuerfeste (Kaolin, plastische Thone), schmelzbare (Töpferthon, auch die Walkererde); kalkige Thone (Mergel, Lehm); endlich ockrige Thone (Röthel, Ocker). Natürlich giebt es eine Menge Thone, die sich ebensogut in die eine wie in die andere Classe einordnen lassen.

Eine streng wissenschaftliche Classification der Thone ist nicht wohl durchzuführen, insofern es nach der Entstehung derselben feste Gattungen und Arten nicht geben kann.

Die Töpferei.

Allgemeines.

Formen der Thonwaaren;

Folgende Eigenschaften des Thons waren es, die als Grundlage der Herstellung der Thonwaaren bezeichnet wurden: seine Fähigkeit Wasser aufzunehmen und Wasser zu halten; sein Bindevermögen; seine Bildsamkeit; endlich der Verlust aller dieser Eigenschaften durch Brennen. Die Bildsamkeit macht es dem Thon möglich im Zustande von Teig jede Form zu geben; das Bindevermögen befähigt ihn, die Form im Trocknen beizubehalten. Zuweilen wird auch das Bindevermögen unmittelbar zur Formgebung in Anspruch genommen, durch Pressen von zermahlenem trocknen Thon. Durch Brennen gelangt man dahin, die so oder so dem Thon gegebene Form für immer festzuhalten, so dass er sie auch im Wasser nicht verliert.

Eigenschaften.

Damit ist die Form der Thonwaaren zunächst gewonnen, aber einige andere nicht unwichtige Anforderungen kommen noch in Betracht: eine gewisse Farbe, eine bestimmte Dichte, Verhalten gegen Hitze und Temperaturwechsel. Diese Eigenschaften hängen theils vom Feuersgrad beim Brennen, theils vom mechanischen und chemischen Bestande ab. Bei mässiger Glühhitze geformte Thonwaare ist noch porös, durchdringlich

Eigenschaften der Thonwaaren.

für Flüssigkeiten, steht aber gut gegen Temperaturwechsel; war die Hitze streng, so fällt die Waare dichter aus, verliert zuletzt die Porösität, wird undurchdringlich für Flüssigkeiten, aber auch in der Regel empfindlich für Temperaturwechsel. Die poröse Beschaffenheit verträgt sich schlecht mit der Reinlichkeit, besonders bei Geschirren; man pflegt sie daher mit einer dünnen Schicht Glas oberflächlich zu überziehen, eine „*Glasur*“ aufzusetzen. Dieses Hülfsmittel ist nicht sehr verlässig, denn bei der weit verschiedenen Natur des Glases und der porösen Thonmasse, insbesondere der abweichenden Ausdehnung durch Wärme, entstehen nur allzuleicht Sprünge in der Glasur. Leichtflüssige Thone können nur bei mässiger Glühhitze gebrannt, also auch nur mit einer bei dieser Temperatur fliessenden versehen werden. Solche leichtflüssige Glasuren sind aber weich, leicht ritzbar und werden beim Gebrauch leicht angegriffen.

Bei steinartig dicht gebrannten Thonwaaren ist die Glasur in Bezug auf das Einsaugen nicht nothwendig; man setzt aber demungeachtet häufig eine Glasur auf, um der Oberfläche das Matte, Rauhe, zum Schmutzen geneigte zu benehmen. Das Brennen der Thonwaaren bis zur steinartigen Dichte kann man nur wagen bei Thonen, von denen man sicher ist, dass sie im Feuer nicht schmelzen. Ein anderes Mittel zur Beseitigung der Porösität sind die Zusätze von schmelzbaren Materialien zu dem Thon, Feldspath, Kalk (Kalksilicat bildend), phosphorsaurerer Kalk. Man erhält so Massen von dichtem, in der Regel gut gegen Temperaturwechsel stehendem mehr oder weniger durchscheinendem Scherben. Letzteres ist für das Auge empfehlend und zur künstlerischen Behandlung passend, insbesondere, wenn die Wirkung durch einen günstigen Farbenton unterstützt wird. Auch diese Gattung von Thonwaaren ist im Scherben matt, zum Schmutzen geneigt; bei plastischen Kunstgegenständen ist die matte Oberfläche meist vorzuziehen, bei Gebrauchsgegenständen giebt man der Oberfläche durch eine Glasur Glätte und Spiegel. Bei den feuerbeständigeren Massen der Art können die Glasuren sehr strengflüssig gewählt werden; aus diesem Grunde sind die Glasuren härter, schwerer ritzbar, auch ungleich weniger zum Springen und Reissen geneigt, insofern sie ungleich homogener zu dem ebenfalls mit einem glasartig schmelzenden Fluss versetzten Scherben sich verhalten. Weniger feuerbeständige Massen mit Zusätzen obiger Art („Fluss“) erhalten natürlich leichtflüssige weichere Glasuren.

Thonwaaren von porösem erdigen Bruch werden ebenfalls durch Zusätze verbessert, so mit gemahlenem Feuerstein, um sie härter, weisser und haltbarer zu machen. Sie werden dadurch zum Theil feuerbeständiger und tragen entsprechend härtere Glasuren.

Die Farbe der Thonwaaren hängt zumeist vom Thon ab; durch Mischen verschiedener Thone, auch wohl durch Zusatz von starkfärbenden Körpern und in kleinerer Menge, lassen sich die Farben verbessern oder eigenthümliche Farben hervorbringen. Für einen gegebenen Thon mit

oder ohne Zusätzen hängt die Farbe, die er annimmt, wieder von dem Hitzgrade und der Reaction der Flamme beim Brennen ab. Niedere Hitzgrade entwickeln andere Farben als hohe; meist ist die Farbe der Oberfläche anders, als die des Bruchs oder Scherbens. Durchsichtige Glasuren geben die Farbe des Thons, aber tiefer; mittelst undurchsichtiger weisser oder gefärbter Glasuren (Email) verdeckt man zuweilen die natürliche ungünstige Farbe der Masse. Weisse Massen sind am schwierigsten zu erhalten, ganz weisse nur durch die edleren Kaoline.

Der Thon und seine Zusätze erfahren entweder eine nur rohe oberflächliche Vorbereitung, oder diese ist von der Art, dass die Masse äusserst fein zertheilt, höchst gleichförmig gemischt erscheint. Darin beruht die Unterscheidung der Thonwaaren von „feiner" homogener und solcher von „roher" ungleichartiger Masse. In gewissen Fällen ist die Ungleichartigkeit eine durch den Zweck der Waare gestellte Forderung und dann absichtlich (Ziegel mit Sand, Chamottesteine etc.).

Classification der Thonwaaren.

Die Thonwaaren werden, je nach ihrem Rang, mit verschiedenen Verzierungen in Farbe und metallischen Ueberzügen versehen, bald im Scherben, bald nur auf der Glasur, bald mit bald ohne plastische Darstellungen.

Je nach diesen verschiedenen Behandlungen entstehen zahlreiche Arten von Thonwaaren, mit vielen Unterarten, die sich bei gleicher Natur wieder in Zweck und Anwendung unterscheiden. Man hat sich neuerdings angelegen sein lassen, den Scharfsinn an einer peinlichen Unterscheidung und Speciesmacherei der Thonwaaren zu üben, etwa nach Art der systematischen Classification der Pflanzen und Thiere. So wenig wie bei den Thonen bestehen indessen bei den Thonwaaren überall feste Grenzen, und laufen solche Bestrebungen lediglich auf eine unnatürliche Zerrissenheit der Darstellung hinaus. Salvetat z. B. scheidet die Thonwaaren in 2 Classen, die erste mit 2 Ordnungen und zusammen 14 Gattungen; die zweite Classe mit 2 Ordnungen, 3 Familien und zusammen 60 Gattungen.

Die Hauptgrundzüge der Unterscheidung sind natürlich unentbehrlich um sich zurecht zu finden, und sind dazu die schon von Brogniart gegebenen mit wenigen Erweiterungen hinreichend.

I. Scherben geflossen, dicht, hart; Masse fein homogen.

A. Durchscheinend; a) strengflüssig.

1. Aechtes Porzellan; Kaolinmasse mit Kalk oder Feldspath als Fluss; harte bleifreie Glasur.

b) leichtflüssig.

2. Englisches Porzellan; Kaolinmasse mit Knochenasche als Fluss; weiche bleiische Glasur.
3. Französisches Fritteporzellan; Masse eine Art Glasfritte, weiche bleiische Glasur.

B. Nicht, oder kaum an den Kanten durchscheinend.
   1. Feines Steinzeug; Masse homogen fein, meist mit Fluss, weiss, farbig und gefärbt, leichtflüssiger; mit und ohne, dann meist mit weicher bleiischer Glasur. Zuweilen lackirt.
   2. Gemeines Steinzeug; Masse nicht immmer homogen, mit natürlichen Farben; meist ohne Glasur oder mit Anflug von Salzglasur. Strengflüssig.

II. Scherben porös, auf dem Bruch erdig, völlig undurchsichtig.
   A. Masse fein, homogen; härter; strengflüssiger.
      1. Feine Fayence (Steingut); durchsichtige bleiische Glasur; Scherben weiss.
      2. Ordinäre Fayence. Scherben gefärbt, Emailglasur.
      3. Ohne Glasur; Thonpfeifen.
   B. Masse weniger fein, weich, nicht immer homogen, meist leicht-, selten strengflüssig.
      1. Gemeine Töpferwaare; Scherben gefärbt; meist bleiische, durchsichtige, zuweilen emailähnliche Glasur.
   C. Masse ungleichartig, weich.
      1. Feuerfeste Thonwaaren, höchst strengflüssig, ohne Glasur; oft mit Graphit versetzt.
      2. Ziegel und gebrannte Steine, weich, meist sehr leichtflüssig, zuweilen glasirt.

Cultur-geschicht-licher Gang der Ent-wicklung.

Auf der einen Seite hat die Natur die Benutzung des überall verbreiteten Thons so nahe gelegt, dass alle Nationen schon auf einer sehr frühen Stufe der Gesittung die Töpferei selbständig erfunden haben. Auf der anderen Seite fanden die einzelnen Nationen im Fortschritt zu den höheren Stufen in ihrem geistigen und materiellen Leben öfter den Antrieb zu einer besonderen Ausbildung ihrer Töpferei mit dem breiten Stempel ihrer Landesbeschaffenheit, ihrer Kunstfertigkeit und ihres Geschmacks. So haben sich aus der allen Völkern gemeinen niederen Töpferei einzelne, bestimmten Völkern eignende Zweige der höheren Töpferei entwickelt: bei den Chinesen das Porzellan; bei den Arabern die Fayence. Mit der Ausbreitung des Verkehrs vollzog sich allmählicher Austausch, die specifischen Töpfereien wurden Gemeingut, und unter dem Einflusse anders begabter und entwickelter Völker in anderer Richtung und weiter ausgebildet: das Fayence durch die Engländer seit Wedgwood; das Porzellan durch die Deutschen und Franzosen. Dies ist der historische Stand der gegenwärtigen Thonindustrie.

Das harte Porzellan.

Die vollkommenste und trefflichste aller Thonwaaren, das harte Porzellan, gehört ursprünglich den Chinesen an, und ist, nach den geschichtlichen Quellen dieser Nation, etwa 2600 v. Chr. aufgekommen, mithin gegen 5000 Jahre alt. Nach Europa ist diese Waare verhältnissmässig erst spät, nemlich seit 1518 n. Chr. durch das damals an der Spitze des überseeischen Verkehrs stehende Volk, die Portugiesen, gekommen, deren Sprache aller Wahrscheinlichkeit nach die Bezeichnung „*Porzellan*“ *) angehört. Sie brachten lediglich die Bekanntschaft mit der fertigen Waare, aber nicht das Mindeste über die Technik und Erzeugung derselben im Heimathland. In Ermangelung dieser Kenntniss war man in Frankreich auf eine Nachahmung, eine noch bestehende Gattung von Thonwaaren, das Fritteporzellan, gekommen, welche mit dem ächten das schöne Ansehen, aber keineswegs die übrigen Vorzüge gemein hat. Geschichte.

So abgeschlossen war das Reich der Mitte, dass das Geheimniss der chinesischen Fabrikation erst nach mehr als 300 Jahren in Europa offenbar wurde. Schon lange vorher war es aber gelungen, diese Fabrikation daselbst nachzuerfinden.

Die Nacherfindung, zu Anfang des vorigen Jahrhunderts in Deutschland aufgetaucht, hängt auf merkwürdige Weise mit zwei anderen einander sehr unähnlichen culturgeschichtlichen Erscheinungen zusammen: dem alchemistischen Treiben und dem Perrückenwesen.

Der deutsche Erfinder, Johann Friedrich Bötticher, 1682 zu Schleitz im Voigtlande geboren, ein Sonntagskind, war schon in seiner Jugend den alchemistischen Bestrebungen nahe gekommen: zunächst bei seinem nach Magdeburg als Münzbeamter übergesiedelten Vater, dann bei seinem Prinzipal in der Zorn'schen Apotheke in Berlin, in welcher er nach mehrjährigen Reisen in Sachsen im Jahre 1701 als Bediensteter auftrat. Dort mit dem berühmten Alchemisten Laskaris vertraut geworden, verleitet ihn sein Ehrgeiz nach einigen gelungenen Versuchen die Rolle eines Adepten zu spielen. Er erwirbt sich als solcher einen gefährlichen Ruf, wird eine wichtige Person und Gegenstand der finanziellen Speculation gekrönter Häupter, die ihn der Freiheit berauben, um von seiner Kunst Gewinn zu ziehen. So zuerst in Preussen. Er flieht, ohne diesem Schicksal zu entgehen, von da nach Sachsen und wird dort zweimal in Dresden und inzwischen zweimal auf dem Königstein in Gewahrsam gehalten. In Dresden hatte man ihn anfangs in das Laboratorium von Tschirnhaus, einem tüchtigen Physiker und Mineralogen, gesteckt, der

*) Die Ableitung ist noch einigermassen dunkel, man hat jedoch guten Grund anzunehmen, dass das Wort Porcellana ursprünglich eine Muschel (Art Cypraea) bezeichnet und nach der Aehnlichkeit des Ansehens auf die chinesische Thonwaare übertragen ist.

Geschichte. an der Erfindung des Porzellans nicht unwesentlich betheiligt ist. In diesem Laboratorium beschäftigte sich Bötticher, anstatt mit der Goldmacherei, die er nicht verstand, mit der Erfindung des Porzellans. Nach einiger Zeit gelang es ihm, aus einem rothen Thon, den er in Tschirnhausen's Laboratorium vorfand, eine Masse herzustellen, die bereits die wichtigsten Eigenschaften mit dem chinesischen Porzellan gemein hatte: dichten, gesinterten, sehr harten Scherben und Beständigkeit gegen Temperaturwechsel. Die Masse war verschieden von Steinzeug, aber zum Porzellan fehlte der durchscheinende Scherben, die Glasur, die Bötticher durch Schleifen ersetzte, und die weisse Farbe, denn seine Geschirre waren rothbraun. Die Versuche wurden fortgesetzt, zunächst auf dem Königstein, wo man ihm wiederum ein Laboratorium eingeräumt und Tschirnhausen beigegeben hatte; später zu Dresden in einem dritten eigens für Bötticher auf der Jungfernbastei errichteten Laboratorium. Um auf dem betretenen Wege zum Ziel zu kommen, gebrach es an der Hauptsache, an dem geeigneten Thon. Man konnte a priori nicht wissen, dass die Herstellung des chinesischen Porzellans eine eigene und ganz bestimmte, für diesen Zweck ganz und gar unentbehrliche Art von Thon, den Kaolin, voraussetzt, der damals ohnehin in Europa noch nicht bekannt war.

Um diese Zeit hatte man angefangen, eine zufälliger Weise von dem Fabrikbesitzer Schnorr von Carolsfeld bei Aue im Erzgebirge aufgefundene *) blendend weisse Erde heimlich als billiges Ersatzmittel des Puders aus Weizenstärke zu verwenden. Dieser neue Puder fand seinen Weg durch den mit der Sorge für die Perrücke betrauten Bedienten zu dem gefangenen Adepten, dessen scharfer Blick alsbald aus dem eigenthümlichen Gewicht die mineralische Natur, aus der weissen Farbe in diesem Stoff das taugliche Material zu chinesischem Porzellan erkannte. Die angestellten Versuche bestätigten vollkommen die Erwartung mit der Herstellung des ersten harten Porzellans auf europäischem Boden im Jahre 1709.

Die anfängliche Milde von Bötticher's Zwingherrn, des Kurfürsten von Sachsen (August II. von Polen), war inzwischen in herbe Ungnade umgeschlagen, seine Ungeduld nach der goldenen Ernte dem vermeinten Adepten bedrohlich, von denen mehr als einer in gleicher Lage am Galgen geendigt hatte. Bötticher erkaufte die Verzeihung des Machthabers bei dem Geständniss seiner Unfähigkeit Gold zu machen, mit der neuen Erfindung; er hatte das Glück, einer vollen Würdigung ihrer Wichtigkeit zu begegnen. Der Erfolg war die Errichtung der ersten Fabrik auf der Albrechtsburg in Meissen und der Ernennung Bötticher's zum

*) In den bezüglich der Geschichte des Porzellans erhobenen Daten herrscht einiger Widerspruch. So setzen Einige das Geburtsjahr des Erfinders auf 1685. Für die Auffindung des Kaolins wird wohl irrthümlich das Jahr 1711 angegeben.

Director im Jahre 1710 daselbst, wo er im Jahre 1719 im 35. Lebensjahre starb.

Bei der grossen Wichtigkeit, die man der Erfindung gleich anfangs beilegte, umgab man die Meissner Fabrik mit dem tiefsten Amtsgeheimniss und allen Schrecken drakonischer Verordnungen. Wie immer, so steigerte auch hier die Strenge den Preis der Bestechungen, und Defraudation war auf die Dauer nicht zu hindern. Im Jahre 1720 verpflanzte ein so gewonnener Werkmeister, Stölzel, die neue Kunst nach Wien, im Jahre 1740 ein anderer Namens Ringler nach Höchst im Kurfürstenthum Mainz. Wenige Jahre darauf ging sie, immer auf demselben Wege der Bestechung, nach Fürstenberg im Braunschweigischen über. Wiederum gründete im Jahre 1756 Ringler die Anstalt in Nymphenburg bei München, und im Jahre 1775 die in Frankenthal in der bairischen Pfalz. Schon vorher, nemlich 1750, errichtete ein gewisser Wegeli die erste Berliner Fabrik. Auch im Auslande, in Petersburg, Kopenhagen, tauchten um diese Zeit ähnliche Anstalten auf.

Entwicklungsgang.

Die so entstandenen Porzellanfabriken waren bis in die ersten Jahrzehnte des 19. Jahrhunderts herein ausschliesslich Bestandtheile der fürstlichen Hofhaltungen und dienten mehr dem Luxus als dem täglichen Bedürfniss. Sie entwickelten übrigens unter ihrer meist einsichtsvollen und erfahrenen Leitung eine ausgebildete von der Chinesischen völlig unabhängige Technik, die sich merkwürdiger Weise mit der letztern übereinstimmend erwies, als diese 1851 durch die Franzosen in Europa bekannt wurde. Diese Technik war das werthvolle Erbtheil, welches die Privatindustrie antrat, als die Porzellanfabrikation sich allmählich von den Höfen emancipirte. Durch Entdeckung neuer Kaolinlager, durch Einführung der billigeren Steinkohlen an die Stelle des Holzes, sowie durch Aufsuchung bequem gelegener Oertlichkeit mit billigstem Arbeitslohn, überflügelte sie alsbald die Mutteranstalten, dem Wettbewerb mit denselben vollkommen gewachsen, an Ausdehnung und Billigkeit des Erzeugnisses. In den letzten Jahrzehnten ist die Privatindustrie zu einer weiteren Stufe durch Theilung der Arbeit vorgeschritten, insofern sich die Fabrikation mehr und mehr in einzelne Zweige, in das Fach der Geschirrfabrikation, in Fabrikation von Puppen und Puppenköpfen, von Pfeifenstummeln u. a. m. auflöste.

Begriff.

Das harte Porzellan, chinesischer wie europäischer Fabrikation, besteht jederzeit aus drei Hauptgemengtheilen: aus dem Thon, aus dem Quarz und aus dem Flussmittel. Nur eine einzige Art von Thon ist zu Porzellan anwendbar, der Kaolin; strengflüssig, bei der Temperatur des Porzellanbrandes höchstens sinternd, sich völlig oder nahezu weissbrennend. Unter Flussmittel versteht man diejenigen Zusätze, die für sich oder mit einem Theil des Quarzes im Porzellanfeuer in Fluss kommen und zu einem strengen, farblosen Glase schmelzen. Als Flussmittel wendet man theils Feldspath oder feldspathhaltige Materialien, theils reinen Kalk (Gyps und Marmor) an. Die ersteren schmelzen für sich, aber auch

noch mit einem beträchtlichen Zusatz von Quarz im Porzellanfeuer; der Kalk nur dadurch, dass er eine bestimmte Menge Quarz zu einem glasigen Fluss aufnimmt. Der dritte Zusatz, der Quarz, soweit er nicht als Flussmittel wirksam ist, dient zur Verminderung der Schwindung und des Verziehens im Feuer, namentlich dazu, das Porzellan mehr durchscheinend zu machen. Kaolin und Flussmittel, z. B. Feldspath, geben für sich ebenfalls Porzellan, aber eine zu dichte, kaum durchscheinende, weniger gefällige Masse.

Für viele Kunstsachen und dahin einschlagende Gegenstände erhält das Porzellan keine Glasur und führt dann die höchst unlogische französische Bezeichnung „*Biscuit*“ *); die übrigen Waaren, namentlich die des täglichen Gebrauchs, Geschirre u. s. f., erhalten eine Glasur.

Wesen des Porzellans.

Es gehört zu den unterscheidenden Merkmalen des harten Porzellans, dass diese Glasur von derselben Natur und Mischung wie das Flussmittel, also diesem homogen und nur etwas leichtflüssiger ist. Durch diese Eigenschaft ist sie inniger mit dem Scherben verbunden und sehr wenig geneigt, durch äussere Einflüsse (Temperaturwechsel) sich von dem Scherben abzulösen oder Risse zu bekommen. Indem sie ferner gleichen Bestand mit dem Flussmittel hat, aus Feldspath oder Kalk mit Quarz und etwas Kaolin hergestellt ist, ist sie auch strengflüssiger und härter, d. h. schwieriger ritzbar als bei irgend einer anderen Thonwaare. Endlich gehört es zu den unterscheidenden Eigenthümlichkeiten des harten Porzellans, dass Scherben und Glasur stets in einem und demselben Brande gar gebrannt werden. Allerdings kommen die zu glasirenden Waaren zweimal ins Feuer, aber der erste nur ganz schwache Brand („*Verglühen*“) ist kein unwesentlicher und dient nur als Unterstützung zum Auftragen der Glasur.

Das harte Porzellan ist demnach anzusehen als eine thonig-quarzige Grundmasse, die sich im Feuer mehr oder weniger porös brennt, getränkt mit dem geschmolzenen Flussmittel, „Fleisch und Bein“ wie die Chinesen sagen. Diese Mischung von thoniger Grundmasse und Fluss verleiht dem Porzellan einen ausgezeichneten Widerstand gegen Temperaturwechsel, eine grosse Härte und beträchtlichen Widerstand gegen chemischen Angriff. Alle diese Vorzüge, von der Glasur getheilt, bilden mit der weissen Farbe und durchscheinenden Beschaffenheit den hohen Werth dieser edelsten der Thonwaaren.

Die Materialien.

Der Kaolin.

Wie sich aus dem Vorhergehenden ergiebt, ist das wesentlichste, weil ausschliesslich Porzellan bildende Material, der Kaolin. Mit dem

*) Biscuit, wörtlich: was zweimal gebrannt ist; ein zweimaliger Brand findet aber hier am allerwenigsten statt.

Begriff Kaolin verhält es sich ähnlich wie mit dem Begriff Thon: die Kaoline, durch gewisse gemeinsame Charaktere zusammengefasst, bieten unter sich unzählige Abweichungen. Während sie die Eigenschaft, sich mehr oder weniger weiss zu brennen und den Ursprung aus gewissen Felsarten gemein haben, so weichen sie doch unter einander eben so sehr ab, als diese Felsarten in ihrer Natur und ihrem Vorkommen. Nicht bloss die Kaoline der verschiedenen Fundorte sind verschieden, sondern auch oft genug die derselben Fundorte, ja ein und derselben Grube. Die Gruben von Passau liegen im engen Umkreise, aber selten liefern zwei Gruben den gleichen Kaolin; die Verbraucher haben in diesem District unter 10 bis 15 schon äusserlich sehr ungleichen Arten zu wählen. Selten trifft man Kaolin auf secundärer Lagerstätte, wie im Thüringer Walde, wo er als Bindemittel eines eigenen Sandsteins vorkommt und in grossem Umfang ausgebeutet wird; sonst immer auf ursprünglicher Lagerstätte. Manche Kaoline sind zart, fett anzufühlen, weich, leicht zusammenballend; manche sind umgekehrt kurz und lose; noch andere bilden zusammenhängende mit dem Messer schneidbare Bruchstücke und Massen. Die meisten knirschen beim Zerreiben, einige nicht. Während einige Kaoline blendend weiss und sehr homogen erscheinen, sind andere mehr oder weniger gelblich bis ins Lehmfarbige *); mitunter wechseln weisse und missfarbige Stellen ohne Regel; gewisse Sorten sind sehr regelmässig mit schwarzen Punkten durchsetzt. Bei allen Kaolinen ist sowohl Bildsamkeit als Bindevermögen (s. S. 283) im Allgemeinen schwach, aber auch in dieser Beziehung walten grosse Unterschiede. — Im Schlämmen zerfallen die Kaoline fast ohne Ausnahme in den feinen thonigen Theil und in den gröberen Rückstand und beide Gemengtheile sind bei den Kaolinen verschiedenen Ursprungs sehr abweichender Natur. Namentlich gilt dies für den gröberen Rückstand: dieser ist zuweilen nur Kaolin in Körnern, meist aber ganz heterogener Natur, sandig, aus unverwitterten Gesteinstrümmern, Feldspath-, Quarzkörnern, Glimmer etc. bestehend. — Alle Kaoline sind insofern feuerfest, als sie im Feuer des Porzellanofens nicht schmelzen, aber sie verhalten sich dabei sehr verschieden. Am gewöhnlichsten brennen sich die Kaoline darin zu einem sandigen Mehl oder doch zu einer wenig zusammenhängenden leichtzerreiblichen sandig anzufühlenden Masse. Einige, wie gewisse Passauer Kaoline, geben im Feuer geradezu Porzellan nur dicht und kaum durchscheinend. Während die besseren eine blendend weisse Farbe im Feuer annehmen, zieht sich die der geringeren mehr und mehr ins Gelbe oder Graue, Schmutzigweisse; die schlechtesten nehmen in Folge von gröberen schmelzbaren Einschlüssen oft ein pockiges Ansehen an von linsen- und erbsengrossen schmutzfarbigen Schlackentropfen. Soweit ist nur vom rohen Kaolin die Rede; selbstverständlich ist das Verhalten im Feuer anders und zwar

Der Kaolin; Eigenschaften.

Verhalten beim Schlämmen

im Feuer.

*) Bei Billom im Departement Puy-de-Dôme kommt ein rosenrother Kaolin vor.

günstiger, wenn eine Schlemmung vorausgeht und die groben, in der Regel auch unreinen und gewöhnlich schmelzbaren Beimengungen abgeschieden werden.

Chemisches Verhalten.

Die Abweichungen im physikalischen Verhalten der Kaoline lassen von vornherein grosse Verschiedenheiten im chemischen Verhalten und Bestand erwarten. Wie schon Seite 269 erwähnt, sind gewisse, aber selten vorkommende Kaoline ganz und gar in concentrirter Schwefelsäure auflöslich (wie manche Passauer); die übrigen nur sehr theilweise. Fast alle Kaoline geben an kohlensaure Alkalien lösliche Kieselerde ab. Nach Entfernung derselben lassen sich durch auf einander folgende Behandlung mit concentrirter Schwefelsäure und ätzendem Alkali diejenigen Antheile Kieselerde und Thonerde ausziehen, die als eigentliche Thonsubstanz, sogenannter „*plastischer*“ Antheil, vorhanden sind. Es bleibt dann ein mehr oder weniger beträchtlicher, durch Säure nicht aufschliessbarer Rückstand, meist unverwitterte Gesteinstrümmer, Feldspath und dergleichen. Nach diesem Verfahren, welches wenigstens von der Wahrheit nicht zu entfernte Werthe gestattet, haben Brogniart und Malaguti 31 Kaoline sehr verschiedenen Ursprungs untersucht. Sie fanden den plastischen Theil in sechs Fällen zwischen 30 und 50 Proc., sonst zwischen 60 bis 90 Proc. Der in Säuren unaufschliessbare Rückstand betrug in wenigen Fällen nur verschwindende Mengen, sonst 20 bis gegen 50 Proc.; wo dieser Rückstand mehr beträgt (z. B. 68 Proc. in einem Fall) kann man das Material füglich nicht mehr Kaolin nennen. Die im Kaolin von Natur enthaltene lösliche Kieselerde überstieg in keinem Fall 12 Proc., ist aber oft nur in Bruchtheilen von Procenten, zuweilen auch gar nicht vorhanden.

Chemischer Bestand.

So wenig wie eine Felsmasse in ihren verschiedenen Richtungen gleichförmig ist, eben so wenig pflegen dies die Kaolinlager zu sein, weder in der äusseren Beschaffenheit, noch in dem chemischen Bestande. Es ist nach dem Obigen sehr begreiflich, dass der chemische Bestand nicht nur bei Kaolinen verschiedener Fundorte, sondern auch verschiedener Gruben desselben Fundortes und sogar derselben Grube in verschiedenen Teufen, oder was dasselbe sagen will, verschiedener Jahrgänge der Förderung wenig übereinstimmen oder stark abweichen. Folgende Beispiele geben dazu nähere Belege:

Die Analysen Nro. 1 bis 7 einschliesslich, von Knaffl, sind Förderungen verschiedener Jahrgänge derselben Fundorte, vielleicht derselben Grube:

Chemischer Bestand.

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
	Passau.			Zettlitz in Ungarn.		Feistritz in Steiermark.	
	1858	1859	1860	1858	1859	1860	1861
Kieselerde	48,21	51,02	46,59	40,89	42,31	53,87	50,78
Thonerde	31,02	31,11	36,54	39,22	38,67	28,12	33,05
Eisenoxyd	0,91	1,05	0,69	1,01	1,02	0,71	1,61
Kalk	0,47	1,63	3,02	1,04	0,45	0,29	1,77
Bittererde	Spur	Spur	1,28	1,27	0,43	Spur	Spur
Kali	3,42	0,81	1,32	1,92	3,52	2,72	3,04
Wasser	16,01	14,23	9,69	13,95	13,24	14,14	10,51
	100,04	99,85	99,13	99,30	99,64	99,85	100,76

Die Analysen Nro. 8, 9 und 10 sind von Sommaruga, von Kaolinen zweier bereits in voriger Tabelle vorkommender Fundorte; die Nro. 10 und 12 von Terreil, spanische Kaoline, sind als ein Beispiel seltener Reinheit und ungewöhnlich hohen Gehalts an gebundenem Wasser hierher gesetzt.

	8.	9.	10.	11.	12.
	Passau.		Zettlitz.	Capo Dogata.	
				Almanzor.	Moabdil.
Kieselerde	45,62	44,90	45,96	47,17	37,99
Thonerde	36,04	34,29	37,97	30,13	31,07
Eisenoxyd	0,78	0,85	0,83	Spur	Spur
Kalk	0,39	1,23	0,20	Spur	Spur
Bittererde	0,02	0,27	0,44	Spur	Spur
Kali	0,45	0,59	1,00	Spur	0,98
Natron	0,31	0,39	0,65	1,32 *)	1,60 *)
Wasser	16,28	16,85	14,21	22,31	28,30
	99,89	99,37	101,26	100,93	99,94

*) Chlornatrium.

Ausser den in obigen Tabellen aufgeführten Körpern, welche den gewöhnlichen Bestand der Kaoline ausmachen, kommen sehr häufig, aber in untergeordneten Beträgen, noch kohlen- und schwefelsaure Salze der alkalischen Erden, auch Chlornatrium, Mangan, etwas organische Substanz, dann kleine Mengen von Vanadin und Titan vor. In dieser Beziehung ist zu beachten, dass der Gehalt an Alkali schon in geringen Mengen die Feuerbeständigkeit benachtheiligt; kaum bedenklich, obwohl ähnlich, ist die Wirkung von kohlensaurem und schwefelsaurem Kalk. Die schwarzen Punkte der schon S. 283 erwähnten Arten Kaolin sind ein höheres mit Chlorwasserstoff Chlor entwickelndes Oxyd des Mangans und insofern ganz unschädlich, als sie im normalen Brand zu Manganoxydul werden und verschwinden. Von Eisenverbindungen kann man nicht dasselbe sagen; welcher Art sie auch sein mögen, so geben sie beim Brennen des Porzellans eine schwarze Oxydulverbindung, von sehr intensiver Färbung, so dass ein geringer Eisengehalt in der Masse vertheilt, sich schon durch einen hässlichen grauen Stich bemerklich macht.

Wahl.

Wie man sieht ist die Auswahl des Kaolins, d. h. die Beurtheilung seines Werthes keine leichte Sache. Neben dem Ansehen, der chemischen Prüfung, ist die Schlämmprobe und das Brennen von rohen und geschlämmten Proben im Porzellanfeuer unentbehrlich und mit jeder Anlieferung, auch von derselben Bezugsquelle und Grube, zu wiederholen. Für die Verfrachtung bei grösseren Entfernungen ist ein Augenmerk auf den Wassergehalt des frisch geförderten grubenfeuchten Kaolins zu richten. Es ist dann gerathen ihn an Ort und Stelle zu trocknen, um so mehr, als er wenig hygroskopisch, seine Feuchtigkeit leicht an die Luft abgiebt. Wo der Kaolin Handelswaare geworden, wie heutzutage häufig, pflegt man ihn nicht nur trocken, sondern auch durch Aufbereitung vorher von den steinigen und von den sonstigen gröberen Beimengungen zu befreien.

Aufbereitung.

Diese durch Aufbereitung abscheidbaren Beimengungen sind nemlich häufig ganz verschiedener Art, theils unverwitterte steinige, theils mehr oder weniger verwitterte erdige. Die ersteren meist, wo nicht in der Regel, nutzbar. Lage der Fabrik, Frachtkosten und ähnliche Umstände müssen für den einzelnen Fall entscheiden, ob man den Kaolin aufbereitet oder roh bezieht. Aber wie die Entscheidung auch fallen mag, die Aufbereitung, namentlich das Schlämmen, kann niemals ohne Nachtheil unterlassen werden, auch dann nicht, wenn der rohe Kaolin ohne weiteres mit den nöthigen Zusätzen ein völlig weisses Porzellan liefert. Diese Regel ist durch die wichtigsten Erfahrungsgründe geboten. Zunächst ist es unmöglich, den Versatz an Fluss und Quarz zu bestimmen, ohne zu wissen, wieviel Feldspath, Sand u. s. w. die rohe Porzellanerde schon an sich enthält. Dann hat die Schlämmung auch den wichtigen Zweck, dem Kaolin die alkalischen Salze möglichst zu entziehen, welche der Masse die gehörige Feuerbeständigkeit benehmend, Verziehungen und Formverwerfungen der Waare, also grossen Verlust zur Folge haben.

Nur ganz ausnahmsweise ist der rohe Kaolin hinreichend homogen und frei genug von färbenden Beimengungen, dass er unmittelbar verarbeitet werden könnte.

Der frisch geförderte Kaolin ist sehr feucht (Passauer enthalten bis 30 Proc. Wasser). Durch Ausbreiten auf einem reinen, gegen Luftzug zugänglichen, aber gegen Staub geschützten Boden in dünner Lage, wird er ziemlich rasch lufttrocken (mit 6 bis 10 Proc. Feuchtigkeit), so dass man ihn zu Mehl zerdrücken und absieben kann. Zum Zerdrücken dienen entweder Handwalzen von Stein von der Einrichtung wie die Gärtnerwalze, von den mit reinen Holzschuhen versehenen Arbeitern über den ausgebreiteten Kaolin hin und her gezogen; oder besser Kollermühlen von Stein und in Holzkasten aufgestellte Cylindersiebe von Messingdraht, welche nur das feine Mehl durchlassen. Man erhält einen Rückstand von Gesteinstrümmern in sehr wechselnden Mengen, je nach der Natur des Kaolins (bei den Passauer Kaolinen nur etwa 2 bis 3 Proc. des lufttrockenen Materials) und das abgesiebte Mehl, welches im Wasser leicht zertheilbar, zum Schlämmen kommt. Wie sich von selbst versteht ist das Sieben nicht in allen Fällen nöthig; es folgt mitunter auch das Schlämmen unmittelbar nach dem Mahlen, so bei den Kaolinen des Thüringer Waldes, wo der Kaolin als Bindemittel eines mürben Sandsteins vorkommt und keine Gemengtheile ausser Quarzsand vorhanden.

Feuchtigkeit.

Sieben.

Zum Schlämmen dienen stufenweise neben- und übereinander aufgestellte Kasten oder Bottiche; die Kasten hat man beim Schlämmen in den Gruben, beim Schlämmen in den Fabriken meist Bottiche; beide in der Regel von Holz, obwohl damit erhebliche Uebelstände verbunden sind. Beim Bearbeiten des Kaolins mit den Rührwerkzeugen lösen sich stets Späne von dem im Wasser erweichenden Holz; ausserdem fault das Holz unter dem Einflusse des immer längere Zeit in den Behältern liegenden Thonschlamms ungewöhnlich rasch; hölzerne Gefässe dauern daher nicht lange, es entstehen leicht Lecke, und droht vermehrte Verunreinigung des Kaolins. Schlämmgefässe von Zinkblech sind daher vorzüglicher. Ein zweites wichtiges Erforderniss ist möglichst reines, namentlich klares Wasser in reichlicher Menge. Trübungen, lehmige Theile u. s. f., aber auch manche gelöste Salze werden von den Kaolinen aufgenommen; karger Wasserzufluss ist schon an sich eine Ursache mittelmässigen Erfolges. Die Aufstellung der Schlämmgefässe muss der Art sein, dass das Wasser durch den freien Fall von dem obersten in das mittlere, von diesem in die untersten — denn dieser sind mehrere — frei ablaufen kann. Der oberste Bottich empfängt das frische Wasser und den zu schlämmenden Kaolin; ein Arbeiter mengt diese mit dem Rührscheit möglichst gleichmässig zusammen; im Anfang sucht er die ganze Masse des Kaolins mit dem Wasser zu mengen, je mehr sich aber der Bottich mit dem zuströmenden Wasser füllt, um so mehr bewegt er nur die Flüssigkeit in einem gewissen Abstande über dem Boden. Auf diese Weise kann sich das Grobe am Boden sammeln, während der

Schlämmen.

Schlämmen. reinere Kaolin im Wasser schweben bleibt. Man lässt die Thonmilch dann durch einen Zapfen oder Hahn, einige Zoll über dem Boden in den zweiten nächst tieferen Bottich, aber nicht unmittelbar, sondern durch ein feines Sieb einlaufen. Es scheiden sich nemlich auch Unreinigkeiten, namentlich Holzspäne und dergleichen, auf der Oberfläche der Thonmilch ab, die das Sieb zurückhält. Im zweiten Bottich lässt die Thonmilch abermals Schlämmsatz und zwar von feinerem Korn fallen. Durch einen Hahn lässt man die „klare", d. h. von Bodensatz freie Thonmilch in die unteren Sammelbehälter, worin sich der geschlämmte Kaolin absetzt. Dieses Absetzen findet nur sehr langsam, wie bei allen Thonen, statt. Für die Scheidung des Schlämmsatzes sehr förderlich, erschwert diese Langsamkeit die Scheidung des feinen Kaolins vom überschüssigen Wasser, welche jedenfalls mehrere Tage erfordert. Aus diesem Grunde hat man immer mehrere Sammelbehälter nothwendig, um die nöthige Zeit zu gewinnen. Auch beim Füllen der Sammelbehälter ist es rathsam, die Thonmilch nochmals durch ein Sieb gehen zu lassen und zwar ein feineres; denn für den mittleren Behälter muss das Sieb jedenfalls noch fein genug sein, um den in diesen Behälter übergehenden feinen Schlämmsatz noch durchzulassen. Man fährt in der beschriebenen Weise fort, eine Beschickung nach der anderen in dem oberen Bottich zu verarbeiten. Statt dessen kann man aber auch in ununterbrochener Arbeit schlämmen, was namentlich dann geschieht, wenn man Ueberfluss an Wasser hat. In den obersten Bottich läuft dann ununterbrochen Wasser zu und wird in kurzen Zwischenräumen immer frischer Kaolin eingetragen. Nur wenn sich der Schlämmsatz zu stark angehäuft hat, findet eine Pause zum Ausräumen desselben statt. Es ist gut, den obersten Bottich für diese Art zu Schlämmen etwas tiefer zu wählen.

In den Sammelbehältern sieht man den geschlämmten Kaolin allmählich zu Boden gehen, so dass man den weissen Schlamm durch das klare darüber stehende Wasser erblickt. Wie lange man auch warten mag, so findet eine ganz vollkommene Klärung nicht statt; das Wasser zeigt immer noch eine leichte unbedeutende Trübung, die übrigens keiner weiteren Berücksichtigung lohnt *). Das Absetzen des Kaolins lässt sich bedeutend beschleunigen durch Zusatz von etwas Alaunlösung zur Thonmilch, doch ist die Anwendung dieses Mittels nicht sehr rathsam, insbesondere wenn der Alaun fixes Alkali enthält, welches leicht an den Kaolin übergeht und sehr nachtheilig werden kann. Höchste Reinlichkeit beim Schlämmen ist nicht genug zu empfehlen.

Anstatt des Schlämmens von Hand hat man zweckmässigere mechanische Vorrichtungen. In einem 1 Meter weiten Bottich ist eine stehende

---

*) Man hat in Fürstenberg a. d. Weser die seltsame Beobachtung gemacht, dass der abgeschlämmte Kaolin sich aus dem dortigen (keinen Kesselstein bildenden) Betriebswasser gar nicht absetzt wenn es frisch, aber wie gewöhnlich absetzt, wenn es einigemal zum Schlämmen gebraucht worden.

mit Maschinenkraft getriebene Welle mit vier Armen. Die Arme sind der Art mit Stäben oder Zinken versehen, dass sie einen Rechen bilden; am Boden des Bottichs befinden sich ähnliche aber feststehende Rechen. Die Zähne der beweglichen Rechen gehen zwischen den Zinken der feststehenden Rechen durch. Nachdem der Kaolin mit Wasser in diesem Bottich vollkommen aufgerührt ist, lässt man den ganzen Inhalt durch einen Zapfen am Boden in einen tieferstehenden Bottich, worin die weitere Schlämmung durch Absitzen stattfindet. Schlämmen.

Der Rückstand vom Schlämmen ist natürlich je nach der Art des Kaolins sehr verschieden: mitunter steinige, im Feuer zu missfarbiger Schlacke schmelzende Beimengungen, die als schädlich zu entfernen sind; bald feldspathiger Sand, der als Flussmittel Verwendung findet, bald blosser Quarzsand, bald noch anderes. Ein sehr ungünstiger Fall ist der der Passauer Kaoline, die einen grossen Theil ihres thonigen Bestandes in Gestalt von kleinen, zwar weichen, aber doch ziemlich dichten Körnern enthalten, die unter den Walzen nicht zerquetscht werden. Ausser den wenigen Gesteinstrümmern, die schon beim Sieben zurückbleiben, führen diese Kaoline nichts Fremdartiges; die Schlämmung scheidet daher Kaolin von Kaolin, den feinen reineren mehligen von dem unreinen groben, der in zweierlei Korn erhalten wird, beispielsweise in folgenden Verhältnissen (Rohmaterial von der Rana bei Passau):

Grober Schlämmsatz	30,0	34,2	34,4	28,4
Feiner „	23,2	28,6	21,4	19,4
Geschlämmter Kaolin	46,8	37,2	44,2	52,2
	100,0	100,0	100,0	100,0

Der grobe Kaolin, der Schlämmsatz, giebt ganz ebenso Porzellan wie das feine Schlämmprodukt, nur von einem üblen grauen Farbenton durch grösseren Eisengehalt. Er kann unter Umständen zu Waaren Verwendung finden, bei denen es auf rein weisse Farbe nicht ankommt (Telegraph-Isolatoren). Sonst muss man sich den ungeheuren Abgang von mehr als dem halben Gewicht der trockenen gesiebten Erde gefallen lassen, der übrigens bei anderen Passauer Kaolinen viel weniger, nur 20 bis 30 Proc. beträgt.

Die bedeutenden Veränderungen des Kaolins beim Schlämmen werden sehr gut aus nachstehenden vergleichenden Analysen ersichtlich: 1. eine Sorte sehr reiner spanischer Kaolin von Cap Degata (Seite 285) nach Terreil, im gebrannten Zustande; 2. Kaolin von Brenditz bei Znaim, von Knauer, ungebrannt: Wirkung des Schlämmens.

	1.			2.	
	Von Alambra *)			Von Brenditz	
	roh	geschlämmt		roh	geschlämmt
Kieselerde .	61,40	41,63	Kieselerde	69,62	51,82
Thonerde .	24,21	31,81	Thonerde	25,57	46,20
Kali . . .	0,65	0,18	Eisenoxyd	3,86	Spur
Chlorkalium	1,26	Spur	Kohlens. Kalk . . .	0,56	—
Wasser . .	12,19	26,32	Kohlens. Bittererde	0,12	0,81
	99,71	99,94		99,73	98,83

*) Darin ausserdem Spuren von Chlornatrium, schwefelsaurem Kalk, sonstigen Kalk- und Bittererdesalzen (kohlensaure?), Eisenoxyd, Vanadin und organische Substanz.

Die Analyse des spanischen erweist eine bedeutende Minderung des Alkali- (hier Kali-) Gehaltes auf den zehnten Theil als wichtiges Ergebniss der Schlämmung; ebenso ergiebt die Analyse des Brenditzer Kaolins fast vollständige Beseitigung des reichlich vorhandenen Eisenoxydes (worauf man keineswegs immer rechnen kann). Beide Analysen machen ferner ersichtlich, wie durch Abscheidung von beigemengten kieseligen Theilen die Kieselerde auffallend ab- und die Thonerde in gleichem Grade zunimmt. — Zu den dem Kaolin eigenen Bestandtheilen kommen noch diejenigen hinzu, die er während des Schlämmens aus dem Wasser aufgenommen, oder die in demjenigen Antheil Wasser enthalten sind, mit dem er durchtränkt in die Porzellanmasse gelangt. Insofern diese letztere auf nassem Wege bereitet und nass verarbeitet wird, hat es dann nur doppelte Arbeit, den geschlämmten Kaolin vor seiner Verwendung zu trocknen; man verarbeitet ihn wie er sich in den Schlämmbehältern absetzt, als steifen Schlamm, um so mehr, als er beim Trocknen unfehlbar durch Staub, Insekten und dergleichen verunreinigt wird.

Verhalten geschlämmter Kaoline.

Bei der grossen Verschiedenheit des Ursprungs und der Natur der Kaoline ist von vornherein nicht zu erwarten, dass sie im geschlämmten Zustande in ihrem chemischen Bestande sehr übereinstimmen. Alle Kaoline sind von geringem Bindevermögen. Sie stehen im Feuer in geringerem Grade oft ebensogut als die eigentlichen feuerfesten Thone und zeigen grosse Abweichungen, wie aus folgenden Bestimmungen von C. Bischof hervorgeht: Die Kaoline bei Schmelzhitze des Platins gebrannt, geben entweder eine ganz trockene Masse, innerlich und äusserlich ohne Anzeige von

Fluss (so der von Zettlitz und von Aue), oder sie zeigen eine beginnende Schmelzung durch einen gewissen Glanz, sogenannten „*Schweiss*“, entweder nur aussen, oder nur auf dem Bruch oder in jeder Art. Bischof suchte die Feuerfestigkeit nach der Menge des Zusatzes einer Mischung von 2 Gemengtheilen reiner Thonerde mit 1 Gemengtheil reiner Kieselerde zu bestimmen, welche eben hinreicht, dem Kaolin den Schweiss zu benehmen; in der Tabelle ist dieser Betrag in Zehnteln des Kaolins angegeben; ferner ist darin der Sauerstoffgehalt der Kieselerde und der Flussmittel auf je 10 Thle. Sauerstoff der Thonerde angegeben; unter „Flussmittel“ ist die Summe der Basen (Kalk, Bittererde, Eisenoxyde, Alkalien) verstanden, welche den Kaolin leichtflüssiger machen.

Fundort	Entstanden aus	Bindevermögen *)	Feuerfestigkeit	Sauerstoff		Schweiss	
				der Kieselerde	der Flussmittel	aussen	auf dem Bruche
Zettlitz bei Karlsbad	?	3	2	13,5	0,7	gar keiner	
Halle	Porphyr	3	9 — 10	31,2	1,3	stark	
Aue bei Schneeberg	Granit	2 — 3	über 10	—	0,9	gar keiner	
Seilitz bei Meissen	Porphyr und Felsit	3 — 4	8	—	—	wenig	kaum
Sornzig bei Oschatz	Quarzporphyr	3	2	—	—	deutlich	keiner
St. Yrieix bei Limoges	Pegmatit	3 — 4	7 — 8	14,7	0,9	wenig	keiner
Colette, Algier	?	3	2	13,3	0,6	deutlich	keiner
Bretagne	?	3	10	14,7	0,9	keiner	wenig
Pilsen, Böhmen	Granit	3	9	14,8	1,2	keiner	deutlich
St. Austell, Cornwall	Granit	3	4	15,3	0,6	kaum	wenig

*) Vergl. S. 266.

Es kommen zuweilen Thone anderer Art von so weisser Farbe vor, dass sie mit geschlämmtem Kaolin verwechselt werden können. Sie unterscheiden sich schon von vornherein durch ihr Verhalten gegen concentrirte Schwefelsäure, indem diese Thone nicht in der Kälte, wie die Kaoline, davon angegriffen werden, sondern erst in der Hitze; dabei klärt sich die Säure bei den Kaolinen schwerer, bei jenen Thonen leicht (Elsner).

Der Feldspath.

Feldspathe kommen in der Regel als Gemengtheile von Felsarten vor; mitunter nur mit Quarz in gewissen Graniten (Pegmatit), den man ohnehin dem Porzellan zusetzt. An manchen Orten finden sich die Feldspathe der Art in grösseren Massen ausgeschieden, dass sie für sich gewonnen werden können. Manche Kaoline hinterlassen beim Schlämmen Feldspath oder feldspathhaltige Gesteinstrümmer, die man dann als Porzellanversatz gebraucht, so in der Fabrik von Sèvres den aus Pegmatit bestehenden Schlämmsand. In der Regel ist man genöthigt, den Feldspath aus dem Handel zu beziehen. Er kommt aus Amerika, aus Spanien, aus Schweden und Norwegen. Die deutschen Fabriken pflegen meist den letzteren, mehr noch einheimische Feldspathe von Karlsbad, von Wunsiedel, aus Schlesien und von Bodenmais im bairischen Walde zu beziehen, wovon schon bei einer frühern Gelegenheit die Rede war (Bd. II, Abtheil. I, S. 22). Die Feldspathe der genannten Quellen scheinen mehr Kalifeldspathe oder gemischter Natur zu sein, wie der böhmische, den man in der k. k. Porzellanmanufaktur in Wien verarbeitet. Eine Probe davon bestand aus: Ursprung. Bestand.

Kieselerde . . .	65,87
Thonerde . . .	25,66
Eisenoxyd . . .	0,27
Kalk	0,36
Bittererde . . .	0,10
Kali	4,71
Natron	3,09
Wasser	0,58
	100,64

mit Spuren von Mangan (Sommaruga).

Andere Arten, Albit u. s. w., mögen dazwischen vorkommen und ebenso tauglich sein. Einmischung von schädlichen Materialien, wie Glimmer, Hornblende, sind möglichst zu vermeiden und damit behaftete Stücke auszulesen.

Der Quarz.

Aehnliches wie für den Feldspath gilt auch für den Quarz. Er kann in sehr reinem Zustande als derber Quarz gebrochen werden, so in Bodenmais mit dem Feldspath. Ein solcher enthielt 98,96 Proc. Kieselerde mit etwas Kalk und Wasser (v. Sommaruga). Milchquarz ist mehrentheils weniger rein. Eine billige Quelle für Quarz ist das Sammeln von Geschieben dieses Minerals, an vielen Orten häufig aber auch oft mit Adern von Eisenoxyd durchsetzt; man kann daher nicht vorsichtig genug in der Auswahl sein. Am meisten wendet man Sand an; er ist das am leichtesten zu habende, aber auch am schwierigsten rein zu beschaffende Material. Beimengungen von Thonerde, Kalk, Bittererde schaden nicht, aber die von Glimmer, Eisenoxydhydrat u. dergl. desto mehr. Die Fabriken des Thüringer Waldes bedienen sieh des brauchbaren Quarzsandes vom Schlämmen des Kaolins *).

Der Kalk.

Den Versatz von Kalk anlangend, so bedienen sich die Fabriken je nach ihrer Lage verschiedener kalkiger Naturprodukte. Der gewöhnliche Kalkstein ist nicht rein genug, meist zu sehr mit kohlensaurem Eisenoxydul, Eisenoxydhydrat, eisenhaltigen Silicaten behaftet. In Sèvres verwendet man die Kreide aus der Nähe von Bougival und Meudon mit etwa 96 Proc. kohlensaurem Kalk und sehr wenig Mangan und Eisen, die um so weniger in Betracht kommen, als man in Sèvres der Masse überhaupt nur wenige Procente (3 bis 6) Kalk zusetzt. Wo der Kalk als wesentlicherer Bestandtheil eintritt ist es damit genauer zu nehmen. In Nymphenburg pflegte man herkömmlicher Weise den auf den Flössen der Isar herabkommenden Gyps von Marquardstein zu benutzen, ersetzte aber später dieses ziemlich kostspielige und doch nicht sehr reine Material durch die Abfälle von weissem Marmor der zahlreichen Bildhauerwerkstätten von München, welcher nur den Transport nach der Fabrik kostet, fast chemisch reiner kohlensaurer Kalk ist und bei gleichem Gewichte mehr Kalk enthält (100 Gwthle. Marmor sind gleichwerthig mit 136 Gwthln. Gyps).

---

*) Von Java verschifft man sogenannten Bambuszucker oder „Tabashire“, eine kieselige Concretion aus den Knoten des Bambusrohrs zur Porzellanfabrikation nach China (Bleekrode). Sie enthält: 86,4 Proc. lösliche Kieselerde, 0,4 Proc. Eisenoxyd, 0,2 Proc. Kalk, 4,8 Proc. Kali, 7,6 Proc. Wasser und 0,5 Proc. organische Substanz (Rost van Tonningen). Für das Porzellan ersetzt es zu gleicher Zeit Feldspath und Quarz. In peruanischem Tabashire fand Turner 30 Proc. Kali.

Porzellanscherben.

Porzellanscherben, welche in den Fabriken in ziemlicher Menge als Bruch abfallen, sind unter andern in Nymphenburg der Porzellanmasse zugesetzt worden. Wahrscheinlich lag der Gedanke einer Wiederbenutzung des Rohmaterials in dieser billigsten Form zu Grunde. Die übrigen Porzellanfabriken sind übrigens gerechtfertigt, wenn sie sich dieser Wiederbenutzung, wenigstens der hartgebrannten Scherben, enthalten, denn diese sind ungewöhnlich hart und zähe, so dass die Zerkleinerung durch Arbeit und starke Abnutzung der Geräthe theuer und verunreinigend wird. In den Städten gesammelte Scherben stammen von den verschiedenartigsten Sorten Porzellan her und sind durch die Einmischung von Fayence-, von Milchglasscherben und Schmutz kaum zulässig; Scherben von bemaltem Porzellan fallen ohnehin weg. Zugutemachen der weichen verglühten Scherben ist eher zu empfehlen, ist aber eben so selten im Gebrauch. In Bezug auf die Anwendung von Porzellanscherben verdient eine eigenthümliche Erfahrung Erwähnung: verglühte und hartgebrannte Scherben von ein und derselben Masse an ein und derselben Stelle im Scharffeuer eingesetzt, verhalten sich ungleich; die verglühten strengflüssiger, die harten leichtflüssiger.

Zerkleinerung der Materialien und Herstellung der Masse.

Während die Porzellanerde den höchsten Grad der Zertheilung, wie er zur Masse erforderlich, schon an und für sich besitzt, muss derselbe den übrigen Ingredienzien erst künstlich gegeben werden. Wo man den Quarz als Sand anwendet, wird dieser unmittelbar gemahlen, alle in Stücken angelieferten Zusätze müssen vor dem Mahlen gröblich gepulvert werden, so der derbe Quarz, Feldspath, Kalk. Die Zerkleinerung des Quarzes ist bei der grossen Härte dieses Materials weitaus am schwierigsten. Schon beim Glase (Bd. II, Abtheil. I, S. 23) ist auseinandergesetzt, dass man denselben durch Glühen und Ablöschen mürbe macht und wie man dabei verfährt. Auch ist an jener Stelle auf die gesundheitsgefährliche Natur des Quarzstaubes hingewiesen und die Verwerflichkeit der Zerkleinerung des Quarzes durch Pochstempel in Bezug auf die damit unzertrennliche starke Verstäubung. Alles dies gilt in ganz gleicher Weise für die Porzellanfabrikation und noch mehr. Bei der grossen Empfindlichkeit des Porzellans, insbesondere der weissen Farbe durch Einmischung fremder Körper, ist die Wahl des Materials der Pochschuhe schon schwierig. Gusseisen wird sehr rasch abgenutzt und veranlasst, wie man sich leicht mit dem Magneten überzeugen kann, eine beständige Einmischung von Eisenkörnern, wodurch leicht grosser Schaden bei vermehrtem Ausschuss

Pochen.

an Waare entsteht, wie diejenigen Fabriken haben zu ihrem Nachtheil erfahren müssen, die mit gusseisernen Pochschuhen arbeiteten. Am besten macht man die Pochschuhe von einer passenden Gattung Stahl, der sich ungleich langsamer abnutzt als Gusseisen, oder auch von Stein. Natürlich muss der Stein von der Art sein, dass er nichts Fremdes in die Porzellanmasse bringt: Quarz, glimmerfreie Granite, Porphyr, überhaupt Gesteine, die nur aus Feldspath und Quarz bestehen, sind brauchbar. Sie werden nur roh zugehauen und mit dem oberen dünneren Theil zwischen die gespaltenen Stempel des Pochwerks mittelst umgelegter Spang' und Schraub' eingeklemmt. Man soll Pochstempel nur zum Vorbrechen, zur eigentlichen Zerkleinerung aber Kollermühlen von Gesteinen der genannten Gattung anwenden; sie geben kaum Staub, bei schwacher Befeuchtung des Quarzes gar keinen und leisten ungleich mehr als Pochwerke. Die Streichklingen, welche den zur Seite gequetschten Quarz wieder in die Bahn der stehenden Steine streichen, sind von Kupfer, nicht von Eisen zu machen. Ebenso ist anzurathen kupferne Schaufeln zu gebrauchen. Die Bedienung der Kollermühle wird wesentlich erleichtert, wenn man nicht die stehenden Steine, sondern die Pfanne durch die Transmission in Bewegung setzt. Mit den Kollermühlen ist ein in ein hölzernes Gehäuse eingeschlossenes Hohlsieb in Verbindung, am besten ein sechs- oder achteckiges, aus eben so viel flachen Sieben zusammengesetzt, die einzeln im Fall der Schadhaftigkeit ausgewechselt werden können. — Feldspath behandelt man ebenso wie den Quarz. Bei dem Kalk, der von Natur hinreichend weich ist, fällt das Glühen und Ablöschen weg.

Kollermühlen.

Sieben.

Mahlen der Masse.

Durch die beschriebene Behandlung erhält man die zum Versatz der Porzellanerde dienenden Materialien in Gestalt von grobem Pulver, von mit Staub vermischtem Sand. Es erübrigt die weitere Zerkleinerung bis zum unfühlbaren Korn. Dieser zweite Act der Zerkleinerung findet in allen Porzellanfabriken durch einen Mahlprocess auf nassem Wege, aber sonst in sehr verschiedener Art statt. Bei der Beurtheilung von dem Werth des Verfahrens sind folgende Hauptpunkte ins Auge zu fassen: 1) die Schönheit, namentlich Güte und Dauerhaftigkeit des Porzellans hängt in hohem Grade von der innigen Mischung der Bestandtheile ab; 2) ebenso die Innigkeit und Gleichförmigkeit der Mischung von der äussersten Zertheilung der Stoffe, die man kaum weit genug treiben kann; 3) das Mahlen der Bestandtheile und die Mischung derselben verursachen beträchtliche Kosten, es ruht daher grosses Gewicht auf Ersparniss, namentlich an Arbeitslohn. Die Abnehmer und Verbraucher der Waare wissen im Allgemeinen die Güte weniger zu beurtheilen als das Ansehen und den Preis; der Fabrikant, aus diesem Grunde weniger an der Haltbarkeit als an dem äussern Ansehen interessirt, neigt daher mehr zu den billigsten, als zu den zweckmässigsten Methoden. Folgende sind nun die in der Ausübung vorliegenden Verschiedenheiten: Entweder werden die Materialien des Versatzes für sich gemahlen, und zuletzt wenn sie die erforderliche Feinheit erreicht haben, mit der

Porzellanerde zur Masse gemischt; oder die ungemahlenen Zuthaten werden mit der Porzellanerde vorher gemischt und das Gemenge zusammen bis zur erforderlichen Feinheit gemahlen. Im ersten Fall ist der weitere Vortheil zulässig, die einzelnen Zuthaten mit viel Wasser als dünne Schlempe zu mahlen, wobei die Mühle während der Zerkleinerung ohne Aufsicht arbeitet. Im andern Fall, wenn alle Bestandtheile der Masse gleich mit der Porzellanerde eingebracht und gemahlen werden, kann nur wenig Wasser zugesetzt werden, weil sich sonst die Gemengtheile nach ihrem specifischen Gewicht scheiden, die Masse sich entmischen würde. Das Ganze bildet einen halbflüssigen Brei, der wiederholt durch die Mühle gehen muss; der Mahlprocess erfordert dabei beständige Bedienung durch die Arbeiter. Der Weg, die Zuthaten für sich zu mahlen, ist demnach ohne Vergleich billiger an Arbeitslohn und heutzutage der weitaus herrschende. Der andere Weg, das Zusammenmahlen sämmtlicher Bestandtheile der Masse zugleich, ist viel kostspieliger an Arbeitslohn, liefert aber eine Innigkeit und Gleichförmigkeit der Mischung, die nach jener Behandlung in gleichem Grade nicht zu erwarten ist.

Neuere Mühlen.

Die selbstthätigen Mühlen arbeiten mit zwei liegenden Steinen, dem ruhig liegenden Bodenstein *a*, Fig. 151 (a. f. S.), und dem allein bewegten Läufer *b*. Der Läufer ruht mit seinem ganzen Gewicht auf dem Bodenstein und darf deshalb der Durchmesser des Mahlgangs nicht mehr als etwa $^3/_4$ Meter sein. Den Mahlgang umgiebt eine Zarge von Holz, welche ihn um 15 Centimeter an Höhe, und zugleich 20 Centimeter im lichten Durchmesser übertrifft. Es bleibt so ein ringförmiger Zwischenraum von 10 Centimeter; dieser ist auf die Höhe des Bodensteins mit der oben trichterförmig abgeschrägten Holzfüllung *C* ausgelegt und ist nur um den Läufer herum frei. Der freie Raum um und über dem Läufer dient zur Aufnahme des vorläufig zerkleinerten Materials und des Wassers. Durch die Bewegung des Läufers bildet beides eine Schlempe, in welcher die feineren Theile schweben bleiben, die gröberen Theile sich zu Boden begeben und dort zwischen die Steine gelangen. Um dieses zu befördern schrägt man die Mahlfläche des Läufers an einer Seite ab, so dass sie von dem Bodenstein an dem Umfang um wenige Centimeter absteht, Fig. 152, und lässt den Läufer nur etwa vier Umgänge in der Minute machen; diese Geschwindigkeit des Läufers, also auch der in der Zarge kreisenden Schlempe, erlaubt den groben Theilen sich zu Boden zu senken. Durch Ziehen einer Schütze kann das fertige Mahlgut mit dem Zapfen zu weiterer Bearbeitung abgelassen werden. Der Läufer wird von oben getrieben durch die beiden konischen Zahnräder *k* und *n*. Durch den Hebel *f* kann der Mitnehmer zwischen die Speichen des Rades *n* ein- und von da ausgerückt, der Mahlgang also mit einem Ruck in Ruhe gesetzt oder angelassen werden. Man wählt theils kreisförmige Läufer wie in der Abbildung, die dann nach einem Kreisabschnitt zugehauen sind, Fig. 152, oder einen Ausschnitt wie Fig. 153 erhalten, damit sie das Mahlgut besser zwischen die Mahlflächen lasse; theils giebt

Neuere Mühlen.

man den Läufern eine ovale oder elliptische Gestalt. Die Beschickung eines solchen Mahlgangs kann 40 bis 80 Kilogr. betragen; sie mahlen in 24 Stunden etwa 60 Kilogr. Quarz, 80 Kilogr. Feldspath und noch mehr Kalk fein. Die Beschickung darf nicht auf einmal, sondern nur in kleineren Antheilen nach und nach zugegeben werden. Eine Porzellanfabrik bedarf je nach ihrem Umfang 6 bis 12 und mehr dieser Mahlgänge. Die Gegenwart des Arbeiters ist nur beim Beschicken und Entleeren, nicht in der langen Zwischenzeit erforderlich. Geht ein Mahlgang so langsam oder steht er so lange still, dass das Quarz- u. s. w. Mehl sich absetzen kann, so kittet dies die Steine so fest zusammen, dass man den

Fig. 151.

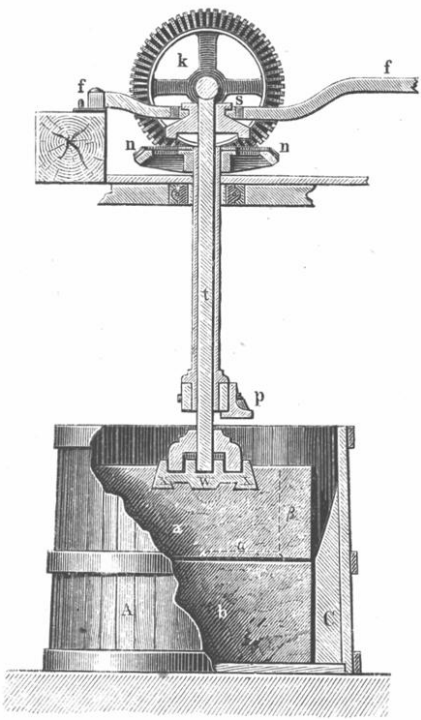


Fig. 152.

Fig. 153.

Läufer vor dem Wiederanlassen mit dem Hebegeschirr lüften muss, sonst setzt derselbe unter gefährlicher Erschütterung des gangbaren Zeugs sprungweise oder hüpfend in Bewegung.

Für die Beurtheilung der Feinheit des Mahlgutes hat man keinen andern Anhalt als Erfahrung und Uebung der Arbeiter; sie probiren es zwischen den Zähnen, die ungleich feiner empfinden als die Fingerspitzen. Die Masse gilt als fein, wenn sie alles sandige und körnige Anfühlen

verloren und nur noch gelinde knirscht. Denn es ist unmöglich, Quarz und dergleichen so fein zu mahlen, dass er gänzlich zu knirschen aufhört. Nachdem die aus den Mühlgängen abgelassene Schlempe von den etwa noch beigemengten gröberen Theilchen durch kurzes Stehen in der Ruhe befreit ist, zapft man sie in einen Satzbottich, um das Wasser soweit abzusondern, bis der rückständige Schlamm Rahmconsitenz besitzt.

Alle Zuthaten der Masse befinden sich somit im Zustande eines Schlammes vorräthig und werden nun vorschriftsmässig, aber nach dem Volum zusammengemischt. Zu dem Ende ist durch Proben im Kleinen vorher der Trockengehalt des wohlaufgerührten Schlammes zu ermitteln. Die in den Mischbottich gelassenen Schlämme müssen aufs sorgfältigste, sei es mit dem Rührscheit von Hand oder mittelst mechanischer Rührvorrichtungen gemengt werden. Diese Arbeit bietet Schwierigkeiten, denn insofern die Bestandtheile der Masse alle von gleicher Farbe und gleichem Ansehen, giebt das Auge keinen Anhalt über die Gleichmässigkeit der Mischung, während die Ungleichheit des specif. Gewichtes ihnen ein Bestreben ertheilt, sich von einander zu scheiden. Es wäre daher sehr verfehlt, das Gemisch, wenn es hinreichende Gleichförmigkeit erlangt hat, etwa durch Absitzenlassen vom überschüssigen Wasser zu befreien, um ihm die Consistenz eines bildsamen Teigs zu geben, wie dies für die Formerei jederzeit erforderlich. Die Masse wird vielmehr sofort in der weiter unten zu beschreibenden Weise durch Pressen verdichtet.

Ältere Mühlen.

Die Mühlen der zweiten Art unterscheiden sich zunächst darin, dass sie nicht die Zuthaten einzeln, sondern zusammen nach den vorschriftsmässigen Gewichtsverhältnissen gemengt vermahlen. Quarz, Kalk u. s. w. wiegt man so wie sie von den Sieben der Kollermühle kommen, trocken zusammen, die geschlämmte Porzellanerde ebenso, wenn sie trocken bezogen wird. Schlämmt man die Porzellanerde in der Fabrik, so ist es bequemer, sie nass nach dem Volumen zuzumessen, nach Massgabe des vorher ermittelten Trockengehaltes. In jedem Fall werden die Zuthaten erst nur mit einem Theil der Porzellanerde vermahlen und der Rest allmählich zugesetzt. Die Menge des Wassers ist so zu bemessen, dass weder eine dünne Schlempe, noch ein bildsamer Teig, sondern ein dickflüssiger Schlamm entsteht. Die mechanische Einrichtung der Mühlen ist im Wesentlichen die der Getreidemühlen: ruhender Bodenstein, beweglicher Läufer, beide von weit grösseren Dimensionen, als bei den vorigen Mühlen, etwa 1 Meter Durchmesser bei eben so viel Höhe, völlig cylindrisch. Die Mahlflächen sind geschärft, d. h. mit eingehauenen Furchen versehen, die von Zeit zu Zeit nachgeholt werden. In der Mitte beider Steine ist ein rundes Loch, etwa 2 Decimeter weit. Der Läufer wird von unten getrieben, indem das Mühleisen (die Axe) durch den Bodenstein hindurch in den Läufer eingreift. Der Zwischenraum zwischen der Axe und dem Loch des Bodensteins ist mit einer Holzbüchse ausgefüllt, hinreichend gedrang, dass keine Masse durchsickert, aber

auch keine zu grosse Reibung entsteht. In der Mitte des Läufers endigt die Axe und steht mit demselben durch eine Pratze in Verbindung; das Mittelloch des Läufers, „*das Auge*“, bleibt offen und dient zum Einbringen des Mahlgutes. Der Bodenstein ist mit einer hölzernen Zarge umgeben, welche um 1 Decimeter über die Mahlflächen emporragt, also den Läufer zum grössten Theil seiner Höhe frei lässt. Der Abstand der Zarge vom Bodenstein, etwa handbreit, ist bis zur Höhe der Mahlfläche mit Gyps ausgegossen. Während bei den vorher beschriebenen Mühlen der Läufer mit seinem ganzen Gewicht auf dem Bodenstein lastet, so ist dies bei in Rede stehenden Mühlen nicht der Fall; der Läufer hängt oder schwebt vielmehr frei auf der Axe und kann mit dieser gehoben oder dem Bodenstein beliebig nahe gebracht werden. Die Spur, in welcher das Mühleisen läuft, kann nemlich durch ein Hebelwerk nach Bedürfniss gesenkt oder gehoben werden. Dies ist bei der bezeichneten Aufstellung des Läufers schon wegen der raschen Abnutzung der Steine nothwendig, die doch mit den Mahlflächen sich fast berühren müssen. Es können höchstens drei Mahlgänge durch denselben Arbeiter bedient werden, welchem zunächst obliegt, die ins Grobe mit Wasser angemachten Materialien mit der Kelle in das Auge des Läufers einzutragen; bis zum Bodenstein gesunken, gelangen sie zwischen die Mahlflächen und werden, von der Bewegung derselben zerrieben, theils durch ihren eigenen Druck, theils durch die Centrifugalkraft, in den Zwischenraum zwischen den Steinen und der Zarge hinausgetrieben. Von dort streicht der Arbeiter das Durchgegangene nach einem Ausschnitt mit Rinne, durch den es in den untergesetzten Bottich fällt. Das Aufgeben geschieht so, dass das Läuferauge stets mit der Masse beiläufig angefüllt bleibt. Die Masse bewegt sich natürlich nur langsam zwischen den Steinen durch, die nicht über 25 Umdrehungen in der Minute machen sollen. Da die Masse jederzeit mehrmals, gewöhnlich dreimal durch die Steine muss, so bedingt diese Art zu mahlen grossen Zeitaufwand, aber zugleich grosse Feinheit und die innigste Mischung. Die Beschickung für den Mahlgang ist 3 Centner Trockengewicht; eine Mühle von 6 Gängen liefert nicht über 13 bis 14 Beschickungen die Woche, bei einer Arbeit von täglich 10 Stunden. Es kommen daher auf jede Mischung zum Fertigmachen 23 Stunden.

Wegen der raschen Abnutzung der Steine ist es bei Mühlen jeder Art wichtig, dass die Steine keine der Porzellanmasse schädlichen Bestandtheile enthalten; glimmerfreie Granite, Porphyre z. B. sind passend.

Schlämmen der Masse.

Die nach der einen oder andern Art bereitete Masse muss noch aus der breiigen in die zum Formen vorzugsweise erforderliche teigige Beschaffenheit gebracht werden durch Beseitigung des überschüssigen Wassers. Zuvor pflegt man sie aber durch ein feines Sieb zu lassen zur Entfernung von Holzspähnen und dergleichen Unreinigkeiten. Ausnahmsweise verbindet man diese Reinigung mit einer besondern Schlämmung, so in der k. k. Wiener Porzellanfabrik. Die Masse wird dort

durch ein Rührwerk in einem Strom von warmem Wasser (30° bis 40° C.) aufgerührt und durch eine Reihe sehr feiner Siebe in Behälter (aus Cement gemauert) zum Absitzen geleitet. In 8 bis 9 Tagen hat dies soweit stattgefunden, dass man das klare Wasser mit Kautschukhebern abziehen kann. Bei dieser Schlämmung handelt es sich nicht um Sonderung gröberer Theile von den feineren, sondern um einen Zweck, welcher sich sehr deutlich aus dem Vergleich des chemischen Bestandes der Masse mit dem der dazu verwendeten Ingredienzien ergiebt. Nach der bestehenden Vorschrift wird die Masse zusammengemischt aus:

Passauer Kaolin		Zettlitzer Kaolin	Geschmolzener Feldspath	Kalk, kohlens.	Quarz	
I. Sorte	II. Sorte					
25,25	27,75	24,50	14,25	3,75	4,50	= 100,000

Nach diesem Mischungsverhältniss und der Elementaranalyse der einzelnen Gemengtheile lässt sich der Bestand der Masse vor dem Schlämmen berechnen und mit dem Bestande nach dem Schlämmen vergleichen. Man fand so:

	Kieselerde	Thonerde	Eisenoxydul	Kalk	Bittererde	Kali	Natron
Vorher (berechnet) =	56,23	37,62	0,74	2,82	0,23	1,42	0,93
Nachher gefunden =	58,19	37,90	0,56	1,67	0,12	0,35	0,23
	+ 1,96	+ 0,28	− 0,18	− 1,15	− 0,11	− 1,07	− 0,70

Es scheint demnach das Schlämmen der Masse auf eine Auslaugung, auf eine Verminderung namentlich der Alkalien hinauszulaufen. Der Betrag derselben ist in der That auf $^1/_4$ zurückgegangen, wodurch sich die Feuerbeständigkeit entsprechend erhöht.

Die fertige Masse befindet sich im breiigen Zustande, sie enthält die Hälfte ihres Gewichtes (in Nymphenburg z. B. 44 bis 56 Procent) Wasser; dies ist etwa doppelt soviel als sie für die gewöhnliche Formerei, für den knetbaren Zustand enthalten darf (25 Proc.). Um ihr das überschüssige Wasser zu entziehen hat man fast allgemein das Pressen am zweckdienlichsten gefunden; Entmischung in Folge des ungleichen specifischen Gewichtes der Bestandtheile, Verunreinigung durch Staub und dergleichen sind dabei gleichmässig ausgeschlossen, während die Arbeit viel rascher fördert als Trocknen mit Wärme. Die Presssäcke aus leinenem Zwillig müssen aus einem dichten geschlossenen Faden und zwar so gewoben sein, dass sie weder zu weite Maschen haben, noch sich durch Quellen der Fäden zu dicht schliessen. Durch die dauernde Einwirkung der Luft auf das durchfeuchtete Gewebe, sowie durch das zwischendurch unerlässliche Auswaschen der ins Gewebe eindringenden Massentheile, werden die Säcke frühzeitig mürbe und bald abgenutzt, meist in 6 bis 8 Wochen. Ihre Dauer lässt sich bedeutend, bis auf 9 und 10 Monate, durch eine Appretur von Leinöl steigern. Die Porzellanmasse spottet jeder voreiligen Gewalt beim Pressen, die lediglich auf ein Sprengen der Säcke hinausläuft. Es ist unerlässlich, mit sehr geringem

Pressen.

Druck zu beginnen und diesen Druck nur sehr allmählich zu steigern. Man fängt damit an, die breiige Masse mit einem Löffel in die Säcke zu füllen, die einige Pfunde davon fassen, schlägt die Seite mit der Oeffnung zweimal um und stapelt die gefüllten Säcke auf einen geräumigen Tisch auf. Ein grosser Theil des Wassers fliesst dann schon durch das eigene Gewicht der Säcke ab; sobald dies aufgehört hat, setzt man den Stapel auf die Pressplatte um. Insofern ein höherer Druck weder nöthig noch anwendbar ist, beschränkt man sich auf Schraubenpressen. Man schliesst die Presse langsam, bis das Wasser von neuem abzulaufen beginnt; und erst wenn dies aufhört, zieht man die Schraube von neuem und soweit an, dass wieder Wasser abläuft und so fort, nur von Zeit zu Zeit einen Ruck an der Presse gebend. Das Gefühl des Widerstandes leitet den Arbeiter mit Sicherheit, der mit dem Druck sich ganz vom Ablauf des Wassers leiten lässt. Ein rascheres Schliessen hat sofort zur Folge, dass sich an der inneren Fläche der Säcke eine undurchdringliche Schwarte von Masse verdichtet, die alles weitere Abpressen von Wasser vereitelt. Ist der gewünschte Grad der Entwässerung nach einigen Stunden erreicht, was man genügend an der Abnahme des Umfangs der Säcke und des Stapels kennt, so öffnet man die Presse und streift die Säcke nach einander über die nun teigförmige Masse zurück, die dann flache viereckige Kuchen, sogenannte „*Stücke*“ mit einem Wassergehalt von 25 bis 27 Procent bildet.

Lagern.

Die Erfahrung hat von jeher und aller Orten, in China wie Europa, gelehrt, dass die Porzellanmasse durch längeres Lagern vor der Verarbeitung in auffallendem Grade an Güte gewinnt, und zwar an Bildsamkeit. Der Zuwachs an Bildsamkeit nach einer Lagerung von einigen Monaten ist so bedeutend, als ob die Masse wenigstens zweimal öfter durch die Mühle gegangen wäre. So weit irgend möglich, richtet man sich aus diesem Grunde auf einen Vorrath von Masse für mindestens 2 bis 3 Monate Lagerung ein. Während der Lagerzeit darf die Masse nicht, oder nur unmerklich austrocknen. Als Lagerraum benutzt man deshalb am besten einen Keller, dessen Deke so vorgerichtet ist, dass kein Wasser auf die Masse tropft, keine Mörtel- und Steinbröckchen auf sie niederfallen. In diesem Raume errichtet man Pritschen aus Brettern von 6 bis 10 Quadratmeter Fläche, die man von oben, wegen der Verunreinigung durch faulendes Holz, mit Zinkblech überzieht. Auf diese Pritschen stapelt man die Massestücke zu flachen Pyramiden auf, die dann offen und unbedeckt stehen bleiben. Nach einiger Zeit ändern die Massestücke im Innern, wo die Luft keinen Zutritt hat, ihr Ansehen sichtlich, sie nehmen eine schwarzblaue Schieferfarbe und einen starken Geruch nach Schwefelwasserstoff an. An der Luft beim Aufreissen, Umkneten u. s. f. verliert sich die dunkle Farbe sehr rasch und vollständig, langsamer der Geruch. Ueber die Ursache dieser Erscheinung kann kein Zweifel bestehen: Durch den Abschluss der Luft sowie durch die Verhinderung des Austrocknens durch die feuchte Kelleratmosphäre wir-

ken die organischen Substanzen (aus dem Wasser, dem Holz der Mühlen, aus den Presssäcken) reducirend auf die schwefelsauren Salze (des Wassers, den zugesetzten Gyps u. s. w.), es entstehen Schwefelmetalle (zumeist Schwefelcalcium), welche mit dem Eisenoxyd der Masse schwarzes, an offener Luft sich sofort oxydirendes Schwefeleisen bilden. Dieses letztere, durch seine dunkle Farbe sehr in die Augen fallend, beträgt dem Gewichte nach nur wenig und erklärt in nichts die bedeutende Vermehrung der Bildsamkeit. Das Auftreten von Schwefeleisen ist nur ein äusserliches Symptom eines tiefergreifenden Vorgangs, über dessen Natur bis jetzt nur Vermuthungen aufgestellt sind.

Mit dem grössten Mass von Wahrscheinlichkeit hat man die Zunahme der Bildsamkeit einer fortschreitenden und beschleunigten Verwitterung zugeschrieben, welche natürlich wie das Mahlen auf gesteigerte Zerkleinerung der Theilchen der Masse wirkt. Wenn man erwägt, dass Glas unter gewöhnlichen Umständen widerstehend, zu Mehl zerrieben von destillirtem Wasser sehr stark angegriffen wird (II. Bd. 1. Abth. S. 18), und dass dies mit natürlichen Silicaten, besonders alkalihaltigen, ebenso der Fall ist, so begreift sich, dass schon das blosse Lagern von mit Wasser durchdrungener Masse eine fühlbare Aufschliessung zur Folge haben muss. Diese Aufschliessung muss nothwendig beschleunigt werden, wenn gleichzeitig Entwicklung von Kohlensäure stattfindet. Eben dieses geschieht nun in der Fäulniss, denn bei der Reduction der schwefelsauren Salze bildet der Sauerstoff derselben mit dem Kohlenstoff der organischen Stoffe Kohlensäure. Als man bei Versuchen über den Torfbildungsprocess Sphagnumarten unter Wasser vermodern liess, entwickelte sich viel Kohlensäure neben Schwefelwasserstoff; die Vegetabilien enthielten nach 14 Monaten in ihrer Asche um 17 Proc. Alkalien und 27 Proc. Kieselerde weniger als im frischen Zustande (Vohl). Aehnliches geht in der faulenden Porzellanmasse vor, wenigstens ist die Zersetzung von Feldspath unter Freiwerden von Alkali durch Salvetat nachgewiesen. — Manche Fabriken suchen die Verbesserung der Masse durch absichtlichen Zusatz von der Fäulniss und Gährung fähigen Substanzen zu fördern, wie Melasse, Honig, Jauche u. dergl. Dabei mag der gewünschte Erfolg eintreten, ist aber auch zu bedenken, dass die Vermehrung von Alkalien, Phosphorsäure etc. durch diese Zusätze nur schaden kann.

Mischungsverhältnisse.

Ueber die Mischungsverhältnisse der Porzellanmasse lässt sich selbstverständlich keine allgemeine Vorschrift geben. Sie hängen von der Beschaffenheit des Kaolins, von der Beschaffenheit der übrigen Rohmaterialien, vom Brennstoff und der Feuerung, von der Natur der Waare, aber auch von Herkömmlichkeit und Gewohnheit des Publikums ab. Es bleibt nur übrig für die betreffende Oertlichkeit die passendste Mischung an der Hand der Erfahrung zu suchen. Schon diese Aufgabe ist schwierig, aber immer noch leichter als die fernere Aufgabe, die gefundene passendste Mischung auf die Dauer festzuhalten. Durch die wechselnde Beschaffenheit der angelieferten Rohmaterialien neigt die Masse zu einer

Mischungsverhältnisse.

gewissen Veränderlichkeit, bald zu grösserer Leicht- bald zu grösserer Strengflüssigkeit, wodurch die Arbeiter, namentlich hinsichtlich des Brennens, nur allzuleicht zum Schaden des Unternehmers irre geführt werden. Es ist daher rathsam, mit jeder neuen Anlieferung vor der Verarbeitung erst Proben in den Brand zu geben, um etwaigen schroffen Wechseln in der Beschaffenheit der Masse zu entgehen. In der vom Staate betriebenen Porzellanfabrik zu Sèvres bei Paris gilt für die am meisten gebrauchte Geschirrmasse die Regel, die Rohmaterialien auf Grund der damit vorgenommenen chemischen Analyse so zu mischen, dass die Masse immer den gleichen Elementarbestand, nemlich:

Kieselerde	Thonerde	Kalk	Kali	
58,0	34,5	4,5	3,0	= 100 Gwthle.

besitzt. Beispielsweise bestand die Masse in drei verschiedenen Jahrgängen aus folgenden verschiedenen, aber virtuell gleichen Mischungen:

	1836	1837	1843
Geschlämmter Kaolin	70,0	64,0	48
Thoniger Kaolinsand	9,2	18,0	48
Quarziger Kaolinsand	12,0	15,0	—
Quarzsand v. Aumont	5,3	0,1	—
Kreide, geschlämmt	3,5	2,9	4
	100,0	100,0	100

Wie weit die Mischung der Masse in verschiedenen Fabriken abweicht, ergiebt sich noch aus folgendem Beispiel:

K. K. Porzellanfabrik in Wien 1865.			
Mischung		Chemischer Bestand	
Kaolin von Passau, 1. Sorte	101	Kieselerde	58,19
„ „ „ 2. „	111	Thonerde	37,90
„ „ Zettlitz	98	Eisenoxydul	0,56
Quarz	18	Kalk	1,67
Feldspath	57	Bittererde	0,12
Kalk	15	Kali	0,35
Gewthle.	400	Natron	0,23
		Gewthle.	99,02

In Nymphenburg bei München ist das Porzellan für Tafelgeschirr etc. herkömmlich nicht Feldspath-, sondern blosses Kalkporzellan; früher pflegte man einen ungewöhnlich hohen Betrag von Porzellanscherben zuzusetzen, die später wegblieben, als man auch den Gyps durch weissen Marmor (S. 294) ersetzte:

	Aelteste Vorschrift Geschirrmasse		Spätere Vorschrift Geschirrmasse
Passauer Kaolin	150	Passauer Kaolin	100
Quarzsand	55	Quarz von Bodenmais	40
Hartgebrannte Scherben	5	Marmor	10
Verglühte „	9	Feldspath	–
Schlämmsatz	10		150
Gyps	12		
	241		

Die rohen chinesischen Porzellanmassen sind nach den Untersuchungen von Ebelmen und Salvetat aus mageren Kaolinen, reich an Kieselerde und Feldspath (Say-pe, San-pao-pong, Siao-li) und aus reineren sehr thonigen Kaolinen (von Tong-kang, Hoa-chy, Khy-men) zusammengemischt. Die Elementaranalyse von viererlei Massen ergab:

	I. Qualität	II. Qualität	III. Qualität	IV. Qualität
Kieselerde	63,6	65,9	68,7	62,8
Thonerde	21,8	20,9	18,1	19,4
Eisenoxyd	1,1	1,2	1,8	3,1
Manganoxyd	0,1	—	—	—
Kalk	0,3	0,7	0,6	1,0
Magnesia	0,2	Spur	Spur	Spur
Kali	3,0	3,4	2,4	3,1
Natron	2,8	2,5	2,2	1,7
Wasser	7,7	7,0	6,7	9,2
	100,6	101,6	100,5	100,3

Die Masse zu Kunstsachen wie Figuren, Büsten, plastischen Verzierungen, Lichtbildern u. s. w., weicht in ihrer Mischung einigermassen von der Masse zu Tafel-, Kaffee- und Thongeschirr ab. Die Glasur schadet, wo es darauf ankommt, der künstlerischen Wirkung durch allzugleissende Oberfläche und störende Reflexe; andererseits beeinträchtigt unglasurtes Geschirrporzellan diese Wirkung durch ein zu trocknes, kalkiges Ansehen und weil die Oberfläche äusserst leicht beim Anfassen schmutzt. Eine brauchbare Masse für Kunstsachen muss möglichst dem Ansehen des Marmors nahe gebracht werden, stark durchscheinend sein und einen leichten, matten, ruhigen Glanz der Oberfläche, einen „*Schweiss*“, beim Brennen annehmen; sie muss endlich bei demselben Hitzgrade gar werden, wie die gewöhnlichen Waaren, mit denen sie zu gleicher Zeit gebrannt wird. In den Fabriken für hartes Porzellan bedient man sich zu dieser Masse für Kunstsachen, welche sehr unlogisch Biscuit.

Biscuit.

„Biscuit“ heisst, derselben Rohstoffe wie für Geschirre, nur in entsprechend abgeänderter Mischung. Es genügt vollkommen, die Porzellanerde für die durchscheinende Beschaffenheit mit einem starken Versatz von Quarz und für den erforderlichen Schweiss mit einem solchen von Feldspath zu versehen. So z. B. in Nymphenburg entsprach folgende Mischung ungleich besser als die ältere *):

Kaolin von Passau	Quarz von Bodenmais	Feldspath von Bodenmais	
73,5	47,5	31	= 152 Kilogr.

Eine rein weisse Farbe erscheint kalt, eine milchweisse wärmer und angenehmer.

In Frankreich und zwar in der Umgegend von Limoges hat man zuerst und schon lange die Anfertigung von Porzellanmasse als selbständige Fabrikation betrieben; es kamen von da Geschirr- und Biscuitmasse u. s. w. in verschiedenen Sorten in den Handel.

Einfluss der Bestandtheile.

Die zu Porzellan geeignete Mischung aus gegebenen Materialien lässt sich nie im voraus, sondern nur nach empirischen Proben bestimmen. Es ist von Interesse, das Verhalten der Materialien im Feuer einzeln oder zu zweien zu bestimmen, aber man muss sich hüten, daraus voreilige Schlüsse zu ziehen, denn das Verhalten fällt wieder abweichend aus, wenn ein dritter Gemengtheil hinzukommt. Der Quarz ist ganz unschmelzbar im Porzellanfeuer. Der Feldspath schmilzt mit Leichtigkeit, aber zu einem durch mikroskopische Bläschen getrübten Glas; er verträgt noch starken Zusatz von Quarz, ohne seine Schmelzbarkeit zu verlieren, ebenso von Kalk. Mit Kalk giebt er anfangs ein klares Glas, mit steigendem Zusatz ein opalartiges Glas, dann einen milchweissen Email. Von dem Verhalten der Porzellanerde ist schon Seite 282 ff. die Rede gewesen. Sie verträgt Feldspathzusatz in weitem Spielraum, ohne die porzellanartige Beschaffenheit zu verlieren. Passauer Kaolin mit $^1/_3$ Feldspath gab ein Porzellan von muschligem, gutem Bruch, aber wenig durchscheinend, erst mit gleichen Theilen Feldspath wurde es stark durchscheinend, ohne zu fliessen.

Gemahlener Quarz, mit $^1/_4$ und $^1/_2$ Marmor versetzt, giebt eine ungeflossene noch zerreibliche Masse, mit gleichen Theilen Marmor zeigt er erst Anfänge von Schmelzung. Das Gemenge muss mehr Base als gleiche Atome enthalten, um in Fluss zu kommen. Ganz anders verhält es sich, wenn Kaolin hinzukommt, denn die nur sinternde, noch un-

---

*) Sie lautete:

Kaolin von Passau	Quarzsand	Alabaster	Feldspath	Porzellanscherben verglühte	Porzellanscherben hartgebrannte	
90,6	37,5	7,5	3,7	9,4	5,6	= 154,3 Kilogr.

schmelzbare Mischung von 2 Gwthln. Quarz mit 2 Gwthln. Marmor, gab mit 3 Thln. Passauer Kaolin ein völlig geflossenes, klares, in die Wand des Porzellantiegels fressendes Glas. Gemenge von 4 Thln. Quarz mit 1 Thl. Marmor bleiben pulverig (gelatiniren beim Aufschliessen mit Säure), geben aber mit 4 bis 8 Thln. Passauer Kaolin vollkommenes Porzellan. Kaolin, einmal mit Marmor für sich, dann Kaolin mit Marmor und Quarz, endlich Kaolin mit Marmor versetzt, verhielt sich in einem Versuch wie folgt:

Marmor	Quarz	Passauer Kaolin	
10	0	1	nicht geflossen.
10	40	0	nicht geflossen.
10	40	100	gut geflossenes Porzellan.

Es ist an den meisten Orten üblich, die Mischung der Masse der Natur der Waare anzupassen, also mindestens für Kunstsachen eine andere Mischung als für Geschirr, meist auch für flache Geschirre (Platterie) leichtflüssigere Masse als für Hohlwaaren zu machen. Zweckmässig führt man auch für die Regionen des Ofens mit schwächerem Feuer (in der Mitte, auf der Höhe, am Boden) leichtergehende, für die heisseren Regionen an den Schüren strengere Massen.

Glasur.

Nach der zu Eingang gegebenen Begriffsbestimmung ist die Glasur eine Zubereitung, bestimmt, beim Brennen einen dünnen glasigen Ueberzug über dem Scherben der Waare zu bilden. Insofern beim harten Porzellan Glasur und Scherben in ein und demselben Feuer gleichzeitig gar gebrannt wird, muss die Glasur bei derjenigen Temperatur gerade in glasigen Fluss kommen, bei der der Scherben die Gare erlangt. Die Porzellanglasur soll aber auch ihrem Bestande nach dem Scherben möglichst ähnlich und verwandt sein, so dass sie einerseits unablösbar und innigst verbunden an demselben haftet, andererseits aber auch in den physikalischen und chemischen Eigenschaften möglichst wenig von dem Scherben abweicht. Diesen Bedingungen lässt sich ohne Schwierigkeit dadurch nachkommen, dass man die Glasur aus den Bestandtheilen der Masse zusammensetzt, aber das Gemisch in entsprechendem Grade leichtflüssiger macht. In der That ist die Glasur des Feldspathporzellans Feldspath mit mehr oder weniger Quarz und Kalk versetzt; die des Kalkporzellans ist eine Kalkporzellanmasse, mit soviel Kalk versetzt, als zum völligen Fluss erforderlich. In Sèvres z. B. verwendet man mit dem Kaolin in St. Yrieix vorkommenden Pegmatit, d. h. eine aus Quarz und Feldspath bestehende Felsart; sie enthält 73 bis 74 Proc. Kieselerde, 16 bis 18 Proc. Thonerde, 6 bis 8 Proc. Kali, nebst etwas Kalk und Magnesia. Gewöhnlich giebt man 2 bis 3 Proc. Kreide hinzu. Wo man zu Bestand.

Bestand der Glasur.

gleicher Zeit leichtere und strengere Massen führt, müssen natürlich entsprechende Glasuren vorhanden sein; in Nymphenburg z. B. hatte man früher:

	Strenges Feuer		Schwächeres Feuer	
	Masse	Glasur	Masse	Glasur
Geschlämmter Kaolin von Passau	210	10	200	10
Quarz von Bodenmais	64	45	60	43
Schlämmsatz	12	—	22	—
Marmorabfälle	10	15	13	17
Hartgebrannte Scherben	—	50	—	50

Besondere Forderungen.

Neben den Beziehungen zum Scherben und zum Feuersgrad muss die Glasur noch weiteren Bedingungen genügen, welche schon mehr Schwierigkeiten in der Beschaffung einer guten Mischung machen. Zunächst soll die Glasur sich leicht auf die Waare auftragen und beim Trocknen bindend sein, d. h. hinreichend anhaften, sich nicht zu leicht abreiben oder gar von selbst abfallen. Diese Zwecke erfüllt der übliche Zusatz von etwas Kaolin, ohne den die übrige Mischung immer kurz und leicht abstäubend ist. Die Glasur soll sich ferner vor dem Fluss im Feuer nicht schaalenartig von dem Geschirr ablösen, wie dies zuweilen vorkommt; sie soll im Fluss einen möglichst glatten, glänzenden Spiegel bilden und im Fliessen sich noch gleichmässiger vertheilen als dies beim Auftragen geschieht; sie soll fest und unlösbar auf dem Scherben aufliegen, aber weder „*schwinden*“ noch in den „*Scherben fressen*“, d. h. ihn theilweise auflösen; sie soll nicht vom Scherben abfliessen, noch sich auf demselben in Tropfen zusammenziehen; zu früh und zu leicht schmelzende Glasuren laufen ab, oder werden vom Scherben aufgesaugt (schwinden). Zu strenge Glasuren schmelzen unvollkommen, rauh oder matt, ohne Spiegel. Glasuren, die lange vor dem Fluss sintern, namentlich sintern, ehe sie fest am Scherben haften, schälen sich los, die gelösten Blätter schmelzen dann weiter zu Tropfen. Sehr häufig erscheinen die Glasuren nach dem Fluss „*eierschalig*“, d. h. mit zahlreichen sehr kleinen Vertiefungen, am gewöhnlichsten die Feldspathglasuren.

Dass die Bestandtheile der Glasur aufs feinste gemahlen und aufs innigste gemischt sein müssen, liegt auf der Hand, auch weiss man, dass gut gemahlene Glasuren schöner und leichter fliessen als schlecht gemahlene. Das Mahlen geschieht auf denselben Mühlen, wie die Masse, nur ist die Glasur nach dem Abschlämmen durch ein feines Sieb nicht zu entwässern, sondern zu verdünnen, da sie völlig flüssig als dünner Rahm aufgetragen wird. Man hat auf 1 Gewthl. trockene Glasur etwa 3 Gewthle. Wasser zu rechnen oder die Glasur so zu verdünnen, dass 1 Liter 300 bis 400 Grm. feste Substanz enthält.

Formerei.

Allgemeines.

Man unterscheidet mehrere Gattungen von Waaren: Geschirre, die wieder in Hohlwaaren (Töpfe, Tassen etc.) und Platterie (Teller, Platten) zerfallen; dann Figuren und Kunstsachen mit den Büsten, Statuetten, Lichtbildern, Puppenköpfen etc. Diese Gattungen werden beim Formen sehr verschieden behandelt. Die Formerei geht von dreierlei Zuständen der Masse aus: entweder als bildsamem Teig, oder als flüssigem Schlicker, oder als trocknem Pulver. Trockne Masse dient bei dem nur in wenigen Fällen anwendbaren sogenannten „*Pressen*", flüssige Masse bei dem ebenfalls beschränkten „*Giessen*", die bildsam teigige Masse für den weiten Umfang der gewöhnlichen Formerei durch „*Drehen*" und Formen in Gyps, gegen die das übrige fast verschwindet. Die Formerei mit bildsamer Masse geht wieder auf verschiedenen Wegen auseinander: Freidrehen auf der Scheibe wie die gewöhnlichen Töpfer, Drehen nach Art der Drechsler mit schneidendem Geschirr, endlich arbeiten mit Formen aus Gyps (oder gebranntem Thon). Gewöhnlich kommen diese Arbeiten nicht einzeln und ausschliesslich, sondern in Verbindung sich gegenseitig unterstützend zur Anwendung. Allgemeines.

Die Masse des Porzellans ist kurz, d. h. weniger bildsam als die der meisten Thonwaaren; denn ihr Hauptbestandtheil, der Kaolin, ist schon an sich wenig bildsam, während den Zusätzen (Quarz, Feldspath, Kalk) jede Bildsamkeit abgeht. Darum erfordert das Formen viel Umsicht, eine gewisse Behutsamkeit und fördert die Arbeit weniger als andere Thonmassen. Derselbe Arbeiter wird z. B. in gleicher Zeit beträchtlich weniger Teller in Porzellan als in Fayance liefern. Jederzeit setzt das Formen genaue Kenntniss des Verhaltens der Masse voraus, vor allem der Schwindung. Die Porzellanmasse unterliegt einer doppelten Schwindung, zunächst beim Trocknen, dann beim Brennen. Wie sich von selbst versteht müssen die Waaren um den ganzen Betrag von beiden Schwindungen grösser geformt werden, damit sie eben auf das gewünschte Mass zurückschwinden. Der Betrag der Gesammtschwindung schwankt in weiteren Grenzen zwischen 7 und 17 Proc., in engeren zwischen 9 bis 12 Proc. der linearen Ausdehnung. Sie hängt von der Natur der Masse, vom Feuersgrad beim Brande, aber auch sehr von der Form des Gegenstandes ab; sie ist daher in verschiedenen Fabriken, an verschiedenen Waaren derselben Fabrik ungleich und kann sogar an verschiedenen Theilen desselben Stückes verschieden sein. Die Schwindung ist daher in jeder Fabrik besonders zu bestimmen und beim Formen zu Grunde zu legen. Von der Schwindung im Feuer wird später die Rede sein; zunächst von Be- Die Schwindung.

lang für das Formen und dessen unmittelbaren Erfolg ist die Trockenschwindung.

Loslassen von der Form.

Mit Wasser angemachte Masse, also auch alle daraus geformten Gegenstände, schwinden beim Trocknen stark. Diese Trockenschwindung, deren Betrag einigermassen von der Beschaffenheit des festen Bestandes der Masse, zumeist aber von ihrem Wassergehalt abhängt, ist zugleich ein Segen und zugleich ein Fluch für den Arbeiter; ein Segen, weil sie das Loslassen der nassgeformten Gegenstände aus der Form, ein Fluch, weil sie das Reissen der Waare bedingt.

Frische Porzellanmasse haftet anfangs sehr fest an der Form und kann nicht ohne Zerstörung des Gegenstandes herausgenommen werden. Sobald sie aber in der Form trocknen kann, zieht sie sich vermöge der Schwindung sauber von den Formwänden ab. In der That ist das Loslassen der Waaren von der Form nur ein Losschwinden. Damit dies gehörig gleichförmig geschieht und die Waare nicht stellenweise ankleben bleibt, ist es erforderlich, dass das Trocknen von allen Seiten geschieht. Die freiliegenden Flächen trocknen durch die umgebende Luft, die an der Form anliegenden durch die Formwand. Aus diesem Grunde sind nur poröse Materialien, die stark Wasser ansaugen und es leicht an die Luft abgeben, zu Formen zulässig, keine dichten. Die Praxis bedient sich für das Bearbeiten der nassen Masse beinahe ausschliesslich aus Gyps gegossener Formen, sehr selten solcher aus gebranntem Thon.

Nachtheile der Schwindung.

Einfluss der Trockenschwindung.

Von der grössten Wichtigkeit ist, dass die frischgeformte Waare gleichmässig trocknet; das Gegentheil, ungleiche Trocknung, bedingt Gefährdung der Waare in kaum zu berechnender Tragweite. In der That ist das ungleiche Trocknen (oder, was dasselbe ist, die ungleiche Trockenschwindung) die wesentlichste und eine ungleich häufigere Ursache des Reissens der Waare, als man gemeinhin annimmt. Wenn ein Theil eines Arbeitsstücks früher trocknet als ein anderer, so wird er nothwendig auch früher, d. h. zu einer Zeit schwinden, wo der andere noch keine Ursache dazu hat und nicht nachgiebt; es entsteht eine Spannung zwischen beiden Theilen, die wenn sie einen gewissen Grad erreicht, unfehlbar zum Reissen führt. Dieser Uebelstand wird dadurch sehr tückischer Art, dass die Trockenrisse, wenn die zurückgebliebenen Theile nachgeschwunden sind, sich wieder schliessen, daher kaum sichtbar und selten zu entdecken sind. Aber sie sind nichtsdestoweniger vorhanden und kommen im Brande zum Vorschein, wo sie klaffend werden. Neun Zehntel dieser sogenannten „Brandrisse“ sind sicherlich nichts als durch das Feuer offengelegte Risse von der Trockenschwindung. Unter den nächsten Veranlassungen dazu sind die gewöhnlichsten: ungünstige Lage der Waare beim Trocknen; Stehen auf feuchten Brettern, wobei der Fuss etc. im Trocknen zurückbleibt; ferner Stehen in einseitiger Strömung der Luft, wenn die Stellung nicht rechtzeitig umgekehrt wird; vor allem aber schroffe Abwechslung in der Stärke des Scherbens. Der letztere Umstand erklärt, warum Trockenrisse bei einfachen Gestalten, wie Tellern, Tassen etc., ver-

hältnissmässig selten, aber desto öfter bei Figuren u. dergl. vorkommen. Einige der Praxis entnommene Beispiele werden diesen Einfluss am besten darlegen. Bei den Telegraphenisolatoren, Fig. 154, ist es vorgekommen, dass von 100 Stück je 60 aus dem Feuer kamen mit Rissen, einer wie der andere an ein und derselben Stelle *a* des Halses, ringförmig rundum auf zwei Drittel der Scherbenstärke. Die bestimmt nachweisbare Ursache ist, dass die Masse von aussen am Halse abtrocknete, bevor der starke Knopf und die starke Glocke zum Schwinden kam. Ebenso bei Gewandfiguren: aus dem Querschnitt einer solchen, Fig. 155, ersieht man, wie durch den Faltenwurf Einbuchtungen und Vorsprünge gegeben sind, die bei der herkömmlichen zweckwidrigen Art zu formen, als dicht aneinander liegende sehr schroffe Wechsel der Scherbendicke erscheinen, vom einfachen auf das vier-, sechs- und mehrfache. Die dünnen Stellen *x*, *x* ... trocknen auch hier früher, ausserdem

Einfluss der Trockenschwindung.

Fig. 154.

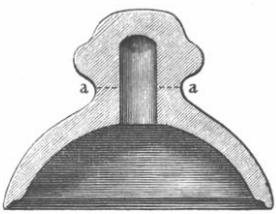
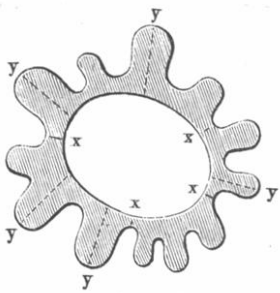


Fig. 155.



bilden die Vorsprünge *y*, *y* ... eben so viele Körper, von denen jeder auf sich selbst schwindet und daher vom anstossenden abreisst*).

Von sehr nachtheiligem Einfluss ist weiterhin Ungleichheit des Drucks auf die Masse beim Formen. Gesetzt man habe eine völlig ebene Tafel aus weicher Masse hergestellt, die an irgend einer Stelle bei der Arbeit einen viel stärkern Druck erlitten, so kommt diese Stelle nach dem Brennen als eine Erhöhung zum Vorschein. Der Grund ist einleuchtend: durch den Druck wird eine gegebene Menge Wasser auf die Seite gedrängt, die gedrückte Stelle wird wasserärmer, die Umgebung wasserreicher. Nach dem Trocknen ist die gedrückte Stelle dichter, die Umgebung lockerer. Da aber im Feuer die ganze Masse auf gleiche Dichte zurückgeht, so muss die lockere Umgebung stärker schwinden als die dichtere gedrückte Stelle, die deswegen etwas aufgeworfen erscheint. Aehnliches tritt stets ein, wenn ein Stück beim Formen an verschiedenen Stellen ungleichem Druck ausgesetzt war, und ist die Ursache,

Einfluss des Druckes.

*) Es fliesst daraus die wichtige Arbeitsregel, auch den Gegenständen mit unregelmässigsten Umrissen stets thunlichst gleiche Scherbenstärke zu geben.

warum Fehler der Behandlung der Masse in diesem Sinn, wie sorgfältig man die Oberfläche nachträglich auch abgleichen mag, im Feuer doch stets als mehr oder weniger störende Unebenheiten und Verwerfungen zum Vorschein kommen. Daraus die andere wichtige Regel, ungleichen Druck auf die Masse, gewaltsame Biegungen, Knicke u. s. w. wie sie beim Vorbereiten und Uebertragen auf die Form so gern vorkommen, möglichst zu vermeiden.

Massebereitung und Schlagen.

Dass schon vor dem Formen in der Masse vorhandene Ungleichheiten gleich schädlich wirken, bedarf kaum besonderer Erinnerung. So wie die Masse aus dem Vorrathskeller angeliefert wird, ist die Oberfläche immer trockner als das Innere, auch häufig Blasen (durch das Faulen) vorhanden. Die Beseitigung dieser Mängel ist die Aufgabe der sogenannten „Massebereitung", welche dem Formen unmittelbar vorausgehen muss. Sie besteht im Zerschneiden der Massestücke, Wiederzusammenkneten der Theile in veränderter Lage und Umkneten des Ganzen, alles unter gewaltsamem Aufwerfen auf eine Marmortafel oder Kehlheimer Platte bis zur völligen Gleichförmigkeit („*Schlagen*").

Zur Massebereitung sind gewöhnlich besondere Arbeiter angestellt. Der Former (Dreher, Bossirer) empfängt die bereitete Masse, eine bestimmte Anzahl von Stücken für den Arbeitstag; als nächste Vorbereitung zum Formen hat er die empfangene Masse in „Ballen", d. h. in kleinere runde Klösse zu theilen, deren Umfang der Grösse des zu formenden Gegenstandes angepasst ist. Bei dieser Theilung in Ballen unterlässt er nicht, die Masse mehrmals zu schlagen, namentlich zur vollständigen Beseitigung von Blasen.

In der Formerei ist streng auf allseitige Reinlichkeit zu halten. In die Masse gekommene Körner schwinden los und verunstalten die Waare oft; Eisen- und Kalkkörner bilden im Feuer missfarbige Ausschmelzungen; organische Substanzen (Holzspäne, Tropfen von Talgkerzen, Stearin etc.) Löcher durch Ausbrennen.

Werkzeuge zur Formerei.

Die Scheibe.

Die Werkzeuge zum Formen sind im Ganzen einfach. Das Hauptwerkzeug ist die Drehscheibe oder Töpferscheibe, theils zum wirklichen Drehen, soweit die zu formenden Gegenstände Umdrehungskörper sind, theils als drehbarer Tisch zur bequemern Handhabung und leichten Wenden der Form gebraucht. Ferner in Verbindung mit der Drehscheibe, die Dreheisen als schneidende Werkzeuge; Werkzeichnungen und Modelle; endlich im weitesten Umfang des Gebrauchs Formen aus Gyps; selten, und zwar zum Pressen, Metallformen.

Die Drehscheibe in ihrer einfachsten Form ist nicht wesentlich von der der gemeinen Töpfereien verschieden. In dem Stuhl, einem starken Holzgerüst *a b*, Fig. 156, befindet sich die senkrechte Welle *c*, die sich unten

bei *e* in einer Spur und oben bei *i* in einem Lager dreht. Die Bewegung erhält die Welle von den Füssen des Arbeiters, mittelst der Holzscheibe *g g*, die zugleich als Schwungscheibe dient. Ueber dem Lager *i* geht die Die Scheibe.

Fig. 156.

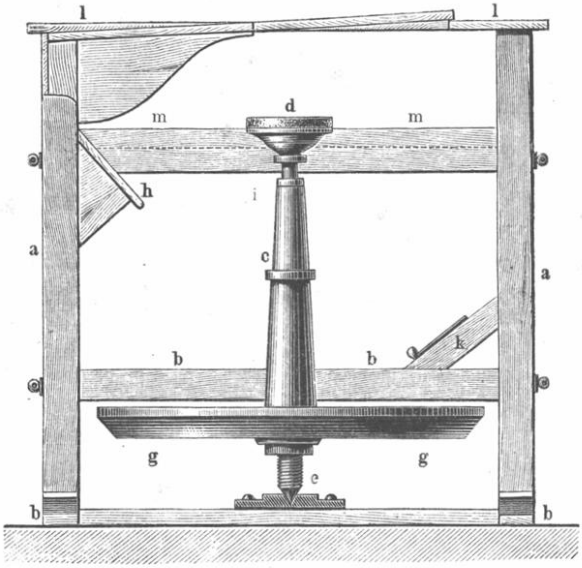
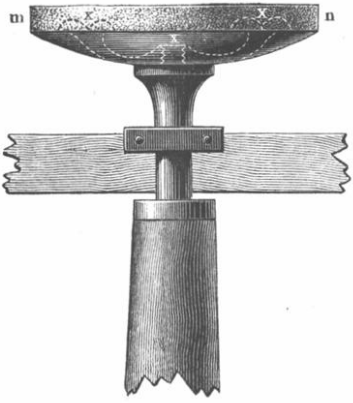


Fig. 157.



Welle durch das Tischblatt *m m* und bildet dort den Scheibenkopf *d*. Dieser letztere, Fig. 157, besteht aus einem oben völlig ebenen, unten abgerundeten starken Körper von Gyps *m n*, in welchen die Mutterschraube *x* (mit Flügeln) eingegossen ist. Die Welle ist am oberen Ende mit einer männlichen Schraube versehen, auf welche die Mutter passt. Der Schraubenkopf kann so beliebig aufgesetzt, abgenommen und gegen anders geformte verschiedenen Zwecken angepasste Schraubenköpfe, die man vorräthig hat, ausgewechselt werden. Bei dem Gebrauch der Scheibe

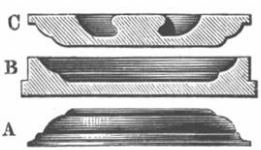
Die Scheibe. sitzt der Arbeiter auf der Bank *h* vor dem Kopf *d* und Tisch *m*, den einen Fuss gegen das Brett *k* stemmend, mit dem andern die Schwungscheibe *g* treibend. Diese Einrichtung ist insofern unbequem, als der Arbeiter mit dem Oberkörper seinen Gegenstand auf dem Scheibenkopf ohne Auflage und Anlehnen frei bearbeiten muss, während neben seinen Händen auch noch das eine Bein in Bewegung ist; dagegen entspricht sie sehr gut dem von der Arbeit gebieterisch verlangten vielfachen und oft raschen Wechsel in der Geschwindigkeit der Scheibe, indem der Fuss bald mehr oder weniger antreibend, bald mehr oder weniger bremsend wirkt.

Dieser letztere Umstand erschwerte einigermassen die Ausführung des naheliegenden Gedankens, die Drehscheibe durch Maschinenkraft zu treiben, denn stets muss dem Arbeiter volle Herrschaft über die Umlaufsgeschwindigkeit bleiben. Ein gewöhnliches Mittel dieser Anforderung zu genügen ist, den Treibriemen über zwei entgegengesetzt angebrachte Kegel zu führen, von denen der eine mit der Scheibe, der andere mit der Transmission in Verbindung steht. Schiebt man diesen Riemen nach der einen Seite, so wird die Bewegung der Scheibe beschleunigt, nach der andern Seite verlangsamt. Der Riemenführer wird durch ein Gegengewicht nach der einen Seite, durch ein von dem Fuss des Arbeiters bewegtes Trittbrett nach der entgegengesetzten Seite verschoben. — Nach einer andern Einrichtung ist derselbe Zweck durch zwei Kegel erreicht, die ohne Riemen durch blosse Reibung zusammen umlaufen. Indem man die Oberfläche des Kegels etwas krümmt und die Stellung der Axe des nach der Scheibe wirkenden Kegels veränderlich macht, werden beide Kegel mit verschiedenen Durchmessern sich berühren, also die Bewegung auch mit verschiedener Geschwindigkeit übertragen werden. Die veränderliche Neigung des einen Kegels gegen den andern wird ebenfalls durch den Fuss des Arbeiters mittelst eines Trittbretts bewirkt. — Eine dritte Art, welche sich durch Einfachheit und dadurch empfiehlt, dass sie den Uebergang der Drehscheibe von Bewegung zur Ruhe viel besser vermittelt, ist folgende. Die Drehscheibe wird durch eine Treibschnur getrieben, vermittelst einer auf der Scheibenaxe aufgezogenen Rolle. Die Schnur geht hart an der Treibrolle her, und zwar ohne sie zu berühren, wird aber nach Bedürfniss mittelst einer Spannrolle und eines Tritthebels an die Treibrolle angedrückt. — Bei einer vierten Art geschieht die Uebertragung der Bewegung von der Transmission mittelst einer Frictionsscheibe, welche mittelst eines Trittes mehr oder weniger an die Gegenrolle der Drehscheibe angepresst wird. — Umsetzung der Drehung der Scheibe in die entgegengesetzte Richtung lässt sich unschwer bewerkstelligen, indem man zur Bewegung der Scheibe zweierlei Riemen anwendet, einen gekreuzten und einen nicht gekreuzten, welche natürlich Drehung im entgegengesetzten Sinne erzeugen. Die Verschiebung ist so, dass sie gleichzeitig je einen auf die Treib- und den andern auf die Leerrolle schiebt, so dass immer nur einer arbeitet.

Zur Herstellung der Gypsformen sind zunächst Modelle erforderlich, theils von Metall, am gewöhnlichsten von Gyps. Die Modelle stellen den zu formenden Gegenstand dar, aber in um den Betrag der Schwindung vergrösserter Dimension. Das Abgiessen geschieht nach den gewöhnlichen Regeln (Bd. I, Abth. II, S. 723 ff.); für Formen zu teigförmiger Masse mittelst „Säen“ und Abgiessen des überschüssigen Wassers. Metallene Modelle übergeht man mit dem Fettlappen, Modelle von Gyps werden mit Leinöl oder „Anstrich“, einem Gemenge von Oel und Seife, überzogen, um das Anhaften zu verhindern. Mit einmaligem Abgiessen ist die Form natürlich ein Negativ zu dem Modell. In gewissen Fällen, wie beim Formen von Tellern, hat man aber positive Formen nöthig, Fig. 158; man erhält sie durch zweimaliges Abgiessen, und gelangt vom Modell *A* durch die Modellform *B*, oder Matrize, zur eigentlichen Form *C*. Das sogenannte „Treiben“ des Gypses, d. h. eine gewisse Ausdehnung des Gypses beim Festwerden, ist dabei von schädlichem Einfluss, namentlich wenn man über vorhandene Formen wieder Matrizen und über diese wieder Formen giesst, weil alsdann immer grössere Formen erfolgen. Nach 20maligem Wiederholen wachsen so die Durchmesser von 25 auf 27 Centimeter. — Alle Einflüsse beim Giessen der Form, welche ihre Saugkraft beeinträchtigen, sind zu vermeiden, wie das Anhaften von Fett u. s. w. Bei dem Gebrauch des Anstrichs geht die Seife mit dem Gyps, in den sie etwas eindringt, eine Zersetzung ein, es entsteht etwas schwefelsaures Alkali und Kalkseife, letztere als hinderliche dünne Kruste bleibend. Insofern ein eingeformter Gegenstand Stunden bedarf bis er losschwindet, hat man für alle häufig verlangte Artikel eine grössere Anzahl Formen, ein oder mehrere Dutzend, so dass die Formung ununterbrochen gehen kann. — Bei allen Formen, bei denen das Arbeitsstück einen grössern Querschnitt hat, als die Mündung, ebenso bei Unterschneidungen und sonstigen Unregelmässigkeiten der Gestalt, kurz in allen Fällen, wo der geformte Gegenstand nicht aus der Form herausginge, wenn sie aus einem einzigen Stück bestände, — ist eine Zerlegung in zwei oder mehrere Theile nothwendig. So bei Geschirren mit Bauch, mit geschweiften Hälsen etc., wo meist noch zweitheilige Formen genügen; so bei Figuren, Statuetten, wo die Form oft äussert zusammengesetzt wird. Damit die Formtheile mit einem raschen Griff zusammengepasst werden können, sind sie mit einem Schloss, d. h. mit knopfartigen Hervorragungen auf der einen und entsprechenden Vertiefungen auf der andern zugehörigen fugenden Fläche versehen.

Gypsformen.

Fig. 158.

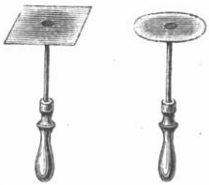


Mit der Anwendung der Gypsformen ist gewöhnlich die der „Lehren“ (Chablonen) verbunden. Sie sind von Messingblech, Eisenblech oder Holz und formen meist die innere Fläche, seltener (wie bei Tellern) die Aussenfläche. Sie werden nach dem um die Schwindung vergrösserten Umriss

Die Lehren.

der Waaren geschnitten; die formende Kante der Lehre ist meisselartig zugeschärft. Im Zusammenwirken mit der Gypsform muss die Lehre so gestellt sein, dass der Abstand ihrer formenden Kante von der Wand der Gypsform eben die Scherbendicke giebt. Zum Behufe einer gleichen Scherbendicke, also eines gleichen Abstandes von der Wand, giebt man der Lehre eine Führung, d. h. eine stumpfe Kante mit Anschlag an den Formrand, wodurch sie dann von selbst in der richtigen Lage bleibt. — Sonst bedarf man noch Zirkel, namentlich Tastzirkel zweierlei Art, für lichte und für äussere Dimensionen.

Fig. 159. Fig. 160.



Dreheisen.

Die Dreheisen, zum Abdrehen halbtrockner Waaren mit schneidendem Geschirr, sind mannichfach geformte Blättchen von weichem Sensenstahl auf einen Stiel mit Handgriff so aufgenietet, dass die Achse des Stiels senkrecht auf der Ebene des Plättchens steht, Fig. 159 und Fig. 160. Sie müssen von weichem Stahl sein, damit man sie leicht und nach Bedürfniss mit der Schlichtfeile schärfen kann.

Formen mit bildsamer Masse.

Aufdrehen.

Das Formen durch „*Drehen*“, wie man die Arbeit mit schneidendem Geschirr schlechthin nennt, beginnt wie die meisten Arten zu Formen mit dem „*Aufdrehen*“.

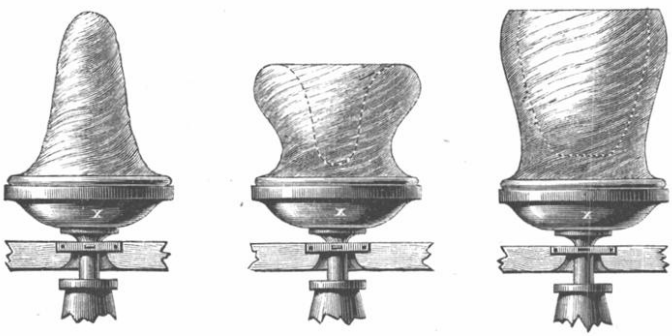
Ein Ballen frischgeschlagener Masse, in einer dem herzustellenden Stück angepassten Grösse, wird auf den Scheibenkopf angeworfen, wodurch er festklebt. Unter gleichzeitigem Umlaufen der Scheibe und Andrücken der mit Schlicker befeuchteten Hände zieht man den Ballen auf Fig. 161. Der Druck der langsam aufsteigenden Hände erzeugt spiralförmige Gänge, welche nach dem Brennen der nachher rein abgedrehten Stücke gern wieder zum Vorschein kommen (S. 311). Es ist daher gut und üblich, die Masse nach dem ersten Aufziehen mit dem Draht vom Scheibenkopfe abzuschneiden, in umgekehrter Lage zu befestigen und ein zweitesmal aufzuziehen. Alsdann kreuzen sich die ersten Spiralen mit denen beim zweitenmal entstehenden und heben sich einander in ihrer schädlichen Wirkung auf. Die Dreher lassen den Ballen auch nach dem Umkehren gern noch einigemal auf- und niedergehen, um die Masse gleichförmiger zu machen. Zuletzt giebt man dem Stück durch Eindrücke der beiden Daumen die Höhlung und führt die Wände durch Aufziehen zwischen Daumen und Händen (zuletzt auch wohl mit Hülfe der „Lehre“) auf die erforderliche Höhe. Eine Tasse erhält so nacheinander die Formen Fig. 161 bis Fig. 163 (x ist der Scheibenkopf). Der so erzeugte Körper, „*die Hugel*“, hat nur ganz im Rohen und ungefähr die Form des fertigen Stückes; es fehlen alle Einzelnheiten und feineren

Die Hugel.

Glieder des Umrisses, während die Wandstärke das Mehrfache beträgt. Die fertigen Hugeln werden mit dem Drahte abgenommen und reihenweise auf ein Brett geordnet.

Sie bleiben auf den Brettern so lange auf dem Trockengerüst stehen, bis sie „*leberhart*“ geworden, d. h. die Festigkeit von frischer Seife gewonnen haben. In diesem Zustande schneidet das Dreheisen, dem sie nun hinreichenden Widerstand bieten, einen glatten Spahn bei nunmehr erfolgendem „*Abdrehen*“. Zu dem Ende klebt man eine Hugel nach der andern mit etwas Schlicker auf die Drehscheibe, hilft mit einigen kurzen Stössen nach bis sie concentrisch läuft und dreht sie dann Abdrehen.

Fig. 161. Fig. 162. Fig. 163.



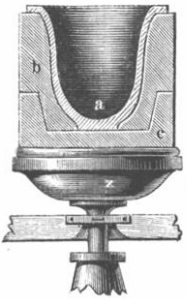
nach Vorschrift einer Werkzeichnung und mit Hülfe des Zirkels auf den gewünschten Umriss ab. Zuletzt erfolgt das Ansetzen der Garnituren, wo solche erforderlich, wie Henkel bei den Tassen u. s. w.

Selbstverständlich ist das Abdrehen nur zulässsig für Körper von kreisförmigem Querschnitt, die rund laufen, und unter diesen ist es nur gebräuchlich für gewisse dazu geeignete Gattungen von einfachen Hohlwaaren, Tassen, Eierbechern u. s. w., niemals für Platterie. Das Abdrehen erfordert viel Masse, giebt viel Abfall in Spänen, die wieder aufgeweicht und auf der Mühle umgearbeitet werden müssen, es ist kostspielig durch Aufwand an Zeit und Arbeit. Dagegen ist die abgedrehte Oberfläche in einem Grade schlicht, sauber, gleichförmig und für das Auge ansprechend, der der durch keine andere Art der Formung erreichbar ist. Aus letzterem Grunde werden auch viele aus Gypsformen gebildete Waaren mit dem Dreheisen nachgedreht. In Fabriken, die mehr auf Billigkeit der Herstellung als auf alles andere sehen müssen, ist dagegen das Abdrehen so gut wie ganz verschwunden.

Die Gypsformen sind das am häufigsten dienende Hülfsmittel und in den Porzellanfabriken in grosser Zahl und Mannichfaltigkeit vorhanden. Die Arbeit mit Gypsformen ist verschieden, je nachdem der Gegenstand von einfacherer oder verwickelterer Gestalt ist: drehrund, oval, eckig, ganz unregelmässig, hohl oder flach, Geschirr oder Figur u. s. w.

Einformen. Bei regelmässig drehrunden Hohlwaaren, wie Tassen, Töpfen u. s. w., ist der Anfang derselbe wie beim Abdrehen, nemlich Aufdrehen einer Hugel, hier eines hohlen, plumpen Körpers frei aus der Hand, nach den beschriebenen Kunstgriffen. Nachdem eine Anzahl Hugeln aufgedreht, aber ehe sie abgetrocknet sind, beginnt das „*Einformen*". Man legt dann eine Hugel in die Gypsform ein und centrirt diese letztere unter langsamem Antreiben der Scheibe. Indem der Arbeiter nun die Lehre an die innere Fläche der Hugel unter gelindem Druck anlegt, erweitert und verdünnt sich die Hugel, bis sie sich überall dicht an die Form anlegt und genau den Raum zwischen der Kante der Lehre und der Formwand ausfüllt. Die überschüssige Masse wird von der Lehre abgestrichen. Ist so die richtige Gestalt und Scherbendicke, Fig. 164 (*a*, eine Tasse, *b*, *c* die Form) erreicht, so streicht man die überschüssige Masse an der Lehre ab, setzt diese nochmals ein und lässt die gebildete bis dahin unschlichte Fläche noch einmal, aber im umgekehrten Sinne ablaufen, d. h. mit der Schneide statt gegen die Schneide der Lehre. Die Lehre wirkt so streichend statt schneidend und giebt der Oberfläche nun das erforderliche schlichte glatte Ansehen. Zuletzt kommen die Formen mit der eingeformten Waare auf das Trockengerüst, bis letztere losgeschwunden; sie kann nun zum weitern vollständigen Abtrocknen herausgenommen werden. Die soweit fertig geformte Waare bedarf stets noch einiger Nachbesserungen und Nacharbeiten; die Ränder sind unsauber und schneidend, die äussere Oberfläche, so wie sie von der Gypsform losgeht, ist etwas rauh. Diese Fehler werden durch „*Abschachteln*", d. h. Bearbeiten des Gegenstandes mit einer feinen Sorte Glas- oder Sandpapier auf der Drehscheibe, beseitigt. Sind Henkel, Schnauzen oder sonstige Garnituren anzusetzen, so muss dies nach dem Ausnehmen aus der Form im halbtrocknen Zustande geschehen. In diesem Zustande pflegt nun auch das Nachdrehen mit dem schneidenden Eisen, wenn man davon Gebrauch macht, zu geschehen. Namentlich gilt dies von dem Fuss der Waare, wenn derselbe nicht so einfach ist, dass er schon von der Gypsform gebildet wird. In jenem Fall giebt die Form nur einen verdickten Boden, Fig. 165, in welchem man den Fuss, Fig. 166, auch Hohlkehlen u. s. w. mit dem Dreheisen nachschneidet.

Fig. 164.



Auch Platterie, wie Teller, runde Schüsseln etc., können auf diese Art (Aufdrehen einer flachen Hugel, Einformen in die Gypsform mit der Lehre, Nachdrehen des Fusses, Abschachteln) hergestellt werden, wie dies früher gebräuchlich war; sie halten sich nach dieser Methode besser im Feuer, aber sie ist zu zeitraubend und kostspielig und darum fast überall der neueren gewichen, dem „*Ueberschlagen*". Dort formt der Gyps

die äussere Fläche des Stücks, die Lehre die innere Fläche; hier umgekehrt; dort geht man von der Hugel aus, hier von der „*Schwarte*“. Die Schwarte ist ein flacher ebener Kuchen von Masse, etwas dicker und von etwas grösserm Durchmesser als das künftige Geschirr, deren Herstellung und Behandlung ganz besondere Umsicht erfordert, wenn nicht von vornherein der Grund zu Fehlern gelegt sein soll. Es ist so gut wie Ueberschlagen.

Fig. 165.

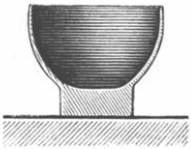


Fig. 166.

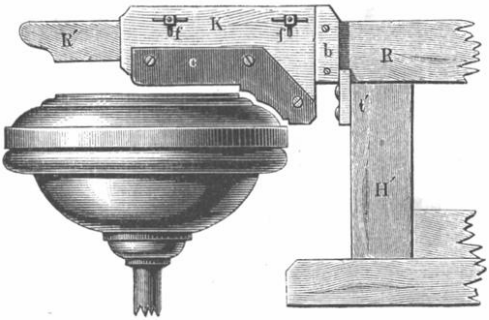
unmöglich, bei der Herstellung einer Schwarte Ungleichheit der Behandlung, des Drucks u. s. w. so vollständig zu vermeiden, dass sie nach dem Brennen nicht einigermassen zum Vorschein kommen. Wenn man den runden Kuchen aus einem Stück Masse auf einer Gypsplatte dreht, indem man den Ballen vom Mittelpunkt nach der Peripherie treibt, so kommen jene Ungleichheiten wenigstens symmetrisch um den Mittelpunkt der Schwarte, also auch des Tellers zu liegen und fallen so dem Auge nicht, oder nicht störend auf. Anders, wenn man einen Ballen Masse etwa mit dem Wellholz zu einer Schwarte auswalzt; alsdann findet einseitige Richtung des nun allzuleicht wechselnden Drucks statt. Alle unterlaufenden Ungleichheiten ordnen sich in parallelen Streifen auf der Schwarte wie auf dem Teller, geben diesem eine Neigung sich einseitig zu verziehen oder fallen unangenehm auf. Auch das Uebertragen der Schwarte auf die Form ist eine häufige Quelle von Fehlern. Wird die Schwarte dabei vorübergehend scharf gebogen oder gar eingeknickt, so kommt die Biegungslinie unweigerlich nach dem Brennen (meist über dem Durchmesser des Tellers) wieder zum Vorschein, wie vollständig sie auch beim Drehen verschwunden war. Eine dritte Art, sich die Schwarten zu verschaffen, besteht darin, dass man Masse zu einem grossen Ballen sorgfältigst schlägt, und diese mit dem Draht in gleich dicke Blätter schneidet. Man erhält so gewissermassen neutrale Schwarten, die so gut wie ohne Druck hergestellt, insofern auch gleichförmig sind, deren Werth jedoch sehr von der gleichen Zurichtung und Homogenität der Masse abhängt. Die Wahl unter diesen Wegen richtet sich zumeist nach der Natur der bald mehr bald weniger empfindlichen Porzellanmasse. Das gewöhnliche Verfahren beim Ueberschlagen, schwierige Massen vorausgesetzt, ist folgendes.

Ueber eine runde, ebene, auf die Drehscheibe geklebte Gypsplatte breitet man ein Stück nasses geschmeidiges Sämischleder, setzt den Ballen in den Mittelpunkt auf, treibt ihn mit dem Daumen bei mässiger

Ueberschlagen.

Geschwindigkeit der Scheibe flach zum erforderlichen Durchmesser aus und ebnet die Oberfläche durch Anhalten einer geradkantigen Klinge. Die so gewonnene Schwarte kann nun in der Hand des geübten Arbeiters leicht mittelst des sämischen Leders auf die Form übertragen, und umgekehrt werden, ohne scharfe Biegung. Die Form ist auf einer zweiten Scheibe mit der Lehre angebracht, Fig. 167. Der Scheibenkopf für die Tellerform ist im Mittelpunkt mit einem eingegossenen Futter von gebranntem Porzellan versehen mit einer viereckigen Vertiefung, die Form an der Unterseite mit einem eben solchen, genau passenden Zapfen. Da die Form von vornherein in dieser Befestigung auf der Scheibe abgedreht ist, so hat der Arbeiter seine Form ohne weitere Mühe nur mit dem Zapfen einzusetzen und ist sicher, dass sie genau richtig und

Fig. 167.



centrisch läuft. Zur Seite an dem Gestelle H' ist ein um den Punkt R drehbarer Arm RR' befestigt, den man beliebig aufheben und senken kann bis er auf dem Widerlager t' aufliegt. Auf diesem Arme ist die Lehre c gegen das Blech K mittelst ff festgeschraubt und zwar genau in die zur Form passende Stellung. Diese Vorrichtung heisst die „*Bockschablone*“. Sie ist anfangs zurückgeklappt, so dass der Arbeiter seine Schwarte bequem und frei mit dem Leder überschlagen kann. Ist dies geschehen, so lässt er unter langsamem Drehen der Scheibe erst die Schwarte sammt dem Leder mit einem weichen nassen Schwamm gegen die Form anlaufen, wobei schroffe einseitige Faltungen sorgfältig zu vermeiden sind. Alsdann zieht er das Leder ab und lässt die Schwarte für sich mittelst Schwamm und Schlicker noch genauer anlaufen. Zuletzt senkt er die Lehre herab gegen die Schwarte, so dass sie langsam in Angriff kommt; dabei muss die Form anfangs „mit der Lehre“ (gegen deren Zuschärfung) laufen, so dass sie nur streichend*) wirkt, letztere stetig mit Schlicker

Die Bockschablone.

*) Weil die dünne Schwarte sonst zu leicht einreisst oder sich faltet.

durch den Schwamm befeuchtet und die abgestrichene Masse von der Lehre öfter abgenommen werden. Der Teller ist in der Hauptsache geformt; zu schärferem Umriss lässt man die Form nun gegen die Lehre, zuletzt zur Glättung noch einmal mit der Lehre laufen; der Rand des Tellers formt sich in der einen Zoll breit überstehenden Gypsform mit den übrigen Theilen. Hierauf hebt man die Form mit dem Teller ab aufs Trockengerüst. Zu rasche Bewegung der Form gegen die Lehre ist immer gefährlich, nicht nur weil unsaubere Flächen entstehen, sondern zumeist, weil der Fuss *nn* leicht ausreisst.

Man sollte erwarten, dass der frisch geformte Teller durch die Gypsform, die er bei dieser Formung umschliesst, am Schwinden gehindert und reissen würde; allein er gleitet vermöge der schwachen Neigung der formenden Fläche an dieser beim Schwinden aufwärts, wodurch das Hinderniss überwunden wird. Die losgeschwundenen, von der Form abgenommenen und weisstrocken gewordenen Teller bedürfen noch sauberer Abrundung des Randes und Abschachteln der Oberfläche. — Aehnlich behandelt man die anderen drehrunden Platterien.

Ovale Waare.

Ovale Platten und Flachgeschirre lassen sich natürlich nicht auf der gewöhnlichen Scheibe in obiger Weise behandeln. Man hat zwar sogenannte „Ovalscheiben", d. h. als Drehscheiben construirte Ellipsographen, aber sie sind selten gebraucht, weil die Geschwindigkeit bei jedem Umlauf an einigen Punkten wechselt und ein unsteter Gang schwierig zu vermeiden ist. Auch eine andere Vorrichtung hat weniger Eingang gefunden: Das ovale Stück dreht sich auf der gewöhnlichen Scheibe um einen Mittelpunkt, als ob es kreisrund sei; dagegen aber schiebt sich die Lehre mittelst eines besonderen Mechanismus während jeder Umdrehung zweimal vor und zurück, dem ovalen Umriss folgend. Im Allgemeinen formt man ovale Geschirre aus Schwarten von freier Hand und setzt die Form, lediglich um sie bequem nach allen Richtungen bewegen zu können, auf die Drehscheibe. Ebenso bei vier- und bei achteckigen Formen etc. Je nachdem sie tief oder flach sind, werden sie eingeformt, oder übergeschlagen. Der Fuss dieser von freier Hand auf Gypsformen übergeschlagenen Geschirre wird mittelst einer besonderen, zuletzt auf den fertigen Boden aufgesetzten Gypsform gebildet; bei eingeformten Gegenständen ist der Fuss gleich in der Hauptform.

Zusammensetzen nach dem Brennen.

Nicht selten hat man mit Gegenständen zu thun wie Tafelaufsätze, Saucièren u. s. w., bei denen man — abgesehen von den eigentlichen Garnituren — die einzelnen Theile (bei einer Saucière z. B. Bauch und Fuss) für sich formt und schliesslich zusammensetzt. Diese Zusammensetzung geschieht dann entweder, wie bei dem Garniren, mit Schlicker aus Masse, so dass der geformte Gegenstand schliesslich ein Stück bildet (Saucière); oder die Theile bleiben getrennt und werden zuletzt nach dem Brennen mit eingeschobenen Eisenstangen und Schrauben zusammengefügt (viele Tafelaufsätze). — Es kann bei Gegenständen von gemischter Form auch zweckmässig sein, einen Theil frei zu drehen, einen

anderen einzuformen und sie nachher zusammenzufügen, wie ohnehin bei allen Garnituren der Fall.

Formen von Figuren.

Figuren, also Büsten, Statuetten u. s. w., welche stets hohl, aber auch andere Gegenstände von abweichender Bestimmung, wie Füsse, Henkel, Knöpfe etc., welche stets voll gearbeitet werden, erfordern natürlich allseitig geschlossene Formen. Einfache Gestalten, wie die zuletzt genannten, die sich durch eine Ebene in zwei gleiche Hälften zerlegen lassen, werden aus zweitheiligen Gypsformen hergestellt. Dies geht natürlich bei verwickelten Gestalten mit Biegungen, Einschnitten, Ausladungen aller Art und Unterschneidungen nicht mehr an. Bei diesen muss die Form in so viele Theile zerlegt sein, dass jeder einzelne frei und ohne Beschädigung der geformten Figur abgezogen werden kann. Solche Formtheile heissen „*Keilstücke*". Sie liegen in einer starken Hülle von Gyps, „*der Muschel*", die in zwei Hälften zerlegbar ist. Damit bei den Arbeiten die Muschelhälften und Keilstücke leicht und sicher in die richtige Lage kommen, so sind alle aneinander stossenden Fugen mit Loch und Zapfen eingepasst und mit dem Rücken genau in die Muschel, also nur an ihrer resp. Stelle, anschliessend. Alles dies genügt für die Anlage der Form noch nicht, denn da diese eine geschlossene ist, so kann die eingeformte Masse nur durch Zusammenpressen der Formtheile alle Vertiefungen ausfüllen. Damit diese Pressung wirksam wird, muss ein gewisser Ueberschuss von Masse vorhanden sein, über das zur Ausfüllung gerade nothwendige Mass. Dieser Ueberschuss wird beim Zusammenpressen zur Seite, d. h. in die Fugen der beiden Formhälften gequetscht und würde dort den völligen Schluss der breiten und flachen Formränder, also auch einen fehlerfreien Abdruck, verhindern. In Berücksichtigung dieser Sachlage läuft rings am inneren Rande der Form und zwar an beiden Hälften ein hinreichend tiefer Einschnitt her; indem diese Einschnitte sich decken, bilden sie einen Kanal zur Aufnahme der überschüssigen Masse; zwischen dem Kanal und der inneren Kante bleibt ein Grat stehen, breit genug, um nicht zu leicht wegzubrechen, aber auch schmal genug, um die ausgequetschte Masse durchzuschneiden.

Bei dem Formen hat nun der Arbeiter die beiden Muschelhälften neben einander vor sich liegen, in jeder die zugehörigen Keilstücke eingepasst. Er legt nun die vorher zubereitete geschlagene Masse von einem Ende zum andern ein, allmählich fortschreitend und überall mit dem Daumen in die Vertiefungen sorgsam in gehöriger Wandstärke eindrückend, bis beide Formhälften ganz und gar ausgelegt sind, aber so, dass die eingelegte Masse um den Rand herum etwas übersteht. Die Figur ist nun in zwei Hälften geformt; um eine feste Verbindung dieser beiden Hälften zu sichern, muss der überstehende Rand nun „*aufgerauht*" (d. h. mit der Klinge aufgekratzt), am besten auch durch Bestreichen mit Schlicker angefrischt werden.

Es erübrigt lediglich noch das Zusammenfügen der Muschelhälften und feste Zusammendrücken bis zum vollen Schluss der Fugen. Nach-

dem die Form hinreichend auf dem Trockengerüste gestanden und die Masse losgeschwunden, hebt man die eine Muschelhälfte ab, zieht die Keilstücke nach einander los und macht so die erzeugte Figur formfrei. Diese erscheint zunächst sehr unsauber, nemlich an allen Fugen mit hervorstehenden dünnen Graten, namentlich bei länger gebrauchten Formen. Diese werden nun durch Verputzen, d. h. nach den Kunstgriffen des Bossirens, weggenommen und die Oberfläche sauber nachgeholt. Formen von Figuren.

Die so weggenommenen und völlig verschwundenen Grate kommen indessen (aus dem S. 309 erörterten Grunde) nach dem Brennen nur allzugern wieder zum Vorschein, um so störender, je mehr der Bossirer sie durch Niederdrücken und übertriebenes Glätten, statt durch Schaben und gelindes Glätten zu beseitigen gesucht hat. Das hier beschriebene allgemein übliche Verfahren leidet übrigens noch an einem andern grossen Gebrechen: indem der Former die Masse in die Formhälfte einlegt, bedeckt diese die plastische Oberfläche derselben; er kann also während der eigentlichen Arbeit dem Wechsel von Senkung und Erhöhung derselben kaum oder nicht folgen und begnügt sich daher, die innere Oberfläche der Masse einfach auszurunden. Die Folge ist das Seite 310 besprochene häufige Reissen. Zweckmässiger und viel sicherer ist, beim Einlegen dem beiläufigen Umriss der Form thunlichst zu folgen, so dass ein möglichst gleichförmiger Scherben entsteht. Der Bossirer lässt sich dabei von der Sondirnadel leiten, die ihm genau die Dicke der aufgelegten Masse, mithin auch angiebt, ob sie eine hinreichend gleichdicke Schicht bildet. — Auch die Verbindung der beiden eingelegten Hälften einer Figur durch blossen Druck, zumal bei grösserer Ausdehnung der Ränder, ist durch die angegebenen Massregeln nicht hinreichend gewährleistet. Eine verlässige Verbindung erfordert mehr Kneten als blosses Drücken. Man thut daher gut, die Form vom Sockel aus offen zu lassen, so dass man in den Innenraum mit einem an einem Stock befestigten Schwamme zur bessern Bearbeitung der Fuge gelangen kann.

Besonders stark ausgeladene Theile einer Figur, wie frei ausgestreckte Arme, stark vorspringende Füsse und Falten etc., formt man zweckmässiger für sich und setzt sie wie Garnituren an.

Giessen.

Das Formen mit flüssiger Masse beruht noch viel ausdrücklicher auf der Porosität und Saugkraft der Gypsformen, als das Formen aus teigiger Masse. Das Gelingen beim Giessen ist sowohl von der Zubereitung der Masse, als auch von der Beschaffenheit der Gypsformen abhängig. Bedingungen.

Die Masse wird mit Wasser angerührt, etwas dicker als Rahm, so dass sie eben noch gut fliesst. Es kann dies mit dem blossen Spatel oder besser auf der Mühle geschehen, aber in jedem Fall hat man die Die Masse.

Masse von den Blasen sorgfältig zu befreien, welche bei dem Guss eben so viele Löcher geben; zu dem Ende lässt man die Masse in ruhigem Fluss durch ein Sieb gehen, am besten so, dass die untere Fläche des Siebes den Spiegel der Flüssigkeit berührt, also die Flüssigkeit nicht durch die Luft zu fallen braucht. Von Zeit zu Zeit ist die in Gebrauch befindliche Masse umzurühren, weil sie sich sonst absetzt. Dabei, sowie beim Eingiessen der Masse in die Form ist sorgfältigst durch Stetigkeit und Ruhe der Behandlung dahin zu wirken, dass keine neue Blasen entstehen.

Die Gypsformen.

Was die Gypsformen betrifft, so ist deren Saugkraft von ihrer Porosität und diese wiederum von der Menge Wasser bedingt, womit man den Gyps anmacht. Der Gyps erhärtet noch mit einem grossen Ueberschuss von Wasser und giebt dann ungemein poröse und stark saugende Formen, aber sie bleiben nur sehr kurze Zeit brauchbar, theils weil sie von der lösenden Kraft des Wassers zu rasch den Halt verlieren, theils weil die feineren Massetheilchen zu leicht in die weiten Poren eindringen und diese verstopfen oder doch ein Ankleben und Reissen des Gusses bewirken.

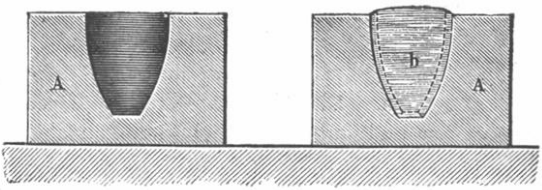
Bei einem Verhältniss von 10 Thln. Wasser auf 10 bis 12 Thle. Gyps erhält man Formen von hoher Saugkraft bei hinreichender Festigkeit. Natürlich müssen die Formen auch stark genug im Gyps sein, um die immer beträchtliche Menge Wasser aufsaugen und bergen zu können, die ihnen das Giessen seiner Natur nach zumuthet. Nächstdem ist auf möglichste Reinheit und Glätte der Oberfläche zu sehen; polirte Modelle von Metall, leichtes Uebergehen mit dem Fettlappen, vermeiden von Seifenschmiere (S. 315) empfehlen sich dafür. — Selbstverständlich greift das Giessen bei der grossen im Spiel begriffenen Wassermenge die Formen rascher und stärker an als das gewöhnliche Formen. Das Wasser frisst die Poren aus, Massentheilchen dringen ein und nach einiger Zeit folgt mangelhaftes Losschwinden und Reissen der Güsse. Man muss also die Ausnutzung der Formen nicht zu weit treiben.

Ausführung.

Die Handgriffe des Giessens erhellen aus einem Beispiel. Um einen Schmelztiegel zu giessen schöpft man hinreichend Masse mit einer Handkanne und füllt die Höhlung der Form *A*, Fig. 168, vollständig und zwar so mit der flüssigen Masse *b* an, dass diese etwas übersteht, aber ohne abzufliessen, Fig. 169. Der Flüssigkeitsspiegel sinkt anfangs rasch, nachher langsamer, und in dem Masse als dies eintritt, muss stets Masse nachgegossen werden, so dass die Höhlung immer voll bleibt. Das Sinken des Flüssigkeitsspiegels rührt natürlich von dem Einsaugen des Wassers durch die Form her; zu gleicher Zeit setzt sich aber der ganze Betrag der in dem aufgesaugten Wasser vertheilt gewesenen Masse, als eine fest anhaftende, zusammenhängende, aber weiche Schwarte an der Oberfläche ab, Fig. 169, die fortwährend an Stärke zunimmt. Hat sie die erforderliche Scherbendicke erreicht, so ist die Form zunächst der Wand

mit der Schwarte aus weicher aber nicht mehr flüssiger Masse, im Uebrigen mit dem Ueberschuss der flüssigen Masse *b* erfüllt. Kehrt man jetzt die Form mit einem raschen Griff um, so fliesst dieser Ueberschuss in ein untergesetztes Gefäss und die Schwarte bleibt rein zurück. Es kommt nur Ausführung.

Fig. 168. Fig. 169.



darauf an, den Zeitpunkt der richtigen Scherbenstärke wahrzunehmen; indem man die Messerklinge von Zeit zu Zeit flach über dem Rand der Form einwärts zieht, so wird dem Auge die Dicke der Schwarte deutlich auf dem Schnitt unterscheidbar. Nach dem Entleeren nimmt man die über den Rand stehende Masse mit der Klinge weg und stellt die Form aufs Trockengerüst. In guten, vorher gut getrockneten, Formen lässt ein Tiegel in Zeit von 20 Minuten los.

Bei gegossenen Waaren ist die Trockenschwindung und die gesammte Schwindung merklich grösser als bei gedrehten Waaren; sie ist also bei der Herstellung von Giessformen eigens zu bestimmen.

Wie man sieht, erfordert das Giessen weniger Arbeit und Geschicklichkeit als das Drehen; während die Schwierigkeit beim Drehen mit der Dünne des Scherbens zunimmt, so macht dies beim Giessen keinen Unterschied, im Gegentheil entstehen beim Giessen von einer gewissen Stärke des Scherbens an Schwierigkeiten, wo sie gerade beim Drehen abnehmen. Beim Einformen mit teigförmiger Masse muss man an alle Theile des Gegenstandes mit Fingern, Schwamm, Chablone etc. gelangen können, beim Giessen nicht. — Beim Drehen und Einformen kann man leicht der innern Fläche des Werkstücks eine andere Gestalt und einen andern Umriss geben als der äussern Oberfläche. Beim Giessen fallen die Scherbendicken überall gleich, mithin beide Oberflächen stets parallel, also von gleicher Gestalt aus, weil die allseitig gleiche Saugkraft des Gypses in gleicher Zeit überall gleichviel Masse verdichtet. Aus diesem Grunde tritt der Umriss des Fusses einer Tasse beim Giessen z. B. stets auch im Innern zum Nachtheil des guten Ansehens und der bequemen Reinigung hervor. Beim Giessen gehen mehr Formen auf, dagegen fällt mit dem Druck überhaupt auch jede Ungleichheit des Druckes auf den geformten Gegenstand und damit eine Hauptursache des Verziehens und Reissens weg. Manche Waaren sind darum auf andere Art als Giessen schlechterdings nicht herzustellen, z. B. Porzellanröhren. Aus diesen Gründen für und wider und wegen des grösseren Verbrauchs an Formen ist das Giessen immer- Werth des Giessens.

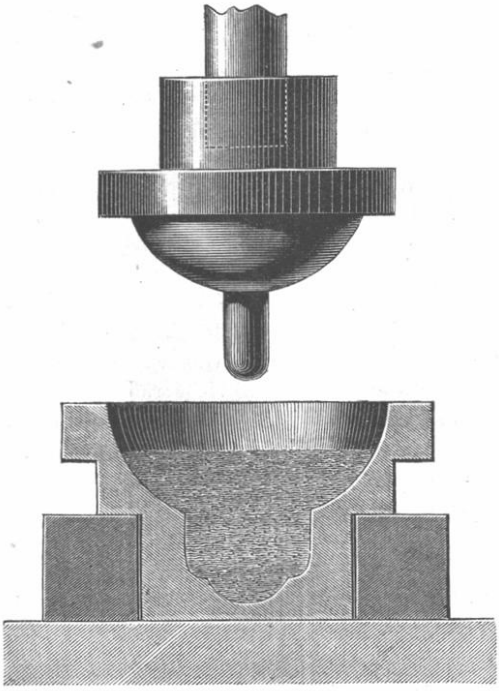
hin auf eine gewisse Anzahl von Fällen eingeschränkt. Dahin gehören, ausser Röhren für Chemiker, besonders dünnwandige Gegenstände, wie Schmelztiegel, dünne Tassen nach Art der chinesischen; endlich einfache kleinere Figuren, Puppenköpfe, Büsten, Nippsachen u. dergl. mehr.

Pressen.

Masse und Formen.

Das Pressen ist auf eine noch geringere Anzahl von Fällen eingeschränkt als das Giessen. Die Masse wird dazu getrocknet, auf der Kollermühle gemahlen und durch ein Sieb staubfein abgesiebt. Dieses Mehl lässt man im Keller etwas weniges anziehen, so dass es sich in der Hand nur mit einiger Anstrengung ballen lässt. Die Formen sind von Messing oder von Eisen und bestehen aus einer Patrize und Matrize in

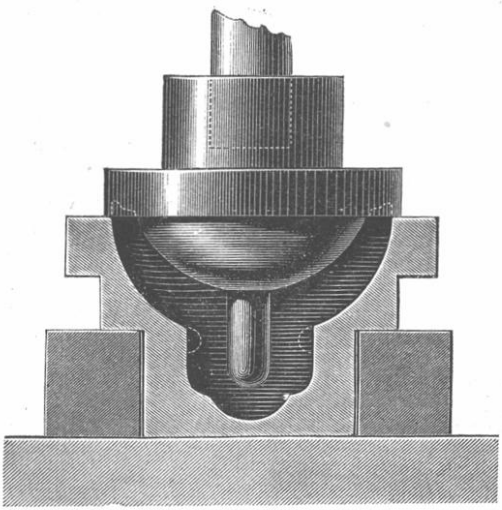
Fig. 170.



Verbindung mit einem kräftigen Anwurf von der Art, wie sie in den Münzen gebräuchlich sind. Die Matrize muss die ganze Menge der nach dem Pressen die Formen erfüllenden Masse, die unter der Wucht des Anwurfs sehr stark zusammengeht, im losen Zustande fassen, mithin viel tiefer sein als der formende Raum. Andererseits

muss der zu formende Gegenstand auch den vollen Druck erhalten, nicht bloss um hinreichende Schärfe des Umrisses, sondern auch um hinreichende Dichtigkeit und Festigkeit anzunehmen. Da nun die beweglichen Theile des Anwurfs mit der Patrize immer denselben Weg zurücklegen, mit gleichem Hub gehen, so wird natürlich der endgültig zu Stande kommende Druck von der Füllung der Matrize abhängen. Bei zu wenig Masse wird der Gegenstand mehr oder weniger lose bleiben, bei zuviel Masse wird die höchste Dichte noch vor dem völligen Schluss der Form erreicht und der Gegenstand unförmlich ausfallen. Bei richtiger Füllung trifft die höchste Dichte der Masse gerade mit der genauen Erfüllung der Form zusammen. Durch einige Vorversuche stellt man die richtige Beschickung fest und richtet ein- für allemal ein Mass dafür her. Nach Umständen ist es vortheilhaft, zur Vereinfachung der Form den gepressten Körper zuletzt durch Drehen zu vervollständigen, so bei Isolatoren für Telegraphen, Fig. 170, welche hier als Beispiel des Pressens dienen mögen. Die zweitheilige Matrize, durch Einsetzen in einen eisernen Ring geschlossen gehalten, giebt den äussern Umriss, die Patrize giebt den innern. Beim Pressen überfährt man erst die formende Metallfläche mit einem gefetteten Lappen, füllt dann in die Matrize mittelst des Messgefässes die erforderliche Menge Masse ein, Fig. 170 und lässt den Anwurf ein- oder zweimal spielen. Nimmt man nun die Form aus dem Ring Ausführung.

Fig. 171.



und öffnet die beiden Hälften, so hat das von dem Metall unschwer loslassende Stück nunmehr die Gestalt wie in Fig. 171. Zuletzt wird der Hals (nach der punktirten Linie) auf der Scheibe mit dem Dreheisen eingeschnitten und der Rand nachgedreht. Ist das Sieb nicht fein genug

und die Masse fühlbar körnig, so dreht sie sich unschlicht und porös. Die Metallflächen färben, in Folge von Abnutzung durch die scharfen Gemengtheile der Masse, etwas ab und geben der gepressten Oberfläche ein grauschwarzes Ansehen. Bei dem Abschachteln des fertigen Stücks geht dieser dünne Ueberzug gelegentlich mit weg.

Werth des Pressens.

Das Pressen hat zwei sehr grosse Vorzüge: rasche und leichte Arbeit, dann gänzlicher Wegfall der Trockenschwindung, weil die Waare schon trocken aus der Form kommt. Insofern wäre eine allgemeine Anwendung des Pressens durchaus wünschenswerth. Allein das Pressen hat den Nachtheil, dass es nur unter gewissen Bedingungen möglich ist. Es setzt sehr einfache und zugleich offene Formen voraus, mit Ausschluss von Unterschneidungen u. s. f. Auch unter den Waaren von offener Form sind die meisten, wie Teller, Untertassen, Platten etc., wieder ausgeschlossen, weil sie zu schwach im Scherben und beim Losgehen von der Form zerbrechen würden. Bis jetzt hat man daher ausser den Isolatoren noch Tuschschalen, Mosaiksteine von Porzellan und noch einige wenige andere Artikel gepresst.

Es versteht sich von selbst, dass bei der gepressten Waare allein die Schwindung im Feuer in Rechnung kommt.

Garnitur.

Bei dem Formen ist wiederholt erwähnt worden, dass die sogenannten „Garnituren“, d. h. die gewöhnlich vorkommenden Füsse, Henkel, Schnauzen, Knöpfe als Griff u. s. w., besonders geformt und in einer besondern Arbeit an die gedrehten, aus Gypsformen durch Einformen oder Giessen erhaltene Waare angesetzt werden. Es geschieht durch Ankleben der betreffenden Theile mittelst „*Schlicker*“, d. h. zu dickflüssigem Rahm aufgeweichter Masse. Dabei ist einige Aufmerksamkeit und festes Einhalten der Regeln beim Garniren erforderlich, wenn die Ansätze sich fest und zu einem Stück mit dem Körper verbinden sollen. Zunächst ist erforderlich, dass die Ansatzflächen der Garnitur scharf und genau der in der Regel geschweiften Fläche des zu garnirenden Stückes anpassen. Diese Bedingung ist durch die Gypsform der Garnitur an sich keineswegs gewährleistet, da sich die Garnituren etwas verziehen, beim Formen einen Grat bekommen, der zuvor weggenommen werden muss und die zu garnirenden Arbeitsstücke nicht mathematisch genau gleich ausfallen. Ein zweiter wesentlicher Punkt ist der Feuchtigkeitszustand der zur Garnitur gehörigen Theile. Frisch aus der Form sind sie zu weich und lassen sich nicht ohne Verbiegung handhaben; völlig trocken, saugen sie das Wasser zu rasch auf, viel rascher als der Ansatz auszuführen ist, und trocknen den Schlicker soweit, dass er seine Bindekraft verliert. Es kommt mithin Alles darauf an, dass die zu verbindenden Theile bis auf einen bestimmten Grad abgetrocknet sind, sie sollen fest, nicht mehr biegsam sein, schon in einem gelinden Grade saugen, aber beim Schneiden

noch einen zusammenhängenden Spahn geben. Der Arbeiter beginnt mit dem Anpassen mittelst Anhalten der Garnitur an die Ausatzstelle und Beschneiden oder Beschaben der betreffenden Flächen, bis diese dicht anliegen. Alsdann bestreicht er die angepassten Flächen, sowohl der Garnitur als des Arbeitsstückes mittelst eines Pinsels mit Schlicker, und drückt die Garnitur auf die befeuchteten Stellen fest. Mit dem Druck übt er zugleich eine leichte schiebende und anreibende Bewegung aus, aber nur für einen Augenblick, den ihm das Gefühl des Widerstandes der zum Haften gekommenen Flächen anzeigt. Nach dem vollständigen Trocknen der garnirten Gegenstände macht das Verputzen der Ansatzstelle, d. h. das Wegnehmen des zur Seite gequetschten überschüssigen Schlickers den Beschluss. —

Trocknen der Waare

Zu den unentbehrlichen Erfordernissen einer Dreherei und Formerei gehören die Trockengerüste, Gestelle mit beweglichen Brettern in der nächsten Umgebung des Arbeiters. Sie müssen geräumig sein, damit die Waaren nicht zu dicht auf einander kommen, mit einer hinreichenden Anzahl von Brettern versehen, damit diese inzwischen abtrocknen können, wenn sie zu feucht geworden. Endlich soll der Raum, worin die Gerüste stehen, mit einer guten Ventilation ausgestattet sein, welche der entwickelte Wasserdunst gehörig ableitet. Dieser letztere Theil der Einrichtung ist in den meisten Fabriken sehr mangelhaft bestellt, namentlich während der Heizung in der kalten Jahreszeit. Gewöhnlich erfolgt aus diesem Mangel das Trocknen an den verschiedenen Stellen des Gerüstes, in den Ecken z. B., sehr ungleich, bald rascher als wünschenswerth, bald zu langsam. Der in der That ungeheure Betrag von Wärme, der nach dem Scharffeuer aus dem Ofen während der Abkühlung ins Freie nutzlos entweicht, lässt sich wenigstens im Winter zweckmässig unter den Trockengerüsten mittelst weiter Thonröhren verwerthen. Manche Fabrikanten lassen in diesem Sinn den Hals der Brennöfen direct durch die Dreherei gehen. Für den Sommer ist vortheilhaft, wenn die Dreher ihre Arbeit bei heiterem Wetter im Freien aufstellen können, wo weniger die Wärme als die raschere Bewegung der Luft wirkt. Dabei ist der Schatten dem unmittelbaren Bescheinen der Sonne vorzuziehen.

Die Arbeiter sind gewöhnt, den Trockengrad nach der Wandlung der Farbe der Waare zu beurtheilen. In der That erscheint die frische Masse anfangs grau oder graugelb, nach dem Trocknen fast weiss. Dieses Kennzeichen ist bei Gegenständen von schwachem Scherben, z. B. Geschirren, hinreichend, aber bei Figuren u. s. w. von starkem Scherben trügerisch.

Das Glasuren und Verputzen.

Wie schon Seite 306 erörtert, so ist das Material zur Glasur, in der Kunstsprache ebenfalls Glasur genannt, eine Mischung ähnlicher Art wie die Masse, die jedoch bei derjenigen Temperatur in vollen glasigen Fluss

kommt, wobei die Masse sich gar brennt. Da beides in demselben Feuer zu gleicher Zeit vor sich geht, also das Brennen der Glasur kein besonderer Act ist, so versteht man beim Porzellan unter Glasuren lediglich das Auftragen der Glasur.

Bedingungen.

Das Auftragen der Porzellanglasur geschieht auf dem Wege des Ansaugens, ganz nach demselben Grundsatze wie das Giessen des Porzellans. Zu dem Ende muss man die zu glasirende Waare zuerst in einen Zustand versetzen, in welchem sie einerseits eine grosse Saugkraft (Porosität) besitzt, andererseits aber vom Wasser nicht mehr aufgeweicht, überhaupt nicht mehr verändert wird. Die bloss getrocknete Waare entspricht der ersten Forderung nicht hinreichend, der zweiten gar nicht. Man unterwirft daher die getrocknete Waare ausschliesslich zum Zweck des Auftragens von Glasur einem schwachen Brande, wobei sie eben ihre Aufschlämmbarkeit einbüsst, aber noch keine Spur von Sinterung erfährt. Dieser Brand geschieht nur gelegentlich, mit der Abhitze des eigentlichen Scharffeuers, und heisst das „*Verglühen*". Die verglühte Waare ist von unrein weisser ins Gelbe oder Graue ziehender Farbe, mürbe, leicht zerbrechlich, widersteht aber dem Wasser und besitzt ungemeine Saugkraft.

Wassergehalt der Glasur.

Die Glasur ist eine milchige Schlempe aus den äusserst fein gemahlenen Bestandtheilen in viel Wasser zertheilt. Möglichste Feinheit und möglichst innige Mischung dieser Bestandtheile vorausgesetzt, hängt der Erfolg zunächst von dem Grade der Verdünnung ab, die man der herkömmlichen Praxis gemäss, nach der Art beurtheilt, wie die Glasur vom eingetauchten Finger abläuft. Dieses Kennzeichen ist bei einiger Uebung des Arbeiters schärfer als man erwarten sollte. Bei fünf verschiedenen auf diese Art eingestellten Glasuren fand man in der Gegenprobe mit Mass und Gewicht in Nymphenburg:

	Fester Rückstand. Gewproc.	Wasser. Gewproc.
Glasur 1.	28,2	71,8
„ 2.	29,5	70,5
	28,5	71,5
„ 4.	32,2	67,8

	100 Cubikcentimeter hinterliessen festen Rückstand: Grm.
Glasur 1.	38,8
„ 2.	36,3
„ 3.	37,2
„ 4.	39,4
„ 5.	37,9

Im Durchschnitt kann daher in der richtig gestellten Glasur 28 Proc. Trockengehalt oder 380 Grm. im Litre angenommen werden. Selbstverständlich gelten diese Werthe nur für das bestimmte Beispiel. In jedem Falle muss die Verdünnung mit der Saugkraft der Waare im Verhältniss stehen. Taucht man einen verglühten Gegenstand in die Glasur, so saugt dieser sofort Wasser ein, während die in dem Wasser vertheilten festen Stoffe sich auf der Oberfläche absetzen. Ist die Glasur über ein gewisses

Mass hinaus verdünnt, so wird die sich absetzende Glasurschicht nicht von ausreichender Stärke erlangt werden können. Die richtige Verdünnung ist so, dass die Waare beim einfachen Durchziehen sich mit Glasur gerade in der erforderlichen Stärke überzieht.

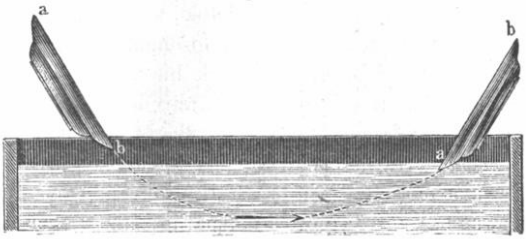
Insofern die Bestandtheile der Glasur weit schwerer sind als Wasser und von ungleicher Dichte unter sich, haben sie fortwährend das Bestreben, sich zu Boden zu setzen und zu entmischen. Es ist daher unerlässlich, die Glasur vor dem Gebrauch jederzeit bis zur vollkommenen Gleichmässigkeit aufzurühren und dieses auch während des Glasurens öfter zu wiederholen. Dieser Vorsicht ungeachtet macht sich im Verlauf des Gebrauchs eines Glasurvorraths erfahrungsmässig eine gewisse, jedoch nicht bedeutende Entmischung bemerklich; Kalkglasuren (wie s. S. 307) werden gegen Ende etwas strengflüssiger, Feldspathglasuren eher leichtflüssiger. Dass die höchste Reinlichkeit in der Haltung der Glasur gehandhabt werden muss, bedarf kaum besonderer Erwähnung. Die Glasur ist in Bottichen vorräthig, theils von Holz, aber dann sehr dem Faulen und Loslassen von Spähnen unterworfen, theils und besser von Zinkblech. Fehler.

Wo man zwei oder drei Massen von verschiedener Strengflüssigkeit führt, sind natürlich eben so viele entsprechende Glasuren erforderlich; jedes Arbeitsstück erhält die Bezeichnung der besondern Masse und nach deren Anleitung die entsprechende Glasur.

Die Richtigstellung der Glasur in Bezug auf den Wasserzusatz und das Verglühen der Waaren sind die allgemeinen Grundlagen, aber sie bedingen nur die Stärke im Allgemeinen, noch nicht die Gleichmässigkeit der aufgetragenen Glasur. Diese hängt in erster Linie von den Handgriffen ab. Insofern das Glasuren durch Eintauchen bewerkstelligt wird und man die Waare zum Behuf des Eintauchens auch anfassen muss, so wird unter allen Umständen eine Stelle unglasirt bleiben, die besonders nachgeholt werden muss. Diesem unvermeidlichen Uebelstande gegenüber ist die erste Regel, die Waare möglichst nur mit den Fingerspitzen anzufassen. Die weiteren Kunstgriffe ergeben sich aus folgender Betrachtung. Gesetzt, der Arbeiter halte einen Teller, Fig. 172 bei *a*, tauche ihn senkrecht unter den Spiegel der Flüssigkeit und ziehe ihn ebenso wieder heraus, so wird der „*Griff*“ nur an dem einen Punkte *a* erscheinen, auch die Bewegung einfach und bequem sein; dagegen kann die Glasur auf diese Art sich nur in sehr ungleicher Stärke anlegen, denn der Punkt *b* wird zuerst in die Glasur kommen und sie zuletzt verlassen, also weit länger unter Glasur sein, als der Punkt *a*, der zuletzt unter- und am frühesten auftaucht; der Auftrag der Glasur wird sich von *a* nach *b* verdicken. Es entspringt daraus die feste Forderung, so zu verfahren, dass alle Theile einer Waare gleichlang eingetaucht sind; ihr wird genügt, wenn der Arbeiter in obigem Beispiel den Teller an zwei Punkten bei *a* und bei *b* zwischen die Spitzen des rechten und linken Zeigefingers fasst und in einem Bogen durch die Glasur fährt Handgriffe beim Auftragen.

(Fig. 172), wo die Seite *b* zuerst unter-, aber auch zuerst emportaucht und umgekehrt die Seite *a*, — also alle Theile der Tellerfläche gleichlang eingetaucht sind. Diese allgemein übliche Behandlung hinterlässt allerdings zwei Griffe, an zwei gegenüberstehenden Punkten.

Fig. 172.



Beim Auftauchen läuft die anhängende Flüssigkeit in den Bottich zurück; den letzten Tropfen nimmt man mit dem Finger weg. Auch an dieser Stelle bleiben kleine Unregelmässigkeiten.

Vorputzen.

Die glasurten Waaren kommen auf Brettern und Gerüsten zum Trocknen, was bei der porösen und sehr wenig hygroskopischen Natur des Materials leicht und rasch geht. Jedes Stück hat mindestens zwei Fehlstellen: den Ablauf, durch örtliche Verdickung der Glasur kenntlich; dann die Griffe mit fehlender Glasur. Sonst ist es allseitig mit Glasur überzogen, aber auch an Stellen, wo keine Glasur hingehört. So am Fuss, mit dem die Waare im Feuer auf der Unterlage ruht, am Falz der Deckel und dem entsprechenden Rande der Geschirre in vielen Fällen. Verbesserung dieser Mängel ist Gegenstand des „*Verputzens*", welches nach dem Trocknen der glasurten Waare folgt. Messer und Kratzbürste dienen zur Wegnahme der Glasur, Abreiben mit dem Ballen des Daumens zum Ausgleichen dickerer Stellen. Zum Nachtragen der Glasur an den Griffen, die dann dicker, also mit weniger Wasser angemacht sein muss, dienen Pinsel.

Kapseln und Einlegböden.

Vorbemerkungen.

Das Porzellan verträgt beim Brennen nicht die unmittelbare Berührung mit dem Feuer, weil es durch Anflug von Asche unfehlbar durch schmutzige Flecken verunstaltet würde; es muss daher wie die edleren Thonwaaren überhaupt, in schützenden Umhüllungen, in sogenannten „*Kapseln*" gebrannt werden. Sie sollten vor allen Dingen bei der Temperatur des garenden Porzellans, also der beginnenden Weissglut, ohne Erweichung und Verbiegung stehen, wenig schwinden, bei der unvermeidlichen Schwindung nicht reissen, noch Körner und Theilchen ihrer Masse fallen lassen, die auf der Glasur des Porzellans festschmelzen und

es verderben. Das einzige Material, welches diesen Anforderungen, wenn auch in nicht ganz befriedigender Weise entspricht, ist der feuerfeste Thon.

Das Porzellan erweicht im Feuer bis zur Biegsamkeit, wenn die Unterlage nachgiebt, so biegt es sich mit der Unterlage und es entstehen leicht Formverzerrungen. Bei Waaren von kleiner Grundfläche ist diese Gefahr verschwindend, bei Waaren von grosser Grundfläche (Tellern, Platten u. s. w.) aber beträchtlich, insofern die Kapselböden von grösserer Spannung sich nur allzuleicht, auch nicht jederzeit symmetrisch, durchbiegen und selbst reissen. Für diesen Fall giebt man den zu brennenden Stücken eine besondere gegen Verbiegungen und Reissen sichere Unterlage ebenfalls von feuerfestem Thon, die „*Einlegböden*“ oder „*Pumbse*“.

Thon zu Kapseln.

Für die Herstellung von Kapseln kann man den Thon eigentlich nicht streng genug wählen; er sollte wenigstens im Porzellanofenfeuer porös bleiben und noch nicht sintern. In Sinterung begriffener Thon hat seinen besten Halt verloren und giebt dem Druck nach; Kapseln in diesem Zustande biegen sich aus, setzen sich zusammen und gefährden die Waare durchaus. Namentlich ist kalkschüssiger Thon in diesem Sinne gefährlich, um so mehr, als man die kalkigen Schichten oft äusserlich nicht oder nur am Aufbrausen mit Säure zu erkennen vermag, und der Kalk bei dem hohen Hitzgrad schon in kleineren Mengen nachtheilig wirkt. Von Natur, oder durch die Aufbereitung gleichmässig im Thon vertheilt, vermindert der Kalk die Feuerbeständigkeit; als Einschluss in Gestalt von Körnern, Geröllen u. s. w. bringt er die Stelle, in der er sitzt, zum Fluss, es entsteht ein grünes oder braungefärbtes Glas, welches auf die eingesetzte Waare herabtropft und diese verdirbt. Ebenso gefährlich sind Einschlüsse von eisenhaltigen Mineralien wie Roth- und Brauneisenstein als kräftige Flussmittel. Auch unschmelzbare und nicht als Flussmittel wirkende Einschlüsse, wie Quarzgeröll, sind nachtheilig, indem sie im Feuer losschwinden, Höhlungen und unganze Stellen bilden. Nicht weniger als die natürlichen Einschlüsse des Thons hat man diejenigen zu fürchten, die zufällig bei der Aufbereitung und Verarbeitung des Thons zu Masse oft hineingerathen, namentlich Kalkgerölle, Eisenstücke von den Maschinen und Messern, die sich im Feuer sofort oxydiren und Löcher in die Kapseln schmelzen.

Eine Seite, von der beim Gebrauch der Kapseln ebenfalls Nachtheil und Gefahr droht, ist die Schwindung des Thons. Feuerfeste Thone, fast immer sehr rein und fett, schwinden an sich stark, um so mehr bei der hohen Temperatur des Porzellanfeuers. Wäre diese Schwindung grösser als die des Porzellans, so müssten die Kapseln um den Unterschied der Schwindung grösser angelegt werden, und zwar auf Kosten der vollkommneren Ausnutzung des werthvollen Feuerraums. Noch bedenklicher ist die Schwindung solcher Thone, bei der Wandstärke der Kapseln und dem ungleichen Angriff des Feuers gegen die einzelnen Theile der Kapseln

Versatz mit Chamotte.

(Wände und Boden), in Bezug auf die Haltbarkeit; sie würden unvermeidlich reissen. Es ist aus diesen Gründen unerlässlich, die natürliche Schwindung des Thons durch künstliche Mittel möglichst zu vermindern. Das allgemein übliche Mittel ist, wie bei feuerfesten Steinen und dergleichen, Versatz des frischen Thons mit gebranntem Thon, im vorliegenden Falle mit zerkleinerten Scherben von gebrauchten Kapseln. Diese haben natürlich die Schwindung im Porzellanfeuer schon erlitten, die Kapselmasse schwindet daher nur in Bezug auf ihren Gehalt an frischem Thon, also um so weniger, je grösser der Versatz mit gebrannten Scherben. Umgekehrt nimmt mit diesem Versatz aber die Bildsamkeit der Masse ab, sie lässt sich zuletzt zu schwer oder nicht mehr auf der Drehscheibe verarbeiten. Für jeden Thon ist daher das Verhältniss aufzusuchen, welches noch hinreichende Bildsamkeit bei möglichst geringer Schwindung bietet. Die Wirkung des Versatzes mit gebrannten Scherben hängt übrigens nicht bloss von der Menge, sondern auch sehr von dem Korn ab, welches man ihm giebt. Grobes Korn, etwa in Linsengrösse, bildet in der Masse eine Art Skelett und giebt ihr ungleich mehr Widerstand gegen Reissen, als feiner, z. B. staubförmiger Versatz, während letzterer wieder in der Bildsamkeit günstiger ist. Bei der Zerkleinerung der gebrannten Kapselscherben, auch bei grösster Vorsicht, wird stets ein gewisser Antheil in Mehlform erhalten. Indem man allen Umständen Rechnung trägt, erscheint es daher zweckmässig, den Versatz in beiderlei Form, grob und als Mehl, in einem gewissen Verhältniss zuzugeben.

Die Masse zu Kapseln wird nach dem Obigen überall aus zwei Dingen, aus frischem Thon und aus zerkleinertem gebranntem Thon von gewissem Korn — sogenannter „*Chamotte*“ — hergestellt. Ob man diesen oder jenen feuerfesten Thon vorzieht, ob man mehrere Sorten gemengt anwendet, ist natürlich eine Frage der Oertlichkeit, der Preise und Frachtkosten; eine wohl verstandene Sparsamkeit wird jedoch um einer verlässigen Güte des Materials willen einen etwas höheren Preis nicht scheuen. Auch unter den günstigsten Verhältnissen werden im Porzellanbrand stets eine grosse Menge Kapseln unbrauchbar; sie liefern das vortreffliche Material zur Chamotte; in jeder Fabrik wird natürlich immer mehr an Kapselscherben erhalten als man für die neuen Kapseln bedarf, nemlich eben so viel als man an frischem Thon zusetzt. Zur Zerkleinerung dienen gewöhnliche Pochwerke, entweder unmittelbar, oder zweckmässiger in Verbindung mit Quetschwalzen in der Art, dass die Walzen das Material vorbrechen, das Pochwerk die weitere Zerkleinerung übernimmt. Bei der in der Regel bedeutenden Härte der Scherben werden gusseiserne Pochschuhe unverhältnissmässig abgenutzt und thun leicht Schaden durch Einmengung von Eisenkörnern; stählerne Pochschuhe sind daher vorzuziehen. Nach der ältern Art bestand die Pochsohle, auf welcher die Stempel arbeiten, aus einem massiven gusseisernen Balken. Es leuchtet ein, dass ihre Leistung viel zu wünschen übrig lässt, denn die nach den ersten Schlägen entstandene Chamotte, indem

sie sich auf der Pochsohle ansammelt, bildet eine weiche Unterlage, in welcher sich die noch ganzen Scherben einbetten und der Wucht des Schlages entziehen. Dieser Nachtheil ist durch fleissiges Absieben nur sehr theilweise und mit grossem Opfer an Arbeit zu heben. Ungleich zweckmässiger ist es daher, als Pochsohle einen Rost von Stahlstäben zu gebrauchen. Die Stäbe auf der hohen Kante liegend, fischbauchartig in der Mitte stärker, halten leicht den Schlag des Stempels aus, wenn sie nicht zu schmal sind. Ihr gegenseitiger Abstand entspricht der Grösse des Chamottekornes dergestalt, dass jedes Bruchstück der Kapselscherben, so bald es dieses Korn erreicht hat, durch den Rost fällt und sich dem Schlage des Stempels sofort entzieht. Ein solches Stahlpochwerk schafft ungleich mehr Arbeit, nemlich mit drei Stempeln 50 Centner im Arbeitstag (10 Stunden) und giebt weniger Mehl.

Die Chamotte von Pochwerken mit massiver Pochsohle schied sich durch Siebe bei einem Versuch: in 30 Procent grobes, 30 Procent feines Korn und 40 Proc. Mehl.

Mischung der Masse.

In Nymphenburg mischte man die Kapselmasse aus 10 Gewthln. Thon und 14 Gewthln. ungeschiedener Chamotte. Der verwendete Thon enthält an sich 10 bis 15 Proc. Quarzsand, eine nachtheilige Beimischung, weil der Quarz im strengen Feuer zuletzt als Flussmittel wirkt. Je nach der Natur des Thons ändern sich die Mischungsverhältnisse an anderen Orten. Die Bestandtheile der Kapselmasse werden mit Wasser in einem Thonschneider (eine viel gebrauchte weiter unten zu beschreibende Maschine) gemischt. Die so erhaltene Masse ist plastisch genug für die Herstellung der Kapseln. — Man hat kreisrunde, ovale und viereckige Kapseln, letztere mit abgestumpften Ecken; die runden werden auf der Drehscheibe frei gedreht *) nach dem Masse, die anderen in Gypsformen. Auch ovale Kapseln lassen sich bequem durch Freidrehen herstellen; man dreht sie erst kreisrund, schneidet dann ein Stück von der Form x, Fig. 173, aus dem Boden und schiebt die Ränder zusammen, indem man Sorge trägt, sie durch Kneten fest zu verbinden.

Formen der Kapseln.

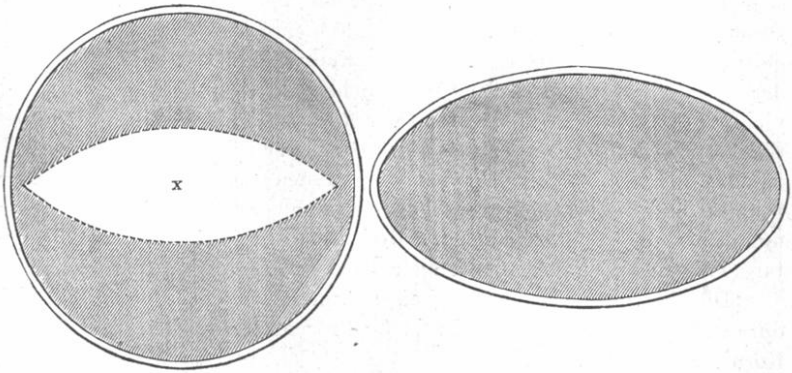
Wie man Kapseln hat von verschiedener Form und für dieselbe Form von verschiedener Weite, so bedarf man auch solche von verschiedener Höhe, und zur Ausgleichung der verschiedenen Höhe der Waare auch Ringe ohne Böden.

Für Hohlwaaren, Kannen u. dergl., deren Formen mannichfach wechseln, dienen einfache runde oder ovale Kapseln mit flachen Böden, weil hierbei besondere Einlegböden meist nicht erforderlich. Bei Platterie, also Tellern, Schüsseln u. dergl., die sich zu Hunderten im Einsatz wiederholen und ihrer breiten Füsse wegen dem Verbiegen besonders unterworfen sind, können Einlegböden nicht entbehrt werden. Für die

*) Die Masse mit den scharfen Körnern macht die Hände der Dreher leicht wund; sie bedienen sich daher an mehreren Orten zweckmässig eines Stückes nassen Leders zum Kapseldrehen.

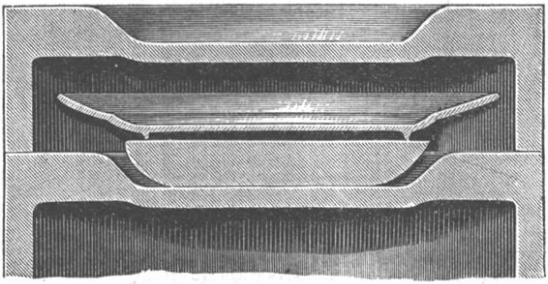
Sicherheit, welche diese letzteren gewähren, nehmen sie bei der erforderlichen Stärke von $^3/_4$ bis $1^1/_2$ Zoll viel von dem kostbaren Brennraum

Fig. 173.



durchgeschlagene; in Anspruch und vermindern obendrein die Haltbarkeit der Kapseln durch ihr Gewicht. Jenen verlorenen Raum zu gewinnen ist der Zweck der sogenannten durchgeschlagenen oder versenkten Kapseln, Fig. 174, mit einer gerade zur Aufnahme des Einlegbodens passenden Vertiefung im Boden

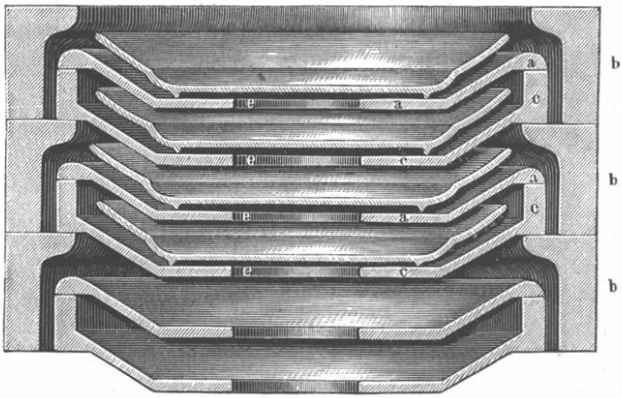
Fig. 174.



Regnier's Kapseln. Diese Vertiefung findet in der Höhlung des darunter stehenden Platteriestücks (Tellers z. B.) freien und unbenutzten Raum. Eine noch grössere Ersparniss und zugleich Verminderung des schädlichen Gewichts gewähren die Kapseln nach Regnier. Sein Grundgedanke ist, den Einlegboden als Kapselboden zu benutzen und den letztern ganz zu unterdrücken, während er dem Einlegboden eine zur Ausnutzung des Raumes möchlichst geschickte Gestalt giebt. Dieser Regnier'sche Einsatz besteht daher aus einem blossen Kranz *b* (Fig. 175) ohne Boden, aber einem schmal umgeschlagenen Rand, sodann aus den Einlegböden *a* und *c*, letztere vertieft nach dem Umriss des Tellers und in der Mitte *e* (zur Verringerung des Gewichtes) ausgeschnitten. In der Zusammenstellung erscheint das Ganze (für Teller)

wie in Fig. 175. Der Kranz dieses Einsatzes ist von Kapselmasse, der Einlegboden von Einlegbodenmasse mit feiner Chamotte. Der Vortheil ist augenscheinlich: wo sonst auf die Höhe des Ofens 16 Teller gehen, finden nach Regnier nun 21 Teller Platz mit reichlichem Spielraum bei 3 Zoll Kranzhöhe. Allerdings ist diese Aufstapelung etwas künstlich, nur Regnier's Kapseln.

Fig. 175.



bei sehr gut stehenden und verlässigen Kapseln rathsam, um so mehr, als das Gewicht zwar nicht für den einzelnen Teller, aber doch für eine ganze Säule beträchtlich grösser ist.

Die Hauptbestimmung der Einlegböden als eine in der Form unveränderliche ohne Krümmung der Oberfläche sich erhaltende Unterlage, lässt sich nur durch einen viel stärkeren Versatz des frischen Thons mit Chamotte und gröberes Korn der letzteren erfüllen. Die Masse dazu ist in der That nur gröbste Chamotte mit soviel frischem Thon als eben zur Verbindung der Körner erforderlich (in Nymphenburg z. B. die Hälfte vom Gewichte der Chamotte). Diese Masse ist gänzlich unplastisch. Die Böden werden daher durch Schlagen in eisernen mit Chamottemehl bestäubten Formen und hölzernen Hämmern mit breiter Bahn hergestellt. Einlegböden.

Die Schwindung der Kapseln, durch den Versatz mit Chamotte auf ein leidliches Mass zurückgebracht, beträgt immer noch 5 bis 8 Procent linear; bei den Einlegböden ist sie unmerklich, nur 2 bis 3 Proc. Bei beiden findet die Schwindung natürlich nur im ersten Brande, nicht mehr in den folgenden statt. Ebenso der Gewichtsverlust durch Abgabe von gebundenem und hygroskopischem Wasser, etwa 4 bis 5 Proc.; er geht natürlich nur von dem frischen Thon der Masse aus, da die Chamotte, als schon gebrannter Thon, sich nicht mehr verändert. Schwindung der Kapselmasse.

Durch den starken Versatz mit Chamotte ist die Kapselmasse wenig bindend. Bloss getrocknete Kapseln sind so mürbe, dass sie sich nur schlecht handhaben lassen; sie brechen bei ihrem oft sehr erheblichen Verglühen der Kapseln.

Gewichte leicht in den Händen der Brenner und haben so wenig Tragkraft, dass wenn man sie zu Säulen im Ofen aufstapelt, die untersten leicht eingedrückt werden. Es ist deshalb Regel, die Kapseln vor dem Gebrauch in dem obern Stockwerke des Ofens zu verglühen, wie die Porzellanwaaren. Bei der niedern Temperatur des Verglühfeuers ist die Schwindung nur unbedeutend und erfolgt der Hauptbetrag derselben erst im Hauptfeuer.

Der Brand.

Allgemeines.

Dass die Porzellanwaaren zweimal durch das Feuer gehen, davon ist bereits die Rede gewesen. Ebenso, dass das erste Feuer, das „*Verglühen*", nur eine Vorbereitung zum Glasuren ist und sonst keinen Zweck hat, wie es denn bei nicht glasirten Waaren ganz unterbleibt. Das Verglühen geschieht auch nur gelegentlich, mit dem abfallenden Feuer vom Hauptbrand in den oberen Stockwerken des Brennofens. In dem Hauptbrande oder „*Glattbrande*" allein kommen die Waaren zur Gare und zwar Masse und Glasur gleichzeitig.

Schwierigkeiten.

Aus Gründen, die aus der Natur des Porzellans fliessen, gehört das Glattbrennen zu den mit grössten Schwierigkeiten umgebenen Arbeiten: die Gare erfolgt erst mit der Weissglut; während der Gare geräth das Porzellan in einen Zustand der Erweichung und wird biegsam, also ungemein geneigt, seine Form zu verlieren; ferner haften glasirte Waaren an allen Gegenständen, die die schmelzende Glasur etwa beim Flusse berührt; endlich ist die weisse Farbe des Porzellans nicht mit der Masse und ihren Gemengtheilen von vornherein gegeben, sondern in hohem Grade von der Beschaffenheit des Feuers abhängig, von der empfindlichsten Natur und im Feuer nur allzuleicht gefährdet. Diese Gegebenheiten zwingen den Fabrikanten zu einem Inbegriff von Massregeln, welche zusammengenommen die Kunst des Brennens ausmachen.

Masse des zu brennenden Materials.

Die Kapseln gleicher Gattung werden im Ofen zu Säulen oder „*Stössen*" auf einander gestapelt, dergestalt, dass der Boden jeder folgenden Kapsel als Deckel der vorhergehenden dient und diese von oben schliesst. Der Einsatz des Ofens besteht sonach aus einem Inbegriff planmässig mit schmalen Zwischenräumen angeordneter Stösse. Es liegt auf der Hand, dass ein solcher Einsatz nur durch Flammfeuer gebrannt werden kann. Sämmtliche Porzellanöfen sind daher Flammöfen und zwar stehende Flammöfen. Welcher Art sie auch sein mögen, scheiden sie sich daher in einen Theil, der lediglich der Entwicklung der Flamme dient,

und in einen Theil, worin die entwickelte Flamme zum Brennen der Waare zur Verwendung kommt. Jede zu starke Einwirkung des Feuers bedroht mit Reissen der Kapseln und Verbiegung durch Erweichen der Seitenwände; bei ungleichmässiger Einwirkung des übertriebenen Feuers krümmen sich die Stösse, zuweilen bis zum Umkippen. Jede Störung der richtigen Lage der Kapseln oder ihrer Haltbarkeit gefährdet natürlich die eingesetzten Geschirre.

Wie überall, so stellen sich die Kosten für kleinern Umfang des Brandes ungünstiger als für grössern Umfang, aber mit wachsendem Umfang der zu brennenden Massen wachsen auch die Dimensionen des Brennraumes und läuft man Gefahr, die Tragweite des Feuers, also der Flamme, zu überschreiten. Es giebt also zwischen den Anforderungen der Ersparniss und der Sicherheit gewisse Grenzen für den Einsatz. Die Brennkosten, wegen der erforderlichen Weissglut schon sehr hoch, werden noch erhöht durch die Nothwendigkeit, die einzelnen Stücke so aufzustellen, dass sie sich nicht berühren und durch die schmelzende Glasur an einander kleben, also durch eine unvollkommene Ausnutzung des Raumes und Feuers, ein Umstand, der die ungeheure Last des Betriebes, nemlich das unverhältnissmässige Zubehör, noch vermehrt. Nach eigens angestellten Wägungen kamen auf 10 Centner zu brennendes Porzellan (den gewöhnlichen Einsatz) in Sèvres in 10 verschiedenen Bränden 160 bis 200 Centner (Brogniart), in Nymphenburg 110 Centner Zubehör an Kapseln, Böden u. s. w.

Natur der Flamme.

Sonach besteht das Porzellanbrennen in der Bewältigung eines Einsatzes von 160 bis 200 Centner und darüber im Flammfeuer bei der Weissglut, aber dies ist nur die eine Seite der schwierigen Aufgabe, denn sie verlangt noch zwei Dinge: Gleichmässigkeit der Hitze und richtige Beschaffenheit der Flamme. Im strengern Sinne des Wortes ist es natürlich ganz und gar unmöglich, in allen Punkten des geräumigen Ofens ein und denselben Temperaturgrad zu halten, aber der Brenner kann sich doch niemals der Forderung entziehen, dass wenigstens der Einsatz an allen Punkten zur Gare kommt, sowie dass die Gare an den verschiedenen Punkten in nicht zu ungleicher Zeit eintritt. Denn die Waare, die zuerst gar wird, läuft dann Gefahr der Ueberbrennung, wenn sie zu lange dem Feuer ausgesetzt bleibt, sie wird fehlerhaft und unbrauchbar; oder es bleibt ein Theil ungahr zurück. Liegt es dem Brenner ob, den gehörigen Hitzgrad und diesen mit hinreichender Gleichmässigkeit zu erzielen, so hat er nicht minder seine Aufmerksamkeit auf die Beschaffenheit der Flamme, chemisch gesprochen auf ihre Reaction, zu richten. Wie die meisten Gattungen Glas, so hat auch die Porzellanglasur die Eigenschaft, unter dem Einflusse von Kohle, von organischen Substanzen, namentlich den empyreumatischen Stoffen des Rauchs, eine unreine bräunlich-gelbe Farbe anzunehmen. Eine zu stark reducirende und rauchige Beschaffenheit der Flamme in der entscheidenden Zeit des Brandes ist daher fehlerhaft, die Waare nimmt dann mehr oder weniger jene Fär-

Natur der Flamme.

bung an, sie ist nicht „*frisch*“. Das häufige Vorkommen dieses schwer zu vermeidenden Uebels erklärt sich aus der nähern Betrachtung der Sachlage sehr wohl. Die Sache liegt nemlich nicht so, als ob die Waaren sich von Haus aus weiss brennen und nur gelegentlich bei unvorsichtiger Handhabung des Feuers einmal gelb färben; sie liegt vielmehr gerade umgekehrt, die Waare nimmt jedesmal und zwar im Anfang des Brandes eine Missfarbe an, die in den späteren Stadien unter der richtigen Reaction der Flamme vollkommen, bei fehlerhaftem Gang nur theilweise wieder verschwindet. Den Beweis liefern Stücke als Probe aus dem Feuer gezogen in dem Zeitpunkt, wo die Glasur noch nicht geflossen, aber schon an den Scherben angebacken ist: sie erscheinen heller und dunkler schmutzig braun, wie etwa helle Brodkruste, fleckig. In der That kann es auch nicht anders kommen, denn die Flamme kann anfangs, wo die Temperatur des Ofens noch zu niedrig, nicht anders als trübe und russig gehen, die empyreumatischen Theile schlagen sich auf das kalte Porzellan nieder, da die poröse und fugenreiche Einkapselung dem Durchgang des Rauchs kein hinreichendes Hinderniss bietet. Durch die Unvollkommenheit des Feuers verunreinigt sich das Porzellan zuerst, ohne dass der Brenner es hindern kann, und nur durch seine Geschicklichkeit gelangt er nachträglich dahin, die Verunreinigung wieder weg zu brennen. Man könnte in einer kräftig oxydirenden Flamme das sichere Mittel gegen das bezeichnete Uebel vermuthen, aber die Erfahrung lehrt, dass man damit nur aus der Scylla in die Charibdis geräth. Ausgesprochene Oxydationsflammen, abgesehen davon, dass sie zu kurz und stechend in der Regel die nachtheiligste Ungleichheit der Temperatur bedingen, reagiren auf gewisse in der Porzellanmasse enthaltene Metalloxyde und beeinträchtigen dadurch die weisse Farbe. Namentlich entwickeln solche Flammen bei Porzellan aus manganhaltigen Kaolinen einen hässlichen, schmutzig violetten Stich. Die richtige Beschaffenheit der Flamme ist mithin die, bei welcher sie noch die organischen auf der Oberfläche der Waare abgesetzten Stoffe oxydirt, aber noch nicht auf höhere Oxydation jener Metalle wirkt; es ist die fette, glänzende, aber nicht russende Flamme eines gut regulirten Leuchtgasbrenners. — Noch ist eines, aber nur sehr selten, in manchen Porzellanfabriken nie gesehenen, für die Waare verderblichen Zwischenfalls zu gedenken. Wenn im letzten Stadium des Brandes, nahe am Schluss, die bereits in der vollen Weissglut stehende Waare und die in vollem Fluss befindliche Glasur von einer russenden Flamme getroffen wird, dann kann es kommen, dass Kohlenstoff — durch Dissociation aus Kohlenwasserstoffverbindungen abgeschieden — sich als glänzend schwarzer Ueberzug auf der Oberfläche absetzt, der sich in allen Stücken wie Graphit verhält. Die Erscheinung ist eben darum selten, weil bei der betreffenden hohen Temperatur eine russende Flamme nur sehr schwer zu Stande kommt.

Wie aus dem Gesagten erhellt, so ist die richtige Beschaffenheit der Flamme in den Anfangsstadien des Feuers eine Unmöglichkeit; sie kann

naturgemäss erst eintreten, wenn der Einsatz die Rothglut angenommen und aufgehört hat, stark abkühlend auf die Flamme zu wirken. Darauf gründet sich die Unterscheidung des „*Vor-* oder *Lavirfeuers*“ — Heranbringen des Einsatzes auf die Rothglut — vom „*Scharffeuer*“ — Eintritt der zum Frisch- und Garbrennen geeigneten Flamme.

Einkapseln der Waare.

Die Nothwendigkeit, das Porzellan in Kapseln zu brennen, ergiebt die besondere Arbeit des „*Einfüllens*“, d. h. des planmässigen Eintragens der Waare in die Kapseln, eine peinliche, schwierige Arbeit vom grössten Einfluss auf das Gelingen. Sie ist eine lange Reihe zu Nutz gebrachter Erfahrungen, die theils auf Behandlung der Waare, theils der Kapseln hinauslaufend. Der geringste Verstoss rächt sich hier mit Sicherheit.

Den Beginn macht das Auskehren der Kapseln mit dem Handbesen, um Staub und alle losen Theile zu entfernen; ein leichter Schlag mit dem Stiel hilft nach und lässt durch den Klang erkennen, ob die Kapsel etwa gesprungen. Das Porzellan — und zwar schon der Scherben an sich, abgesehen von der Glasur — neigt im Feuer an die Kapselmasse anzuhaften; aus diesem Grunde stellt man die Waare nicht unmittelbar auf die Kapselböden, sondern überstreut dieselbe zuvor mittelst eines Handsiebes dünn mit Quarzsand, oder überpinselt sie mit sogenanntem „*Anstrich*“, einem Gemeng von Kaolin mit Quarzmehl, welches auch im strengsten Feuer zerreiblich bleibt. Bei den Einlegböden, die wegen des reichen Versatzes mit ganz grober Chamotte keine schlichte Oberfläche geben, ist der Anstrich hauptsächlich am Platz. Da diese Böden nun, ungleich den Kapseln, sehr oft und lange gebraucht, aber jedesmal frisch mit Anstrich versehen werden, so bildet der Anstrich zuletzt dicke und bucklige Krusten, auf denen sich die Waare, namentlich Platterie, verbiegt. Die Oberfläche der Böden muss daher von Zeit zu Zeit mit Sand auf der eisernen Richtplatte nachgeschliffen werden. — Grössere Geschirre kommen einzeln in die Kapseln der entsprechenden Form und Grösse; kleinere Geschirre meist zu mehreren in dieselbe Kapsel, doch setzt man auch Becher, Obertassen u. s. w. einzeln in passende Kapseln ein, weil eine Anzahl kleiner Stösse zur bessern Erfüllung und Anordnung des Ofenraums unentbehrlich. Die Kostspieligkeit des Brandes drängt zu möglicher Ausnutzung des Raumes, man sucht daher müssige Lücken in den Kapseln möglichst zu vermeiden. Grosse und bauchige Geschirre (Suppenschüsseln, Nachttöpfe etc.) umstellt man unten mit kleinen und niedrigen Artikeln, Eierbechern, Salzfässern, Bierkrugdeckeln etc. Wo mehrere Geschirre gemeinschaftlich in eine Kapsel kommen, sucht man sie möglichst dicht zu stellen, z. B. Kannen mit den Henkeln zusammen nach innen, zur bessern Fügung. Nirgends dürfen die Waaren sich selbst oder die Kapselwand berühren. Jedes Stück ist unmittelbar vor dem Einsetzen abzublasen, um Staub und lose Glasurtheile zu entfernen,

Der Anstrich.

auch ist genau Acht zu haben, dass kein Sand hinein fällt. Die gefüllten Kapseln werden vom Arbeitstisch zur Seite in Stössen von der richtigen Höhe vor dem Ofen aufgestapelt und mit Kreide zur Anleitung beim Einsetzen bezeichnet. Vorzugsweise ist dies unerlässlich, wo man zweierlei Masse, strengere und leichtere, führt.

Stützen etc. Auch die Porzellanwaare selbst erfordert manche Vorbereitung während des Einfüllens, abgesehen von dem schon vorausgegangenen eigentlichen Verputzen. Hierher gehören zunächst Gefässe mit Deckeln. Gut passende Deckel erhält man nur, wenn sie auf dem Geschirre selbst gebrannt werden; zu dem Ende müssen aber die schon vorher von der Glasur verputzten Ränder beide mit Anstrich versehen werden, der sich nach dem Garbrande dann leicht abreibt. Die Ränder sind dann natürlich unglasirt matt und schmutzen leicht. Statt dessen brennt man auch den Deckel besonders, wo dann wenigstens der Rand der Geschirre glasurt werden kann. Der Deckel wird alsdann, um ihn unverzogen und genau rund zu erhalten, auf eine „*Zarge*“, d. h. auf einen zu dem Zweck besonders abgedrehten Porzellanring aufgesetzt, über die der Rand des Deckels übergreift. Solche Zargen werden auch in vielen anderen Fällen gebraucht, aber stets müssen die sich berührenden Theile natürlich mit Anstrich versehen werden. Manchmal kommt die Schwindung in förderlicher Weise zu Hülfe; die Deckelplatten zu Bierkrügen z. B. werden nur am äussersten Rande verputzt und flach auf den Kapselboden aufgelegt, obwohl sie an der Unterseite vollkommen eben sind; durch die Schwindung krümmen sie sich gerade so viel, dass sie nur mit dem Rande auf-, aber in der Mitte hohl liegen. Starke und einseitige Ausladungen sind stets geneigt, sich im Feuer zu senken, z. B. abstehende längere Griffe, ausgereckte Theile von Figuren u. s. w. Diesen giebt man eine „*Stütze*“. Die Stützen sind keilförmige Stücke Porzellan, unten von breiter Grundfläche, oben in eine scharfe Schneide ausgehend, so dass sie den zu stützenden Theil nur an einem Punkte oder in einer Linie berühren; man hat dann in der Regel nicht nöthig, die Berührungsstelle zu verputzen oder mit Anstrich zu versehen, da nur eine wenig sichtbare und nach unten gekehrte Narbe bleibt. Stützen sind übrigens keine sehr verlässigen Hülfsmittel, denn der Erfolg setzt voraus, dass sie vollkommen gleichmässig mit der Waare schwinden, was nicht immer eintrifft wegen Verschiedenheit der Dimensionen; sie müssen stets auf derselben Unterlage mit dem Hauptstück stehen, auch stellt man beide zur grösseren Sicherheit gern noch auf eine besondere Porzellanplatte. — Besondere Schwierigkeiten machen grössere Porzellanplatten oder Tafeln für Porzellangemälde, theils wegen der ausgedehnten Oberfläche, theils insofern das Porzellan allen von ebenen Flächen und geraden Linien begrenzten Formen ungünstig ist. Kleinere Platten, bis etwa 25 Centimeter im Geviert, legt man flach in die Kapseln, aber sie krümmen sich gern aufwärts. Grössere Platten brennen sich flachliegend zu unsicher wegen zu grosser Spannung der Kapselböden, fangen auch bei der grossen

Fläche zu leicht Körner auf. Frei in senkrechter Lage hängend, wenn diese sonst möglich wäre, würden sie sich nach der Richtung krümmen, in der das Feuer wirkt. Man wählt daher eine mittlere Lage, die schräg geneigte; je zwei Platten auf dem „*Bock*“, einem dachförmigen, 12 bis 15 Centimeter starken Gerüste von Einlegbodenmasse. Am obern Rande sind die Platten mit einer winkelrecht angebogenen Leiste versehen, mittelst der sie über die Kante des Bocks übergreifen und sich halb hängend und halb liegend verhalten. Diese Leiste wird später abgeschnitten, was bei der Härte des Porzellans mühsam und Gefahr bringend ist. Zur Erleichterung dieser Arbeit schneidet man auch die Leiste vor dem Brand auf die halbe Dicke durch, dann reisst sie aber auch gern im Feuer ab. Platten über 40 bis 50 Centimeter gelingen nur selten, doch hat man schon solche bis zu 1 Meter Durchmesser ausnahmsweise fertig gebracht. Der Bock sammt den Platten wird selbstverständlich in grosse Kapseln eingesetzt; das Ganze nimmt unverhältnissmässig Raum ein und erschwert die Wirkung des Feuers, weil die Platten mit dem obern Theil weit von der Kapselwand abstehen.

Die Oefen.

Allgemeines.

Temperaturgrad des Brandes.

An die schon im obigen bezeichneten Hauptmomente, um die es sich beim Porzellanbrande handelt, knüpfen sich noch damit zusammenhängende Gesichtspunkte besonderer Art. Der Brennraum eines Ofens von 3,5 Meter Durchmesser, wie sie meist im Gebrauch sind, entspricht einem Inhalt von 50 bis 60 Cubikmeter, Grössenverhältnisse, die man oft genug noch überschreitet. In einen solchen Ofenraum kommen je nach der zu brennenden Geschirrgattung 100 bis 120 Kapselstösse und darüber, entsprechend 1800 bis 2000 Stück Kapseln. Das Feuer hat zunächst die Aufgabe, jedes Stück Porzellan auf den Hitzgrad zu bringen, bei welchem der Scherben zur völligen Gare, die Glasur zum völligen Fluss kommt; diese Temperatur erreicht zwar den Schmelzpunkt des Platins noch nicht, geht aber über den Schmelzpunkt des Nickels, erlangt in den heisseren Regionen eine Höhe, bei der Kobalt nicht nur schmilzt, sondern sich zum grössten Theil verflüchtigt, und bringt auch an den am wenigsten heissen Theilen Feldspath, Granit, Syenit etc. mit Leichtigkeit zum Fluss. Das Feuer muss das Porzellan auf diesen dem ersten Stadium der Weissglut entsprechenden Hitzgrad bringen, indem es durch einen schlechten Wärmeleiter durch die Wände der Kapseln (von 1 bis 3 Centimeter Stärke) hindurch wirkt. Es muss diesen Hitzgrad an jedes einzelne Stück,

an jeden Punkt des Brennraumes hintragen. Dies kann natürlich nicht geschehen, ohne dass die Ofenwände gleichzeitig bis auf eine gewisse Tiefe an demselben Hitzgrade theilnehmen. Man hat also nicht bloss das ganze Gewicht des obigen Einsatzes, d. h. 110 bis 200 Centner Kapseln nebst 10 Centner Porzellan, sondern auch noch 75 bis 120 Centner feuerfeste Mauer als Ofenmaterial, wenn man annimmt, dass die Weissglut auf 2 bis 3 Centimeter eindringt. Alles zusammengenommen sind also, und zwar unter sehr erschweerenden Umständen, 200 bis 300 Centner Masse und darüber auf die Weissgluth zu bringen. Indem die Flamme als ein Strom brennender gasförmiger Körper sich in dem Brennraum verbreitet, trägt sie die Verbrennung und mit der Verbrennung auch den erforderlichen Hitzgrad zu allen Punkten des Brennraumes und des Einsatzes hin. Darum ist eine wesentliche Vorbedingung, auf die der Brenner seine Thätigkeit in erster Linie zu richten hat die, dass der Brennraum stets ganz und gar mit Flamme erfüllt bleibt. Nur dann ist dieser Bedingung genügt, wenn die Flamme mit Gewalt aus allen Abzugsöffnungen des Brennraumes strömt. Die ganze Heizung des Porzellanofens, die ganze Art zu schüren ist aus diesem Grunde nur darauf gerichtet, möglichst viel Flamme und Flamme von geeigneter Reaction zu erzeugen. Die Feuerungen oder „*Schüren*“ des Ofens sind daher im Grunde nur eine Art von Generatoren, eine Vorrichtung zum Gasificiren des Brennstoffes, aber so, dass die gasigen Produkte sogleich brennend, d. i. als Flamme in den Ofen treten. Der Betrieb des Porzellanbrandes hängt zunächst von der baulichen Einrichtung des Ofens, dann und zwar in hohem Grade von der Art zu schüren, endlich auch von einem dritten Umstande, nemlich von der Anordnung des Einsatzes ab. Indem die Flamme selbstverständlich ihren Weg von den Schüren nach den Abzugsöffnungen durch die Zwischenräume der Kapselstösse nimmt, kann natürlich die Anordnung dieser Stösse, welche die Weite, die gegenseitige Lage und die Richtung der Zwischenräume bestimmt, nicht gleichgültig sein. Im Gegentheil bedingt diese Anordnung, das „*Angericht*“, die Vertheilung der Flamme und damit die Gleichmässigkeit des Brandes sehr wesentlich. Das Angericht ist die Ergänzung der Ofenconstruction, die Fortsetzung der Schüren.

Hauptgesichtspunkte.

Einrichtung der Oefen.

Die Porzellanfabriken bedienten sich (in der ersten Zeit nach der Erfindung) liegender Ofen nach Art der Ziegelöfen, Flammöfen mit horizontalem Zuge, der Länge nach durch den Ofen gehend. Die einseitige Richtung des Zuges konnte nicht anders als grosse Ungleichheiten in der Temperatur zu Folge habe, denn die Kapselstösse folgten sich in immer grösserem Abstande von der Feuerung, der zuletzt die ganze Länge des Brennraumes betrug. Offenbar hat diese Unzuträglichkeit sich so fühlbar gemacht, dass sie schon früher die Mutter der gegenwärtig gebrauchten Construction geworden: kreisrunder Brennraum mit symmetrisch an seinem Umfang vertheilten Feuerungen und concentrisch nach dem Mittelpunkt gerichtetem Zuge. Die Kreisform bedingt die geringste Wärmezerstreuung,

denn sie bietet die kleinste Oberfläche in Verhältniss zum Inhalte; der Abstand der Kapselstösse von der Feuerung ist zwar immer noch ungleich, kann aber nie grösser sein, als der Radius des Brennraumes; die Wirkung des Feuers ist symmetrisch wie der Ofen; die Form ist zweckmässiger für die Nebennutzung und Ausnutzung des Feuers. Was die Gliederung des Ofens anlangt, so ist sie einfach, er besteht aus: den Schüren, dem Scharffeuer unmittelbar über den Schüren als unterer Stock, den Verglühfeuern als obere Stockwerke und dem Kamine zur Ableitung der Verbrennungsgase über Dach. Einrichtung der Oefen.

Die Anzahl der Schüren ist mindestens und am gewöhnlichsten fünf, steigt aber zuweilen bis zu zehn, je nach dem Verhältniss der Grösse des Ofens und dem Arbeitslohn; denn je mehr Schüren vorhanden, um so mehr Bedienung ist erforderlich. Bei fünfschürigem Ofen genügen zwei Mann zur Unterhaltung des Feuers unter der Leitung eines Oberbrenners. Mit zunehmender Hitze des Brandes nimmt natürlich auch das Bestreben der Wärme zu, sich nach aussen zu verbreiten; die Temperatur der Gare kann auch nur erreicht werden durch möglichste Verhinderung der Wärmezerstreuung. Dieser Bedingung wird genügt, und zwar sehr vollkommen, durch Anwendung von schlechten Wärmeleitern als Baumaterial, nemlich der ohnehin am zweckmässigsten sich erweisenden gebrannten Steine, dann durch hinreichende Stärke der Mauern. Das Ofengebäude besteht im Aeussern aus den Rauhmauern von gewöhnlichen Backsteinen, im Innern aus dem feuerfesten Futter. Das feuerfeste Futter ist in dem Brennraume 9 Zoll stark und ohne Verband mit der zwei Steine starken Rauhmauer aufgeführt. Die Gesammtstärke der doppelten Ofenwand, die sich sonach mit den Mörtelfugen auf 3 Fuss beläuft, hält die Hitze in dem Grade zusammen, dass sich die äussere Oberfläche des Ofens selbst zur Zeit der Gare nur lauwarm anfühlt. Selbstverständlich wird nur die Rauhmauer mit gewöhnlichem Mörtel aufgeführt, das feuerfeste Futter mit frischer Masse zu feuerfesten Steinen. Die Decke jedes Brennraumes ist ein Gewölbe aus feuerfesten Steinen mit den erforderlichen Abzügen. Die Ofen erhalten oft nur ein einziges, oft zwei Glühfeuer, sie sind also bald zwei-, bald dreistöckig. Von dem obersten Glühfeuer an zieht sich die Ofenwand kegelförmig zu einem Kamine zusammen, der noch einige Fuss über das Dach reicht und mit einer Schlussklappe oder Deckel versehen ist. Die oberste Reihe der feuerfesten Steine des Futters in jedem Stockwerke ist eigens als Widerlager für die Gewölbe geformt. Der seitliche Schub des Gewölbes pflanzt sich von diesen Kämpfern auf die daran stossenden Schichten der Rauhmauer fort. Zur Ausgleichung dieses einseitigen Druckes nach aussen umgiebt man die Rauhmauer an dieser Stelle mit zwei oder drei starken Reifen aus Schmiedeisen, die aus mehreren Sectoren zusammengeschraubt sind, als Widerlager. Nach einiger Zeit backen übrigens die Gewölbsteine in den wiederholten Bränden so zusammen, dass sie sich verhalten wie ein Thonkörper aus einem Stück, sie tragen sich dann frei ohne Seitenschub. Immerhin sind

Einrichtung der Oefen.

auch alsdann die Reifen noch unentbehrlich als Halt gegen die jedesmalige Zusammenziehung und Ausdehnung des Mauerwerkes durch den Brand. Wie der Ofen, so sind auch die Schüren mit feuerfestem Futter und Rauhmauer versehen und durch sich kreuzende, in Fundament und Hauptmauer verankerte Eisenschienen gebunden.

Dass das ganze Ofengebäude auf ein starkes Fundament zu stellen ist, bedarf kaum besonderer Erwähnung. Besteht das Fundament aus einem massiven Mauerkörper, so ist es mit kreuzweise gelegten Abzügen zu versehen zur rascheren Austrocknung. Demungeachtet macht die Entwicklung der Feuchtigkeit im Anfang des Betriebs empfindliche Störungen und man sieht noch beim fünften und sechsten Brande Dampf aus dem Fundament aufsteigen. Es empfiehlt sich daher, dieses letztere in Form einer starken ringförmigen Mauer anzulegen und den Binnenraum mit trockenem Material, Bauschutt, Sand und dergl. auszustampfen. Obenauf kommt in allen Fällen ein Pflaster aus zwei oder drei Lagen feuerfesten Steinen, als Sohle des Scharffeuerraumes, die dann zum sichern Stand der Kapselstösse etwa 2 Zoll hoch mit Sand überfahren wird. Von jeder Schüre geht ein Fuchs durch die Hauptmauer und mündet in der Ebene der Sohle des Brennraumes, von dem Brennraume gehen Füchse nach den Verglühfeuern. Bei den gewöhnlichen einfachen noch meist üblichen Oefen befinden sich diese Füchse in dem Gewölbe, nemlich so viele kleinere Füchse als Schüren sind, je in der Mitte zwischen diesen an der Umfangsmauer, ein grosser weiter Fuchs im Scheitel des Gewölbes. Dieser letztere ist gewöhnlich im darüber befindlichen Glühfeuer zur Verstärkung des Zuges mit einem kurzen 2 bis 3 Fuss hohen kaminartigen Aufsatz versehen, von welchem diese mittlere Hauptzugöffnung den Namen „*Cylinder*“ führt. Bei manchen Oefen neuerer Construction mit verwickelterer Circulation des Feuers, zieht dieses nicht durch das Gewölbe, sondern am Boden, durch Canäle in den Seitenwänden nach den Verglühfeuern ab. Zufolge der goldenen Regel, wonach die Theile, die Feuer auszuhalten haben, nicht zugleich baulich in Anspruch genommen werden und umgekehrt, überwölbt man die wagrecht laufenden Füchse — namentlich die von der Schüre in den Ofen führenden, die dem Anprall der Flamme zunächst ausgesetzt sind — doppelt, mit einem feuerfesten Gewölbe nach innen, einem aus gewöhnlichen Steinen nach aussen. Schon das häufig nöthige Auswechseln des feuerfesten Futters dieser Füchse macht diese Massregel rathsam. Gute feuerfeste Steine für den Ofenbau sind ein Bedürfniss in erster Linie und werden stets in den Porzellanfabriken selbst angefertigt, weil in den Kapselscherben dem Betrieb ein unvergleichliches Material zu Chamotte von selbst zufällt. Es ist von Wichtigkeit, die Steine vor der Verwendung möglichst stark zu brennen, damit sie nicht im Porzellanbrand zuviel nachschwinden, auch den Steinen gleich die durch die Construction gebotene Form zu geben, weil gut gebrannte feuerfeste Steine sich stets sehr schwer und nur mit ungebührlichem Aufwand an Zeit und Arbeit verhauen.

Die bis dahin besprochenen Momente kommen bei dem Ofen im allgemeinen und ohne Unterschied in Betracht. Die Besonderheiten der einzelnen Ofeneinrichtungen, die wesentlich von der Natur des Brennstoffs bestimmt werden, sind darnach leicht zu verstehen.

Einsetzen in den Ofen.

Dem Brande geht das „*Einsetzen*“ der vorbereiteten Kapselstösse in den Ofen und dem Einsetzen das sogenannte „*Angerichte*“, gleichsam die Schlachtordnung beim Brande, voraus. Ein Theil der Waare muss, als augenblickliches Bedürfniss des Absatzes schlechterdings in den Brand, bei einem andern Theil auf weitern Vorrath hat man die Wahl. Die Füllung des Ofens setzt sich daher zusammen aus den unerlässlichen Kapselstössen und denjenigen, die der Brenner zur Ergänzung hinzugiebt. Seine Aufgabe ist, sie zu einer planmässigen Fortsetzung des Feuerbaus, also im Sinne möglichst gleicher Vertheilung der Hitze und eines regelmässigen Ganges des Feuers anzuordnen. Diese Anordnung geschieht im Allgemeinen, ohne sich knechtisch daran zu binden, nach concentrischen Ringen, aber so, dass man bald engere, bald weitere Lücken lässt. In der Richtung, in der das Feuer am liebsten geht, verengt man ihm den Weg, da, wo es ungern hingeht, erweitert man ihn. Das nächste und wesentlichste ist die Anlage von Feuergassen, die von jeder Schüre in der Verlängerung der Füchse und gerader Richtung strahlenförmig nach der Mitte zu laufen; sie werden durch dreifingerbreite Lücken zwischen den entsprechenden Kapseln der drei äussersten Ringe gebildet. Diese sechs Kapselstösse, die die Feuergasse bei den einzelnen Schüren bilden, haben auf die Höhe von 2 bis 3 Fuss über dem Boden den ersten Anprall und den stärksten Angriff des Feuers auszuhalten und sind somit ganz besonders gefährdet. Man giebt ihnen darum in der Regel etwas mehr als die laufende Wandstärke, lässt sie an manchen Orten ganz leer oder füllt sie mit Sand. Wo man den allerdings empfindlichen Raumverlust (von etwa 30 bis 40 Kapseln im fünfschürigen Ofen) scheut, besetzt man sie mit der am schwierigsten gahr zu brennenden und am meisten feuerbedürftigen Waare, mit Tellern. Das Angerichte.

Der zweite regelmässige Theil der Anordnung trifft die Kapselstösse in der Mitte des Ofens, senkrecht unter dem Cylinder, doch ist in diesem Punkte die Behandlung nicht aller Orten gleich. Einige halten fest an der Regel, in der Mitte jederzeit einen grössern Kapselstoss (zu etwa 50 Centimeter weiten Platten), den „*Mittelstoss*“ oder „*König*“ anzubringen, während andere im Gegentheil an dieser Stelle eine Art Kamin aus drei ○ ○○ oder vier Kapseln ○ ○○ ○ zusammenstellen. In jedem Falle kommen an diese Stelle nur leichtgahrende und zwar Hohlwaaren zu stehen. — Zwischen die äusseren Ringe um die Mitte herum ordnet

Einsatz. man beliebige Kapselstösse, so dass die Feuergänge sich vom dritten Ring einwärts seitlich verzweigen und verengen, mit Zwischenräumen in der Breite von 1 bis 2 Fingern. Ebenso füllt man die Räume der Kreisabschnitte zwischen den Feuergassen, aber so, dass die Stösse von der Umfangsmauer zwei Finger, unter sich etwas weniger, abstehen. In eben diese Räume, mitten zwischen die Feuergassen, in der Höhe der obersten Kapseln, fallen die Probelöcher, die den dritten und letzten festen Punkt des Angerichtes abgeben. An jedes Probeloch muss ein grösserer (Teller-) Kapselstoss mit der Probekapsel kommen. Diese letztere, mit den Probescherben besetzt, hat in der Seitenwand einen viereckigen, gegen das Probeloch gerichteten Ausschnitt; die Kapsel selbst wird auf einer Höhe angebracht, so dass sie gerade auf das Probeloch schwindet und die Proben von da zugänglich werden. Die „*Proben*“ sind längliche Scherben von verglühtem Porzellan. Eben solche Scherben mit einem Ende in einen Ballen Kapselthon als Fuss gesteckt, setzt man bei jedem Probeloch auch frei auf den Deckel der Probekapseln, sogenannte „*Wächter*“.

Nachdem der Brenner sein Angerichte nach Massgabe der Erfahrungsregeln und der Umstände entworfen, legt er dasselbe im Grundriss auf den mit Sand überfahrenen Boden des Ofens mit einzelnen Kapseln aus, so dass jede Kapsel, in ihrer Form und Nummer dem betreffenden Stoss entsprechend, dessen Ort bezeichnet. Nach diesem Grundriss bauen dann die Arbeiter die Stösse senkrecht mit dem Loth in dem Ofen auf, die sie satzweise eintragen. Noch bleiben einige für die Sicherheit des Brandes wichtige Nebenarbeiten. Undichter Schluss der zu Stössen auf einander gestapelten Kapseln bietet die Gefahr der Beschädigung der Waare durch eindringende Asche; klaffende Fugen sind daher mit frischer Kapselmasse zu verstreichen. Schon bei Kapseln mittlerer Grösse ist die Höhe des Stosses das Fünf- bis Siebenfache, bei kleinen Kapseln das Zehn- bis Vierzehnfache der Weite; die Kapselstösse haben daher keinen sehr festen Stand und kommen leicht durch einseitigen Trieb des Feuers zu einseitiger Schwindung und damit zu Krümmung und Uebergewicht. Man pflegt sie daher gegen einander an mehreren Punkten der Höhe mit „*Stützen*“ zu verspreizen. Man nimmt dazu entweder zugehauene Scherben von gebrauchten Kapseln oder besondere Thonstücke, die man mit frischer Kapselmasse am besten bei den Kapselfugen festklebt. Ebenso werden die Stösse des ersten Ringes gegen die Wand verspreizt. Auch das ohnehin oft erforderliche „*Ueberbinden*“ hilft zur gegenseitigen Festigung. Unter Ueberbinden versteht man den Fall, wo ein kurzer Satz grosser Kapseln über zwei benachbarte Kapselstösse gestellt wird, namentlich eignen sich dazu Stösse mit langgestreckten Fischplatten und dergleichen.

Zur Ersparniss an Kapseln setzt man auch wohl schon gesprungene und gerissene mit ein, die man mit Bindfaden zusammenbindet, bis sie durch den Druck der darüberstehenden zusammengehalten werden.

Selbstverständlich schreitet man mit dem Einsetzen vom Hintergrund über die Mitte nach dem Eingang vor. Sind die letzten Stösse

bei der Thür vollendet, so vermauert man den Eingang und der Brand kann beginnen.

Schon für das Angerichte, noch mehr aber für die genaue Berechnung der Brandkosten ist es wissenswerth, wie viele Kapseln der einzelnen Sorten der Scharffeuerraum fasst. Diese Zahl setzt sich für eine bestimmte Art Kapseln aus der Höhe der Stösse zusammen, welche gegeben ist, und aus der Anzahl Stösse. Letztere bestimmt man leicht durch Aichung. Auf diese Art ergab sich, dass die 3,5 Meter weiten Oefen in Nymphenburg fassen und zwar an Kapseln zu: Betrag des Einsatzes.

Gewöhnlichen Tellern	91 Stösse	Untertassen	303 Stösse
Deserttellern	105 „	Obertassen	379 „
Kleinen Deserttellern	125 „	u. s. w.	

Zu 17 gewöhnlichen Tellern der Stoss gehen also in den Scharffeuerraum 1547 Stück Tellerkapseln u. s. f. Sofern von den meisten Kapseln solche der einfachen, der halben und der doppelten Höhe gebraucht werden, ist dies besonders zu veranschlagen. Der Ofen ist natürlich nie mit einerlei Kapseln auszufüllen, man bedarf stets zur Ergänzung noch eine Anzahl Stösse kleinerer Kapseln verschiedener Nummern, so z. B. in obigem Ofen neben 91 Stössen Tellerkapseln noch 30 Stösse kleinere Sorten. Im laufenden Betriebe, wo man Waaren aller Gattungen zu brennen hat, sind auch natürlich alle Sorten Kapseln nöthig. In Nymphenburg kamen z. B. im Durchschnitt von 91 Bränden in den Ofen von 3,5 Meter Weite 1770 Stück verschiedene Kapseln, während sich der Werth an Porzellan auf 600 bis 700 Thlr. belief.

Brand mit Holzfeuerung.

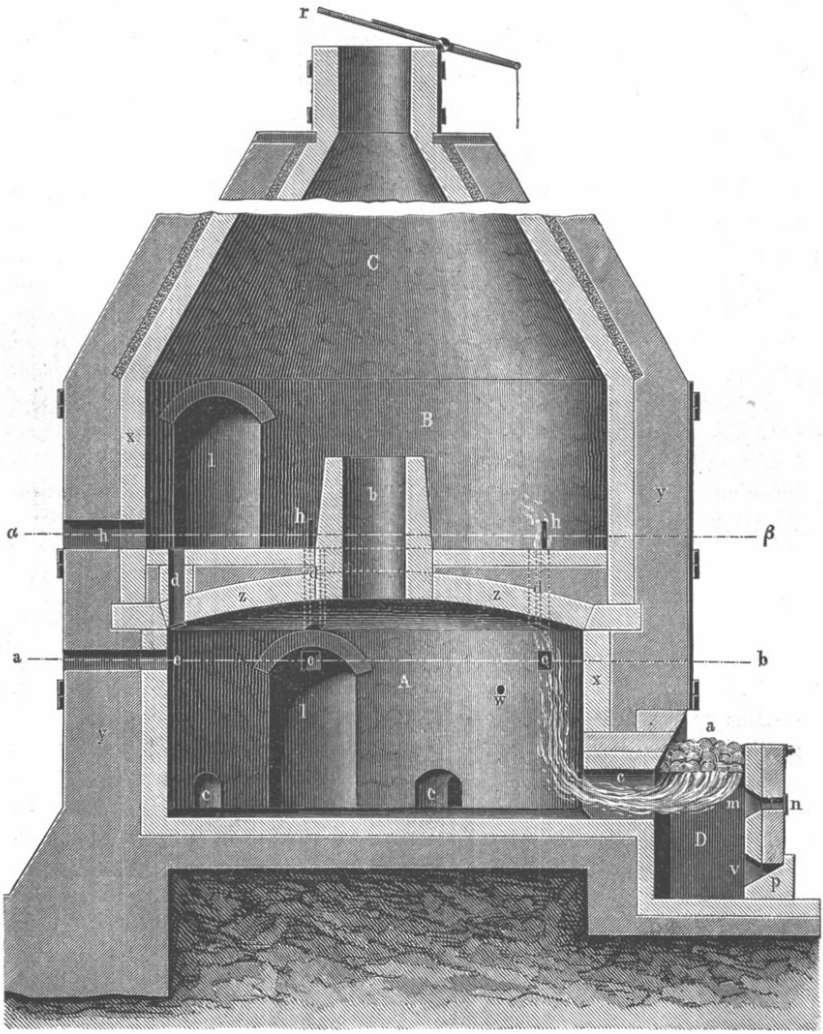
Die älteste und einfachste Art zu brennen ist die mit Holzfeuerung. — Das vom Walde angelieferte Holz einmal (also zu halber Scheitlänge) geschnitten, wird zu dünnen Spreisseln von etwa 3 bis 4 Centimeter gespalten, soweit es astfrei. Die ästigen Theile, zum Feinspalten nicht mehr schlicht genug, werden für sich ausgehalten. Man erhält so zweierlei Holz, grobes zum Vorfeuer und Spreisseln zum Scharffeuer. Beide Gattungen müssen vor der Anwendung möglichst gut getrocknet*) sein und namentlich den Brennern stets von gleichem Trockengrade geliefert werden. Durch blosses Trocknen an der Luft ist dies nicht erreichbar und daher rathsam, sich einer geheizten Trockenkammer zu bedienen. Man erkennt die rechte Beschaffenheit daran, dass ein Spreissel leicht, mit hellem Klang und kurz, ohne Splitter, durchbricht. Das Holz.

*) Je trockner das Holz, um so leichter fällt die Waare frisch, je nasser, um so leichter fällt die Waare gelb aus.

Der Ofen.

Fig. 176 und Fig. 177 stellt einen fünfschürigen Ofen für Holzfeuerung dar. *A* ist das Haupt- oder Scharffeuer, *B* das Verglühfeuer, *C* die über Dach führende Esse, *D D D* . . . die fünf Schüren. Der lichte Durchmesser ist 3,5, die Höhe der einzelnen Stockwerke im Lichte und Gewölbescheitel 1,75 und die gesammte Höhe des Ofens bis zur Essenmündung 14 Meter. Die Umfangswand des Ofens besteht aus dem

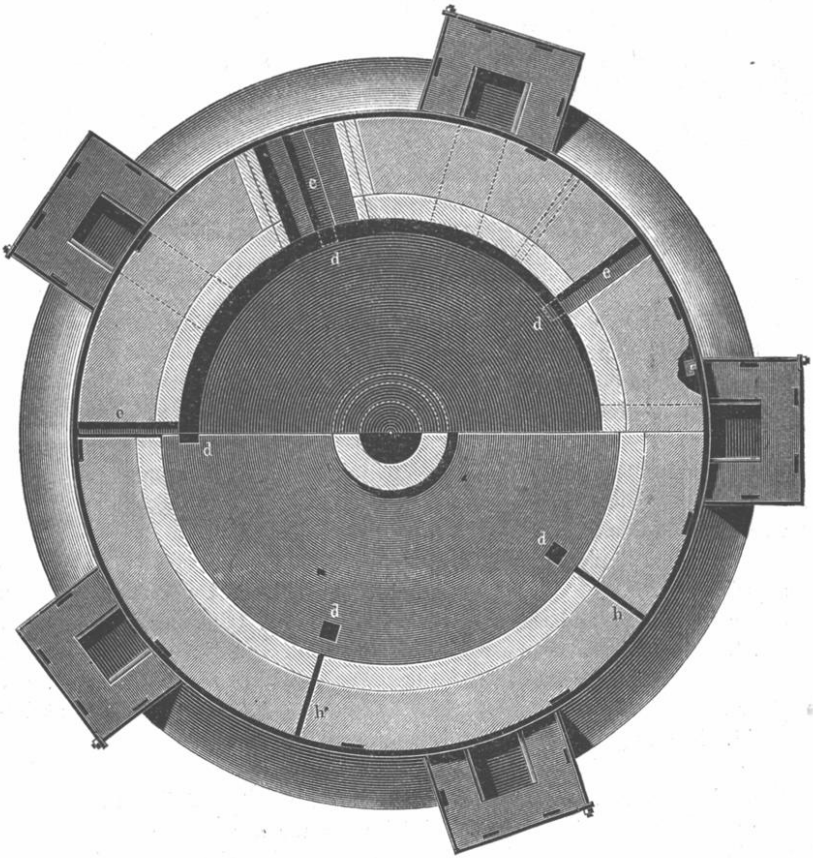
Fig. 176.



24 Centimeter starken feuerfesten Futter *x* und der zwei Steine starken Rauhmauer *y*; *z* sind die die Stockwerke scheidenden Gewölbe von feuer-

festen Steinen. Die in den Schüren *DD* . . . entwickelte Flamme geht durch die Füchse *ccc* . . . in den Ofen und entweicht durch die Füchse im Gewölbe des Scharffeuers, nemlich fünf kleinere *dd* . . . und den grossen Fuchs oder „*Cylinder*“ *b*, nach dem Glühfeuer. Die Füchse *dd* . . . liegen immer genau in der Mitte zwischen den Schüren; jedem Fuchs *dd* . . . entspricht eine Schauöffnung *hh* . . . gerade darüber in der Seitenwand des Verglühfeuers, zur Beobachtung der dort austretenden Flamme. Jede Schüre hat ein „*Register*“ *r* mit dem Stein *p* zum Reguliren des Luftzuges, dann ein dem Fuchs *c* gegenüber liegendes, für gewöhnlich geschlossenes Schauloch *n*, um in den Ofen sehen zu können. Im Der Ofen.

Fig. 177.



Verglühfeuer fallen die Nebenfüchse weg und ist nur ein Cylinder vorhanden im Gewölbscheitel. Die beiden Einsatzthüren *l*, im Scharffeuer *A* und im Verglühfeuer *B*, sind während des Brandes mit verlorenen Mauern

aus feuerfesten Steinen geschlossen, die aussen einen Lehmüberzug erhalten. Die Esse ist mit einer Klappe *r* verschliessbar.

Beginn des Brandes. Vorfeuer.

Ist der Einsatz beendet, der Ofen vorgerichtet und geschlossen, und soll der Brand beginnen, so bedeckt man die Schüre oben mit einer Thonplatte und zündet ein Feuer auf dem Boden an, zuerst mit kleinerem Abfallholz, und schürt dann mit grobem Holze fort, welches man einfach und wie es kommt in die offene Schüre fallen lässt. Dasselbe geschieht an allen fünf Schüren, und ist darauf zu sehen, dass in regelmässigen Zeitabschnitten in derselben Ordnung in jede Schüre und zwar gleichviel Scheiter nachgelegt werden. Zu dem Ende zieht der Brenner die Platte weg, stösst das Feuer mit der Schürstange zusammen, wirft einige Kloben nach und deckt die Platte wieder auf. Der Zug geht durch das Register *k* in die Schüre und die Flamme reicht, wenn das Vorfeuer in Gang gekommen, durch *b* in den Ofen, aber zunächst nur auf eine kurze Strecke. In dieser Weise und in regelmässigem Umgang um die fünf Schüren fährt man fort während der ganzen Dauer des Vorfeuers. In der ersten Zeit entweicht viel Rauch aus dem Ofen und brennt das Holz noch langsam ab, nach einiger Zeit wird das Holz rascher verzehrt, der Rauch lichtet sich allmählich; nach 5 bis 6 Stunden sieht man durch die Schaulöcher des Verglühfeuers aus dem Cylinder einen rothen Flammenkegel sufsteigen („*der Cylinder geht*") und durch die Schaulöcher *e*, *e* des Scharffeuers den Inhalt des Ofens allmählich sich erhellen, bis man zuletzt die einzelnen Kapselstösse deutlich unterscheiden kann. Bald darauf fangen auch die kleineren Füchse *d* an zu gehen, es entweicht nur wenig oder kein Rauch mehr, und die Kapselstösse erscheinen in heller Rothglut. Das Vorfeuer ist mit dem Eintritt dieser Kennzeichen beendet. Das Scharffeuer und mit diesem das Schüren mit Spreisseln beginnt. Insofern die Spreisseln nicht in die Schüre eingeworfen, sondern nur in die freie unbedeckte Mündung der Schüre eingeschichtet werden, nennt man das Scharfschüren auch das „*Auflegen*".

Mit dem Auflegen geht die Schüre vom gewöhnlichen Feuer in das sogenannte „*Pultfeuer*" mit umgekehrtem Luftzug über und fungirt von da an nach ganz anderen und zwar den bereits für diese Feuerungsart Bd. I, Abtheil. 1, S. 338 geschilderten Grundsätzen. Zu diesem Zeitpunkt sind die Wände der Schüren im Innern in voller hoher Rothglut, der Boden mit einer gegen den Fuchs *c* ansteigenden Lage Kohlenglut bedeckt. Die aufgelegten Spreissel ruhen nur mit beiden Enden auf einem etwa 5 bis 6 Centimeter dicken Mauervorsprunge, liegen also im übrigen frei. In dieser Lage kommt die unterste Schicht plötzlich ins Bereich der von der brennenden Kohlenglut im Grunde der Schüre aufsteigenden Flammen und der strahlenden Hitze der Wände, also in eine Temperatur, welche die der Zersetzungs- und Entzündungstemperatur des Holzes weit übersteigt. Die betroffene Holzschicht zersetzt sich im Nu und unter lautem Geprassel in flüchtige Producte, die sich sofort entzünden, und in einen Kohlenrückstand, der in den Grund des Heerdes hinabfällt. Mit der

Verzehrung der untersten Schicht Spreissel rückt der Stoss abwärts, die nachrückenden Schichten theilen das Loos der ersten; in gleichem Mass als das Holz verzehrt wird, ergänzt man den sinkenden Stoss von oben durch frisch aufgelegte Spreissel. Wie bei einer andern Gelegenheit, bei dem Leuchtgas aus Holz, bereits gelehrt worden, giebt das letztere bei der raschen Zersetzung in so hoher Temperatur nur etwa halb soviel Kohle, aber entsprechend mehr flüchtige Theile und leuchtkräftige Gase, mit anderen Worten eine reiche, mächtige und hellleuchtende Flamme. Dies ist der Hauptzweck dieser trefflichen Feuerung. Der Zug ist während dieses Ganges der Verbrennung ein doppelter. Der Hauptzug geht durch die Zwischenräume der aufgeschichteten Spreissel abwärts, mischt sich mit den entzündeten flüchtigen Produkten und nimmt seinen Weg nach dem Fuchs *c*, Fig. 178 u. 179; zu gleicher Zeit geht ein schwächerer Zug durch das Register *o* über die Kohlenglut *d*, verzehrt einen Theil davon auf seinem Wege und steigt, auf eine höhere Temperatur vorgewärmt, aufwärts nach demselben Fuchs *c*. In diesem Fuchs *c* mischen sich beide Flammenzüge, treten gemeinschaftlich in den Ofen, nehmen die Richtung aufwärts und verbreiten sich darin nach Massgabe der Feuerzüge, welche durch die planmässige Aufstellung der Kapselstösse gebildet sind. Der obere Zug durch die Spreissel

Gang des Scharffeuers.

Fig. 178.

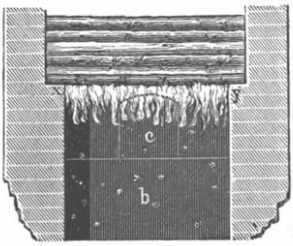
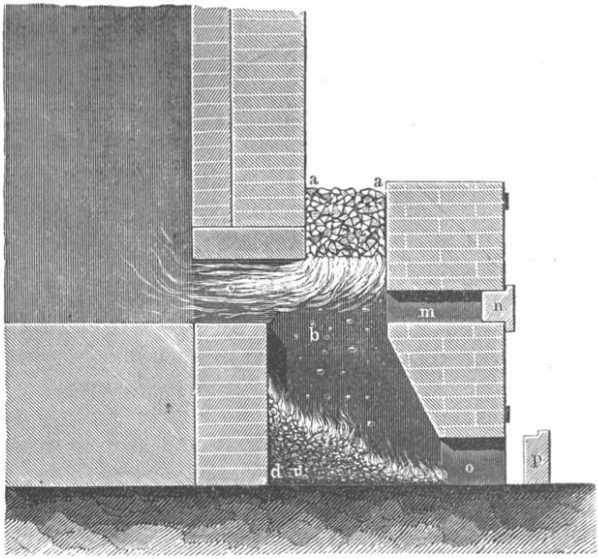


Fig. 179.



Gang des Scharffeuers.

regulirt sich mit der Dicke der aufgelegten Schicht, er mindert sich durch Aufhäufen, er mehrt sich mit dem Sinken derselben, der untere Zug wird durch Rücken des Registersteins *p* geregelt. Die Regulirung des Zuges erfordert besondere Aufmerksamkeit. Denn die Entwickelung der massenhaften flüchtigen Flammenprodukte aus dem Holz entzieht der Schüre eine sehr beträchtliche Menge von Wärme; damit aber die hohe Temperatur derselben, die Grundbedingung des ganzen Feuers, erhalten bleibt, muss ihr in gleichem Masse Wärme zugeführt werden. Die Verbrennung der Flamme reicht dazu nicht aus, weil sie zum beiweiten grössten Theil erst im Ofen erfolgt, vielmehr ist es die Kohlenglut im Grunde der Schüre, von deren Verbrennung der Ersatz ausgeht. Diese Verbrennung wird, wie bemerkt, durch das Register *p* geregelt und wie die Erfahrung gelehrt hat, muss gerade soviel Luft zugelassen werden, dass die auf dem Grund der Schüre liegende Kohlenglut während der ganzen Schürung möglichst gleich bleibt; nimmt sie ab, oder brennt sie ganz weg, so erkaltet die Schüre und die Flammenentwicklung lässt nach, nimmt sie zu, so verstopft sie die Zugöffnung, es entsteht Kohlenanschoppung und das Feuer kommt ebenfalls aus dem Gang. Die Aufgabe und die Kunst des Schürens besteht also im Ganzen darin, das Gleichgewicht zwischen den beiden Zügen und deren Function zu erhalten. Die Wirkung derselben giebt sich nach dem Auflegen sofort durch ein rasches Steigen der Temperatur im Ofen und starken Zuwachs der Flammenmasse zu erkennen, die nun alle Zwischenräume zwischen den Kapselstössen ausfüllt und durch alle Füchse mit Gewalt nach dem Verglühfeuer ausströmt. Aus dem Cylinder steigt ein geschlossener Flammenkegel hoch auf, der oft noch durch den Fuchs des oberen Verglühfeuers leckt und zuletzt hell und glänzend leuchtet; durch die Füchse *d* gehen kleinere etwa fusshohe Flammen. So lange alle fünf Schüren gleichmässig in gutem Gang sind, sind diese Flammen ringsum gleich, bleibt eine Schüre zurück, so schwindet die betreffende Flamme oder bleibt ganz aus; geht das Feuer überhaupt matt, so lässt auch die Cylinderflamme nach. Die zweite Hauptaufgabe der Brenner ist nun die Erhaltung des Gangs der verschiedenen Schüren und des Gleichgewichts zwischen ihnen. Zur Erhaltung des gleichen Gangs der Schüre ist gleichmässiges Auflegen bei regelmässigem Umgang in kurzen und gleichen Zeitabschnitten die Hauptsache. Wo sich einseitiger Nachlass zeigt, ist der entsprechenden Schüre ohne Verzug nachzuhelfen; fleissiges Beobachten der Füchse *d* durch die Oeffnungen *h* unerlässlich. Schon aus diesem Grunde lässt man diese Schauöffnungen unverschlossen; umgekehrt kann man durch Schliessen einer oder der andern dieser Oeffnungen einen zurückgebliebenen Fuchs wieder in Gang bringen, weil sich der Zug durch Schliessen der Oeffnung an der betreffenden Stelle verstärkt. Bei diesem Scharffeuer ist vollkommene Rauchverzehrung, ja es ist sogar dem Schürer kaum möglich, absichtlich Rauch zu erzeugen; zugleich ist die Wirkung in dem Grade mächtig, dass die Flamme leicht einige Schuh über die Essenmündung getrieben werden

kann; sie hat dann eine Länge von 12 bis 15 Meter. Die anfangs rasch gestiegene Temperatur des Ofens ist gegen Ende, weil der Unterschied zwischen ihr und der Temperatur der Flamme immer geringer wird, nur schwer auf die erforderliche Höhe der Gare zu bringen. Dieses letzte Stadium, das „*Ausbrennen*“, kostet in der That unverhältnissmässig an Brennstoff.

Probenziehen und Ausbrennen.

Wenn die Glühfarbe der Kapselstösse sich wenig mehr von der hellleuchtenden Flammenmasse abhebt, wenn es schwer geworden, oder kaum mehr möglich, die Kapselstösse im Ofen mit blossem Auge *) zu unterscheiden und alles als fast gleichmässige blendende Weissglut erscheint, wenn ganz besonders die Schwindung der Kapselstösse eingetreten (was erst in einem spätern Stadium des Brandes stattfindet) und wenn sie ihrem vollen Betrag (10 bis 15 Centimeter) nahe ist oder ihn erreicht hat, — so sind die Kennzeichen der nahenden Gare und damit das Ausbrennen eingetreten. Es ist Zeit, sich von dem Stand der Dinge, d. h. davon Kenntniss zu verschaffen, in welchem Zustande das Porzellan sich befindet und ob dieser in den verschiedenen Regionen des Ofens gleich ist. Zu dem Ende schreitet man zum Probeziehen, zuerst mit den Wächtern, aus jeder Probeöffnung einen. Mit den ersten Wächtern ist der Scherben noch matt, porös, stark saugend und an der Zunge klebend, die Glasur angebacken aber noch ohne Fluss. Je nach Befund, in etwa dreiviertel Stunden oder einer halben Stunde, zieht man den zweiten Wächter (einen dritten hat man in der Regel nicht nöthig) und schreitet, wenn dieser beginnenden Fluss der Glasur zeigt, zum Ziehen der eigentlichen Proben in immer kürzeren Zeitabschnitten. Die ersten zeigen bereits entschiedenen Fluss der Glasur, aber sie ist emailartig, von noch mattem, unvollkommenem Spiegel bei schon härterem, schwerer zu brechendem Scherben mit noch erdigem Bruch. In diesem Zeitpunkt gleicht das Porzellan auffallend dem gewöhnlichen Steingut oder Fayence. Mit den folgenden Proben erscheint die Glasur schon glatt, glänzend und durchsichtiger, der Scherben in beginnendem Fluss, Anfang der Sinterung, mit noch mattem und ebenem Bruch. Das Porzellan zeigt in diesem Stadium eine grosse Empfindlichkeit gegen Temperaturwechsel, so dass die Probescherben beim Abkühlen in der Luft von selbst springen und Stücke wegfliegen. Diese Empfindlichkeit verwandelt sich mit den letzten Proben, wenn der vollkommene Spiegel der Glasur und der ausgebildete Schweiss mit dem nunmehr muscheligen Bruch des Scherbens und seine Festigkeit die Gare anzeigen, in das Gegentheil. Der Brand ist zu Ende, man lässt den Rest des Holzes niederbrennen und schliesst die Schüren mit Deckel und Registerstein **).

---

*) Mit Hülfe von blauen Brillen ist dies durch Wegfall der Blendung leicht.

**) Nach einer den Brennern bekannten Thatsache, die hier angemerkt zu werden verdient, erscheinen die Gegenstände (Kapseln, Stützen u. dergl.) im

Kommen die Proben ungleich, so ist an der zurückgebliebenen Seite schleunigst nachzuhelfen. Sehr gewöhnlich ist dies bei der Eingangsthür der Fall, deren dünnere und schlechter schliessende verlorene Mauer zuviel Abkühlung verursacht. Zwei bis drei Probenzüge sind meist hinreichend, auch empfiehlt es sich zuletzt, ein Stück Waare, eine Tasse und dergleichen, zu ziehen. Das gare Porzellan ist im Ofen so weich, dass es sich beim Fassen mit der Zange verbiegt; es erscheint, wenn es aufgehört hat zu glühen, aber noch heiss ist, citronengelb, erst mit dem Abkühlen weiss. — Das Scharffeuer nimmt mehr Zeit in Anspruch, als das Vorfeuer, wenigstens 8 bis 9 Stunden, in manchen Fabriken doppelt so lang und mehr, so dass auf den ganzen Brand von Anfang an mindestens 14, öfter 20 bis 24, selbst 30 bis 48 Stunden kommen. Die Brennzeit richtet sich theils nach der Grösse der Oefen, theils bei gleichen Oefen nach besonderen Umständen, wie Stellung des Ofens im Brennhaus u. s. w., so dass von zwei gleichen Oefen oft der eine regelmässig 2 bis 3 Stunden länger braucht als der andere; ferner ist sie bedingt von der Leicht- oder Strengflüssigkeit der Waaren, von der Beschaffenheit des Holzes und endlich ganz besonders vom Herkommen und Gewohnheit. Viele Praktiker halten grosse Stücke auf langsames Brennen in Bezug auf Sicherheit des Erfolges, nicht mit Unrecht, aber doch mit Uebertreibung. Weit einflussreicher ist Gleichmässigkeit, Vermeiden von kurzen Stichflammen u. s. w.

Dauer des Brandes. Holzverbrauch.

Mit der langen Dauer des Brandes wächst natürlich der Aufwand an Brennstoff. Die Oefen von 3,5 Meter Durchmesser in Nymphenburg brauchten in 14 bis 18 Stunden Brennzeit zwischen 6,25 und 8,80 bair. Klafter Fichtenholz, entsprechend 140 bis 200 Centner, im Durchschnitt 8 Klafter (184 Centner), davon 2,6 Klafter grobes Holz im Vor- und 5,4 Klafter im Scharffeuer. Der Holzverbrauch ist bei kleinen Oefen verhältnissmässig viel grösser; z. B:

	Ofen I.		Ofen II.
Durchmesser	2,3		3,5 Meter
Verhältniss des kubischen Inhaltes des Scharffeuers	1	:	2,45 „
Holzverbrauch	4,28		8,3 „
Holzverbrauch für gleichen Inhalt . .	10,49		8,13 „

Auf 1 Centner Einsatz (Porzellan, Kapseln und Zubehör) kommt etwas mehr als das gleiche Gewicht Holz, in Nymphenburg z. B. 1,16 Centner, in Sèvres nach Brogniart 1,03 Ctr.; auf 1 Ctr. Porzellan der bedeutende Betrag von 18,6 Ctr. Holz an beiden Orten.

---

hochglühenden Ofen, wenn man durch die Schaulöcher blickt, stark vergrössert, so dass man Gefahr läuft, Desserttellerkapseln für Teller-, Tassenkapseln für Desserttellerkapseln zu halten. Der Grund liegt offenbar in der verschiedenen Dichte und Brechbarkeit der Luftschichten, durch welche die Lichtstrahlen hindurch gehen müssen, bis sie ins Auge des Beobachters gelangen.

Brand mit Steinkohlen.

Bei der Feuerung mit Steinkohlen kommt es zunächst auf die Wahl des Brennstoffs an: backende Kohlen mit möglichst langer Flamme, mit wenig und nicht leicht verschlackender Asche sind vorzuziehen. Die Kohle soll Stückkohle, nicht Kohlengrus sein, der regelrechtes Schüren und die Leitung des Feuers zu sehr erschwert; mit nassen Kohlen zu schüren ist nachtheilig, höchstens gelindes Anfeuchten zur Verhinderung des Stäubens ist zulässig. Das Brennen der Steinkohle lässt sich nicht in der Art wie beim Holz schon durch die Construction der Schüren bestimmen und regeln, auch beruht bei Steinkohlen das Scharffeuern nicht auf einem ganz andern Princip des Schürens wie das Vorfeuer, sondern ist nur ein intensiveres Vorfeuer. Allgemeines.

Der richtige Gang des Brennens mit Steinkohle ist daher weit mehr in die Hand des Schürers, in seine Fertigkeit und Erfahrung gelegt, als bei Holz, es lässt sich übrigens mit Steinkohle ein eben so schönes Porzellan und nach den jetzigen Preisen viel billiger als mit Holz brennen. Dass Steinkohle einen höhern Hitzgrad im Porzellanofen gäbe als Holz, ist ein gewöhnliches Vorurtheil der Praktiker; im Gegentheil leiden die Kapseln bei Holzfeuer im Allgemeinen mehr und erfolgen mehr Beschädigungen als bei Steinkohle. Dagegen neigt Steinkohle mehr zu einem unfrischen gelblichen Stich der Waare, wenn es an angemessener Behandlung des Feuers fehlt.

Die Einrichtung des eigentlichen Ofens bleibt bei Steinkohle dieselbe wie bei Holz, auch die Erscheinungen und Veränderungen der Waare während des Brennens bleiben dieselbe. Das wesentlich Abweichende liegt in der Einrichtung der Schüren, welche wiederum zu fünf und mehr an dem Umfang des Ofens symmetrisch vertheilt liegen. Die Steinkohle verlangt stets Brennen auf dem Roste ohne Ausnahme, die Rostfläche muss hinreichend gross sein, um die erforderliche Flammenmasse zur Füllung des Ofens zu liefern. Eine sehr zweckmässige und bewährte Form ist die von Thoma angegebene, in Thüringen übliche, eines fünfschürigen Ofens, Fig. 180 und Fig. 181 (a. f. S.). Der Ofen.

A ist ein Theil des mit Kapselstössen besetzten Brennraums, *a* die Sohle desselben, *D* das Ofenfundament, *C* das Gewölbe über der Schüre. Die Schüre bildet sonach eine unter die Ofensohle versenkte Grube mit einem unter 50 Grad geneigten sogenannten „*Hängerost*“. Die Roststäbe *d* ruhen mit dem obern Ende vermittelst einer Hohlkehle auf dem eingemauerten Rundeisenstab *e*, mit dem untern senkrecht abgebogenen Ende an der Eisenplatte *f*, an die sie anlehnen. Das Ofenfundament *D* mit seinem feuerfesten Futter *g*, dem Rost gegenüber, dient als Rückwand des Feuers; die Feuerung bildet damit eine dreieckige, nach oben trichterartig erweiterte Vertiefung *E* unter dem Gewölbe *C* der Schüre, die mittelst des Fuchses („*Schlundlochs*“) *nn* mit

Fig. 180.

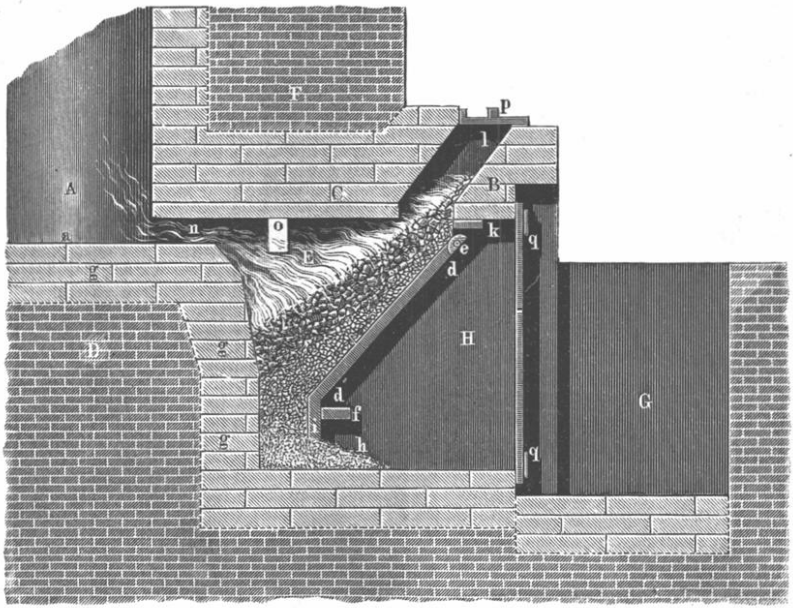
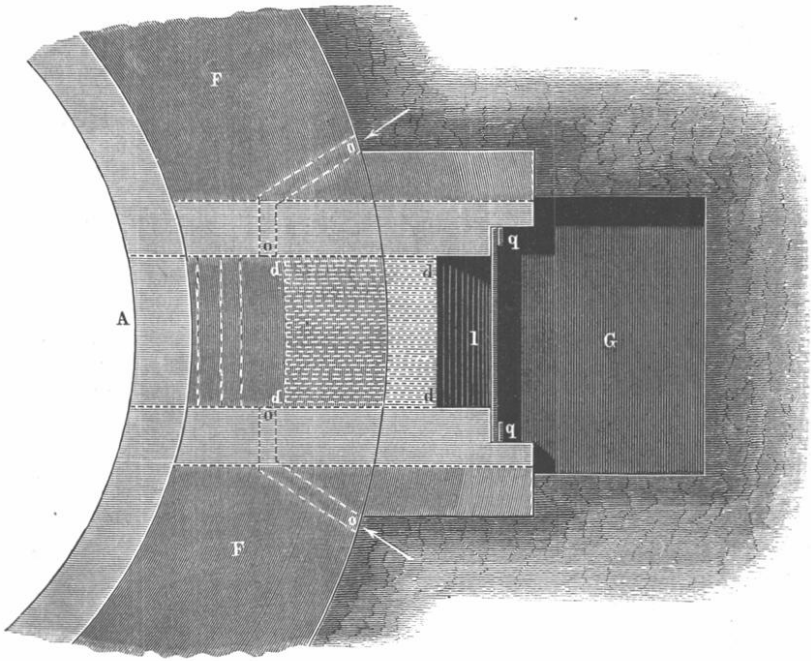


Fig. 181.



dem Brennraum oder Ofen in Verbindung steht. Dem Fuchs *n* gegenüber, nach vorn, ist in gleicher Neigung mit dem Roste die Oeffnung *l* mit dem eisernen Deckel *p* zum Einbringen der Kohlen angebracht; sie liegt also zwischen dem Mauerleib *F* des Ofens und der auf der eisernen Tragplatte *k* ruhenden Vormauer *B*. Der freie Raum *H* auf der Rückseite des Rostes, durch welchen die Luft zu dem letztern gelangt, ist mit einer eisernen der Höhe nach zweitheiligen Flügelthür *q* zum Reguliren des Zugs versehen; von diesem Raume *H* und der daranstossenden Vorkammer *G* aus geschieht die Bedienung des Rostes, Niederstossen der Kohle, Aufräumen von Schlacken und Asche u. s. w. Der untere verengte Theil der Feuerung öffnet sieh bei *h* nach der Kammer *H*. Aus dieser Oeffnung *h* schafft man die überschüssige Asche aber nur soweit heraus, dass die Oeffnung stets bis auf die Höhe *i* geschlosseu bleibt. Um in den späteren Stadien des Brandes, wenn die Hitze der Schüre schon hoch gestiegen, die sich rascher zersetzende Kohle in möglichst vollständiger Verbrennung zu erhalten, sind die zu beiden Seiten einmündenden engen Luftcanäle *o* dicht unter dem Gewölbe *C* angebracht. — Die Länge des Rostes ist 0,78 Meter, die Breite 0,63 Meter, die Oberfläche also 0,49 □ Meter bei einer Höhe des Scharffeuers von 2,27 Meter und einem Durchmesser von 3,08 Meter. Der Ofen ist in allen wesentlichen Stücken von der Einrichtung des vorigen nur mit zwei Verglühfeuern und im Gewölbe des Scharffeuers mit 15 Füchsen, in zwei Ringen um den Cylinder herum symmetrisch vertheilt; der äussere Ring an der Umfangsmauer mit 10, der innere Ring zwischen Umfangsmauer und Cylinder mit 5 Füchsen. Der Ofen.

Der Brand beginnt mit dem Anzünden von Holzfeuer am untern Theile des Rostes, und Aufschütten von Kohle auf das in vollen Brand gekommene Holz. Dabei sind die seitlichen Luftlöcher *o* und die oberen Flügel der Thür *q* der Vorkammer geschlossen. Sind die aufgeschütteten Kohlen in Brand, so beginnt das Schüren, wobei man sich eines Kohlenmasses bedient, denn es ist im Allgemeinen gut, jeder Schüre in gleichen Zeitabschnitten, etwa alle vier Stunden, gleichviel Kohle zu geben. Beim Aufgeben der Kohle ist ihrer besondern Natur Rechnung zu tragen. Wie alle Brennstoffe, so wird auch die Steinkohle vor allen Dingen im Feuer zersetzt; die flüchtigen Produkte gehen als Flamme weg, der Kohlenrückstand verbrennt als Koke. Diesem Verhalten entsprechend ist es Regel, frische Kohlen erst dann aufzugeben, wenn die auf dem Rost befindlichen zu Koke geworden, d. h. die frischen Kohlen nur auf die Kokeglut, nicht auf den nackten Rost zu schütten. Zugleich hält der Schürer die frischen Kohlen mehr auf dem obern, die Kokeglut mehr auf dem tiefern Theile des Rostes, so dass die abgebrannten Kohlen zu unterst, die in vollem Brand begriffenen in der Mitte, die sich entzündenden zu oberst bis in den Fülltrichter *l* zu liegen kommen und die gesammte Rostfläche mit Kohlen bedeckt ist. Vor dem jedesmaligen Aufgeben stösst man die Kohlen auf dem Roste mit der Schürstange zusammen, so dass die obere vorgewärmte und sich erst entzündende Lage Vorfeuer.

in einem gewissen Masse auf die Kokeglut hinabrutscht; den frei gewordenen obern Raum nehmen dann die frisch aufgegebenen Kohlen ein. So geht die Unterhaltung des Feuers ihren regelmässigen Gang, wobei auf möglichst langsame Steigerung Bedacht zu nehmen ist. Je nach der Grösse des Ofens in 2 bis 3 Stunden wird der Feuerschein durch die Schaulöcher sichtbar und es ist Zeit, die seitlichen Luftlöcher *o* der Schüre, einstweilen aber nur zur Hälfte, zu öffnen. Man fährt mit Schüren nach den angegebenen Regeln fort, indem man stets darauf hält, dass der Ofen so viel als möglich mit Flammen und zwar mit leuchtenden Flammen gefüllt ist und nur dünner grauer Rauch aus der Esse entweicht. Diese Beschaffenheit des Feuers hängt wesentlich davon ab, dass beim jedesmaligen Nachschüren eine bestimmte Menge unverbrannter Kohle auf die Koksglut heruntergestossen wird. Ist zu viel Kohle herabgekommen, so sieht man dicken Rauch als schwarze Streifen im Ofen und als schwarzen Qualm aus der Esse kommen; hat der Rost Mangel an Kohlen und ist er nur mit Koksglut bedeckt, so schwindet die Flamme im Ofen ganz und man erblickt durch die Schaulöcher nur die stummglühenden Kapselstösse. Beide Extreme sind gleichmässig zu meiden. Von Zeit zu Zeit verlegt die sich ansammelnde, theilweise auch an den Roststäben durch Verschlacken anhaftende Asche den Rost, so dass eine Reinigung — zuweilen nur ein Mal, oft vier Mal während des Brandes — nothwendig wird. Diese Reinigung wird mit allen fünf Schüren nach der Reihe, aber nicht unmittelbar, sondern in grösseren Zwischenzeiten hinter einander vorgenommen, weil sonst die damit verbundene Abkühlung zu fühlbar wird; sie muss ferner so vorgenommen werden, dass zwar Asche und Schlacke entfernt, aber das Feuer möglichst wenig gestört und verworfen wird. Hat man das Uebermass der Asche aus der Vorkammer entfernt, den Rest der Asche wieder so angeschoben, dass die Oeffnung zum Ziehen der Asche bei *h* wieder geschlossen ist, so klappt man auch die zum Zwecke des Reinigens geöffneten oberen Flügel der Thür *q* wieder zu und fährt mit Schüren fort.

Scharffeuer. Wenn die Kanten der Kapseln anfangen weiss zu glühen, so ist die Periode des Scharffeuers eingetreten. Das Schüren geht fast im Wesentlichen fort wie bisher, mit dem Unterschied jedoch, dass man zunächst die seitlichen Züge *o* ganz öffnet und von da ab mit gesteigerter Aufmerksamkeit und Sorgfalt auf möglichst vollständige Füllung des Ofens mit Flamme, sowie auf Vermeidung des stummen Glühens und des Rauches zu halten hat. Ebenso regelmässiges aber häufigeres Nachlegen jedesmal mit mässigem und bemessenem Nachstossen und Aufgeben von Kohle, Erhaltung der Kohlenlage auf dem Rost in gleich dicker Schicht (oben etwa 15, unten etwa 26 cm), sowie fleissiges Beobachten der Schaulöcher sind es, worauf es ankommt. Der Schürer darf kaum Zeit verstreichen lassen von einer zur andern Schüre, die Arbeit steigert sich zu fast ununterbrochener Bedienung der Reihenfolge nach. Ist die Glühfarbe im Ofen blendend geworden und weiss, so dass es schwer wird die Gegen-

stände im Ofen zu unterscheiden, dann ist es Zeit, mit dem Ziehen der Proben zu beginnen, und sobald sie einstehen oder vollen Fluss in Glasur und Scherben zeigen, auszubrennen. Zu dem Ende giebt man ringsum in jeder Schüre noch einmal Kohle nach, dass sie bis in den Fülltrichter liegen, schliesst die seitlichen Luftzüge *o* und lässt die Kohle ruhig abflammen. Wenn nur noch Kokes auf dem Roste liegen und der Boden der Vorkammer *F* sich nur noch dämmerig beleuchtet zeigt, schliesst man auch die unteren Flügel der Thür *q* und lässt den Ofen ruhig verkühlen. Die Dauer des Brandes und der Kohlenverbrauch stellen sich bei Oefen verschiedener Grösse wie folgt (zur Vergleichung sind die Ergebnisse beigesetzt, wie sie früher bei Holzbrand stattfanden): Dauer und Kohlenverbrauch.

Durchmesser des Ofens	Steinkohlenbetrieb:		Holzbetrieb:	
	Dauer des Brandes	Brennstoffverbrauch	Dauer des Brandes	Brennstoffverbrauch
Meter	Stunden	Centner	Stunden	Klafter
1,77	8 bis 9	14	18	6
3,14	10	38,5	—	10
3,45	11	45	—	—
3,76	15 bis 16	46	über 30	—

Die Ersparniss an Brennstoff ist bei Steinkohlen sehr bedeutend. Rechnet man bei den Oefen von 3,45 Meter Durchmesser das Gewicht des Einsatzes an Zubehör und Porzellan zusammen (nach oben) zu 160 Ctr., so stellt sich der Steinkohlenverbrauch auf

1 Gew.-Thl. des gesammten Einsatzes zu 0,28 Gew.-Thln. St. Kohle,
1 „ „ Porzellan des „ „ 4,50 „ „ „
gegen 18,4 Gew.-Thle. Holz auf 1 Gew.-Thl. gargebranntes Porzellan, d. h. vier Mal so viel.

Für die kleineren Oefen rechnet man für die Höhe des Scharffeuerraumes im Gewölbscheitel 1,5, bei grossen 2,0 Meter und zwar bei fetten Kohlen, bei mageren etwas weniger.

An einigen Orten hat man bei sonst gleich eingerichteten Schüren statt der Hängeroste nur ganz schwach geneigte oder wagerecht liegende Roste. Die letzteren sind schwerer zu bedienen, das Nachschieben der Kohlen ist schwieriger und wegen der stärkeren Rückstrahlung auch stärkere Erhitzung des Rostes von unten, wodurch die Asche mehr zu der so lästigen Verschlackung neigt.

Wie feststehende vielfache und dauernde Erfahrung lehrt, lassen sich in Oefen, wie die beiden beschriebenen, ohne Schwierigkeit gelungene Brände mit aller Sicherheit erzielen. Wo dies nicht zugetroffen,

liegt die Schuld entweder an mangelhaftem Schüren oder noch wahrscheinlich an fehlerhaften Grössenverhältnissen der einzelnen Theile des Ofens, vor allem der Schüren zum Brennraum, sowie der Verbindungskanäle zwischen beiden, als den am meisten entscheidenden Momenten. Sind die Füchse von der Schüre zum Brennraum zu eng, so lähmen sie den Zug und verlängern die Flamme über Gebühr, die Flamme neigt zum Rauchen, der Brand zieht sich in die Länge; sind diese Füchse zu weit, so verkürzt sich die Flamme, es bilden sich die der gleichförmigen Gare und den nächstliegenden Kapselstössen so gefährlichen Stichflammen. Allgemein gültige Regeln lassen sich übrigens in dieser Beziehung nicht geben, weil die fraglichen Verhältnisse zunächst von der Beschaffenheit des Brennstoffes und sonstigen lokalen Umständen bedingt sind; durch genaue Beobachtung des Feuerganges wird man aber nach einigem Ab- und Zugeben leicht das richtige finden. Zu den schwierigen lange Erfahrung erfordernden Operationen gehört das Brennen des Porzellanbrandes immerhin, namentlich was die gleichförmige Wirkung anbelangt. Indem die Flamme ihrer Natur nach stets in der Richtung des Zuges, also auf dem kürzesten Wege nach oben strebt, wird sie immer geneigt sein auf die am Boden und in der Mitte des Brennraumes befindliche Waare schwächer zu wirken. Aus diesem Grunde ist es vortheilhaft, neben der gewöhnlichen noch eine etwas leichtflüssigere Masse zu halten für diese Stellen. Auch durch besondere Ofenconstructionen hat man vielfach versucht, diesen Uebelstand zu heben, hat aber dabei nur allzusehr gegen den ersten Grundsatz, Einfachheit des Feuerbaues, verstossen.

Besondere Ofenconstruction.

So hat man die Flamme von den Schüren mittelst Kanälen unter der Sohle des Ofens durch nach der Mitte des Ofens geleitet und lässt sie im Centrum des Brennraumes durch ein weites Loch eintreten. Nachdem sie sich durch den Ofen ausgebreitet, wird sie an der Umfangsmauer durch rings am Boden vertheilte Schlucklöcher aufgenommen und durch ebenso viele senkrechte Kanäle in dieser Wand nach dem Verglühraum geführt (Venier).

Brand mit Braunkohle.

Braunkohlen sind wohl ebenso lange im Gebrauch zum Porzellanbrand als Steinkohlen, aber doch nur auf Orte beschränkt, die sich besonders auf diesen Brennstoff hingewiesen sehen. Am frühesten fing man damit an in Meissen, aber mit Holz gemeinschaftlich, dann folgten verschiedene böhmische Fabriken; in Schlaggenwald brennt man Braunkohlen mit 10 Proc. Asche, $4^1/_2$ Proc. Wasser und 2·8 Proc. Schwefel. Die Oefen sind natürlich nach Art der Steinkohlenöfen einzurichten.

Brand mit Gasfeuerung.

Bei einer so empfindlichen, werthvollen und schwierigen Waare wie Porzellan ist man natürlich zaghaft mit der Einführung der neuesten

Fortschritte im Feuerungswesen, so sehr man sich auch auf die Ersparniss an Brennstoff hingedrängt sieht. Erst ganz neuerlich ist daher, und zwar in der königl. Porzellanmanufactur zu Berlin, der Versuch mit Gasfeuerung unter günstigen Ergebnissen gemacht worden.

Die Brandausnahme.

Verkühlen des Ofens.

Der gesammte Inhalt des Scharffeuers ist bei dem Schluss des Brandes weissglühend und umfasst in diesem Zustande einen ungeheuren Vorrath von Wärme. Nimmt man das Gewicht des Einsatzes (160 Ctr.) mit der ebenfalls auf die Weissglut zu bringenden innern Schicht der Ofenwand (100 Ctr.) zusammen zu 260 Ctr., die specif. Wärme desselben zu $^1/_4$ von der des Wassers und die Temperatur beim Ausbrennen zu 2000° C. an, so entspricht dieser Wärmevorrath 1300 Ctr. Wasser von 100° C. Zu diesem schon so grossen Wärmevorrath kommt noch die ganze Wärmemenge, die während des Brandes mit den Verbrennungsgasen entweicht. Für den Brand selbst sind beide als Verlust zu betrachten, der hier wie bei allen Glühoperationen ungeheuer ist. Die Ausnutzung der verlorenen Wärme, die jedoch schwierig ist und vieles zu wünschen übrig lässt, ist durchgehends doppelter Art. Zunächst bestreitet man damit das Verglühen der Geschirre in den Räumen unmittelbar über dem Scharffeuer, sei es im einfachen oder im doppelten (zweistöckigen) Verglühfeuer. Die andere Verwendung der abfallenden Wärme ist zum Trocknen der Waare und der Kapseln, und schon aus diesem Grunde hat man gern ein drittes Stockwerk und stellt den Ofen so, dass er durch die Werkstätten der Dreher hindurch gehend, den Arbeitern bequem zur Hand ist. Durch beide Mittel wird nur ein geringer Theil des Verlustes eingebracht. Die Hindernisse sind der periodische Gang (also das zeitweise Kaltstehen des Ofens), die Nothwendigkeit alle Räume des Ofens während des Brennens zu schliessen und die hohe Temperatur. Wollte man den Ofen nach dem Ausbrennen so langsam und in dem Schritte erkalten lassen, wie die Wärme beim Trocknen verbraucht wird, so würde noch mehr an Zeit und raschem Umschlag der Fabrikation verloren. In der kalten Jahreszeit lässt sich auch die Heizung der Lokale, selbst der entlegeneren durch Röhrenleitung aus der im Verkühlen des Ofens abziehenden Hitze bestreiten. Immerhin ist man genöthigt, den Ofen so rasch abzukühlen, dass man etwa am dritten Tage ausnehmen kann. Unmittelbar nach dem Ausbrennen pflegt man den Deckel der Esse zu schliessen, namentlich um das Nachbrennen der Waare am Boden und in der Mitte zu befördern. Am folgenden Tage öffnet man diesen Deckel, nimmt die Schürplatten ab und lässt den vollen Zug durch den Ofen. Am dritten Tage ist der Einsatz so, dass man ihn wenigstens mit Handschuhen anfassen kann, die Vermauerung der Thür wird entfernt und die Brandausnahme beginnt.

Die nach dem Verglühen graue oder gelbe Farbe der Kapseln erscheint nach dem Scharfbrande aufgedunkelt, an den weniger heissen

Stellen mehr hell, an den heissesten Stellen hell- bis dunkelbraun. Ist der Brand regelrecht verlaufen, so stehen die Stösse aufrecht unverrückt und bis auf die Schwindung unverändert. Ist der Brand weniger günstig ausgefallen, so stehen die Stösse — namentlich bei den Schüren — schief, mehr oder weniger gegen die Schüren geneigt. Bei ganz ungünstigem Brande erscheinen die Kapseln tiefbraun bis eisengrau (ein schlimmes Zeichen), ausgebaucht, die Seitenwände eingeknickt, ineinander gesunken und aufeinander gebacken, die Waare ist alsdann natürlich verloren. Bei zu ungleichem Brande findet man die Stösse in der Mitte unvollkommen geschwunden, zu hell in der Farbe; die Waare ist nicht ausgegangen und das nächste Mal wieder einzusetzen. Auch bei gutem Brande haften die Kapseln etwas aneinander; ein leichter Schlag mit einem hölzernen Hammer genügt, sie zu lösen, worauf man sie zunächst satzweise, je eine Traglast, aus dem Ofen trägt und vor dem Ofen entleert.

Die gebrannte Waare.

Gewichtsverlust der Waare.

Die eingesetzte Waare erscheint nach dem Scharfbrande von Grund aus verändert. Sie ist aus einer matten, erdigen, weiss- oder gelbgrauen, stark saugenden, in eine zwar nicht porenfreie aber dichte nicht mehr saugende, harte, feste Masse mit schweissigem muscheligen Bruch *) und spiegelnder Glasur und einer mehr oder weniger milchweissen Farbe übergegangen, wobei sie einen Verlust an Gewicht und eine bedeutende Schwindung erleidet. Der Gewichtsverlust rührt davon her, dass der plastische Bestandtheil des Kaolins sein gebundenes Wasser, der in der Porzellanmasse enthaltene Kalk seine Kohlensäure, der Gyps sein Wasser und seine Schwefelsäure abgiebt. Der Gewichtsverlust ist daher je nach der Beschaffenheit des Kaolins und der Mischung der Masse verschieden. Er findet theils schon im Verglühfeuer statt, wo der Kaolin sich bereits brennt, theils erst im Scharffeuer. Scharf getrocknetes Nymphenburger Porzellan (aus Kaolin von Passau, Marmor und Quarz) verlor im Ganzen 9,3 bis 11,3 Proc. seines Gewichtes; im laufenden Betriebe ist jedoch der Gewichtsverlust höher, weil die Waare niemals absolut trocken ins Feuer kommt.

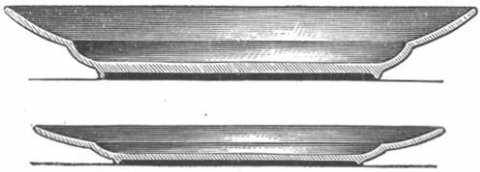
Schwindung.

Die Aenderungen in den Grössenverhältnissen sind grösstentheils Folge der Schwindung, welche beim Porzellan doppelter Natur, nemlich aus der Schwindung des sich brennenden Thonbestandtheils und der Schwindung durch Sinterung oder Fluss der Masse im Ganzen, zusammengesetzt ist. Im Verglühfeuer brennt sich zwar der Kaolin so weit, dass er sein Wasser verliert, aber die Temperatur reicht dazu nur eben hin und die Schwindung ist unmerklich. So betrug der Durchmesser eines Desserttellers vor dem Verglühen 244 mm, nach dem Verglühen 241 mm,

*) Ein körniger, dem des Hutzuckers ähnlicher Bruch, beweist eine schlechtgemahlene zu grobe Masse.

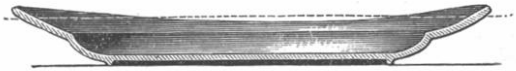
die Schwindung ist also wenig über 1 Proc.; nach dem Glattbrennen war der Durchmesser noch 225 mm, die Schwindung also beinahe 8 Proc. Schon das blosse Augenmass zeigt aber, dass die Schwindung ein und desselben Gegenstandes nach verschiedenen Dimensionen sehr ungleich sein kann: bei demselben Dessertteller betrug die Höhe des Randes vor dem Brande 51 mm, nach dem Glattbrande 26 mm, also die Abnahme der Höhe fast 48 Proc. (Fig. 182). Diese Abnahme ist in der That nur Schwindung.

Fig. 182.



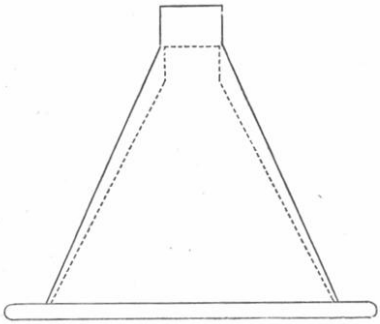
zum kleinern Theile Schwindung, zum grössten Theil Senkung des erweichten Porzellans durch die Schwere. Bei Tellern und runden Platten ist diese Senkung rundum gleichmässig. Dagegen senken sich bei allen ovalen Platten nur die Ränder der langen Seiten durch ihr Uebergewicht, während die leichteren Ränder der kurzen Seiten steigen (Fig. 183). Diese Senkung macht sich stets mehr oder weniger geltend, je nachdem ihr die Form der Waare Vorschub leistet; ein Milchtopf schwand z. B. in der Weite 6,6, in der Höhe aber 12,8 Proc. Ein Trichter hat nach dem Brande einen bedeutend stumpfern Winkel, wie Fig. 184 zeigt, wo die

Fig. 183.



punktirte Linie den Trichter nach, die ausgezogene Linie denselben vor der Schwindung zeigt. Die Schwindung hängt natürlich für gleiche Formen und Massen vom Feuersgrade ab und ist auch insofern für verschiedene Theile eines Stückes ungleich, als diesselbe je nach ihrer Lage bald mehr bald weniger der Glut ausgesetzt sind. Hervorragende Theile schwinden darum stärker, rechte Winkel von viereckigen Platten stumpfen sich ab u. s. w. Man begreift, dass die Angaben über den Betrag der

Fig. 184.



Schwindung.

Schwindung des Porzellans so verschieden ausfallen; nach Brogniart ist sie bei dem Porzellan von Sèvres in weitesten Grenzen 7 bis 17 Proc., in engern Grenzen 10 bis 15 Proc. Dass auch die Behandlung beim Formen Einfluss hat, je nachdem die einzelnen Theile eines Stückes ungleichen Druck erleiden, ist schon beim Abschnitt über das Formen S. 309 auseinander gesetzt. Damit hängt auch wohl die Bewegung nach den Schneckenlinien vom Drehen zusammen, welche Porzellankörper im Feuer machen, wenn sie unvorsichtig aufgedreht werden; bei Obertassen sieht man aus diesem Grunde die Henkel oft aus der senkrechten Lage verschoben.

Fehler der Waare.

Niemals, auch bei aller Sorgfalt und bestgeleitetem Brande, findet man alle Stücke des Porzellaneinsatzes gelungen, man kann im Gegentheil rechnen, dass etwa der vierte Theil des Einsatzes mit mehr oder weniger bedeutenden Beschädigungen behaftet ist. Der geringste Betrag kommt in der Regel auf den Bruch; dahin gehören die Stücke, die durch Eingehen der Kapseln ganz zu Grunde gehen; dann die Stücke mit bedeutenderen Brandrissen, die meist vom Trocknen herrühren und im Feuer durch die Schwindung erst klaffend werden; endlich die hier und da an der Kapselwand anschmelzenden Stücke. Weit beträchtlicher der Zahl nach sind die durch Verbiegung und Verwerfung, durch Schwindung und Nachgeben der Unterlage, aus der richtigen Form gerathenen Stücke. Als Fehler sind solche Formveränderungen nur anzusehen, wenn sie über das vorausberechnete Mass hinausgehen (der Rand der Teller z. B. convex abwärts gebogen ist, Fig. 185), wenn die Symmetrie der Form gelitten hat, oder die Stücke durch Krümmung des Fusses nicht mehr feststehen. Ein stehender, übrigens nur leichterer Fehler dieser Gattung ist die wellenförmige Krümmung des Bodens bei Platterie (Fig. 186). Sie rührt davon her, dass der Rand etwas früher und also auch stärker schwindet als der Boden; der Rand zieht sich daher mit Gewalt auf dem weniger geschwundenen Boden zusammen und staucht ihn. Viele Verbiegungen sind nur Folge von der Einsenkung der Kapselböden, also Krümmung der Unterlage.

Fig. 185.

Fig. 186.

Ein dritter und zwar sehr tückischer Fehler, insofern er meist erst beim Gebrauch zum Vorschein kommt, entspringt aus mangelhafter Gare. Die Waare hat dann zwar äusserlich ein tadelloses Ansehen, ist aber auffallend spröde, gegen Temperaturwechsel empfindlich und bei einem matten trocknen Bruch ungemein zum Springen geneigt. Die Erscheinung kommt namentlich dann vor, wenn die Glasur im Verhältniss zum Scherben zu leichtflüssig durch verfrühten Fluss den Brenner täuscht. Bei

einem noch höhern Grade dieses Missverhältnisses, der aber selten vorkommt, springt das Porzellan auch ohne Stoss und Erhitzung von selbst und zwar längere Zeit nach dem Brand; man hört dann im Magazin noch nach Tagen Knacken und Knistern, die Waare zieht feine Risse im Scherben nach allen Richtungen, aber ohne zu zerfallen. — Auch bei richtig gestellter Glasur finden sich einzelne Stücke, namentlich am Boden des Ofens, einfach wegen unzureichendem Feuer, nicht „*ausgegangen*“. Fehler der Waare.

Eine vierte sehr häufige Gattung von Fehlern bezieht sich auf die Beschaffenheit der Glasur. Dahin gehören zunächst die Körner, bald starke, bald schwächere, bald schärfere, bald stumpfere, bald schmutzig gefärbte, bald weisse, bald mehr vereinzelte, bald in Schwärmen vorkommende Erhabenheiten in der Glasur. Sie kommen vom „*Streuen*“ der Kapseln und sind dann meist stark und gefärbt, vom Hineinfallen von Sand in die Geschirre, oder von unreiner sandiger Glasur. — Es gehören ferner hierher die schon beim Zerkeinern der Materialien besprochenen schwarzen Punkte durch Einmischung von Eisenspänen in die Masse, die unter der Mühle fein zerrieben werden und nicht Zeit gefunden haben, sich beim Lagern der Masse in Rost zu verwandlen. — Weiterhin die „*Krätze*“, allgemeine Rauhigkeit der Glasur im Gegensatz zu eigentlichen Körnern, namentlich an Rändern u. s. w. häufig; dann mangelhafter Spiegel im Allgemeinen und „*eierschalige*“ Glasur. Die eierschalige Beschaffenheit ist das Widerspiel der Körner: die Glasur zeigt eine Unzahl kleiner Vertiefungen, eine Beschaffenheit, die sich nicht besser kennzeichnen lässt als durch den Vergleich mit der Schale der Eier. Die Vertiefungen sind kleine, an der Oberfläche der Glasur zum Platzen gekommene, aber nicht mehr glattgeflossene Bläschen, die sich unter der Loupe als kleine Krater darstellen. Sie sind namentlich bei Feldspathglasur häufig und hängt dies wahrscheinlich mit der Eigenschaft vieler glasiger Flüsse zusammen, im Fluss Gase zu absorbiren, die erst mit beginnender Abkühlung entweichen. Da das eierschalige Ansehen in mildem Grade keinen unangenehmen Eindruck macht, so ist es nicht immer als Fehler zu betrachten. — Ein lange Zeit räthselhaft gewesener Fehler der Glasur, der nur bei Platterie vorkommt, ist ein erbsen- bis haselnussgrosser matter Fleck in der Mitte des Bodens, bei ovalen Geschirren länglich, bei runden gleichbreit, der sich durch auffallendes Schmutzen beim Darüberfahren mit den Fingern auszeichnet. Der Ursprung dieses Fehlers ist unzweifelhaft folgender. Das Feuer wirkt bei aller Waare von aussen nach innen, bei Platterie also vom Rand nach der Mitte, die gerade bei dieser Waare viel später zur Gare kommt. Andererseits weiss man, dass die Glasur bei Beginn des Flusses eine matte Haut bildet, die nach und nach mit steigender Wirkung des Feuers von aussen nach der Mitte vorschreitend verzehrt wird. Jene Flecke sind der letzte stehen gebliebene Rest dieser Haut. — Wenn die Glasur in der Ausdehnung durch Wärme schlecht mit dem Scherben stimmt, so können sogenannte „*Glasurrisse*“, ein Netz von feinen Sprüngen nur in der Glasur, entstehen. Das Porzellan neigt dazu

Fehler der Waare.

wenig und in vielen Fabriken sind die Glasurrisse nie gesehen. — Wohl noch seltener und bis jetzt nicht erklärt ist das Abschälen der Glasur von ganzen Flächentheilen der Waare. Die Glasur muss sich in diesem Falle natürlich schon vor dem Eintreten des Flusses ablösen.

Zu den schlimmsten und gar nicht seltenen Erscheinungen gehören die Blasen, die ihren Sitz in der Masse, nicht in der Glasur haben. Sie unterscheiden sich schon äusserlich nach zweierlei Art. Die grossen Blasen von ein bis mehrere Centimeter Durchmesser im Verhältniss zu ihrem Umfang nicht sehr hoch aufgetrieben, mehrentheils geschlossen, seltener aufgerissen, zeigen sich da, wo Geschirre lange über die Gare dem Feuer ausgesetzt waren, an den heissesten Regionen des Ofens und an der dem Feuer zugekehrten Seite der Waare. Vergeblich sucht man im Innern der Blasen nach einem etwaigen Einschluss, man findet nur reines tadelloses Porzellan. Solche Blasen verdanken ihren Ursprung offenbar dem Umstande, dass der Fluss des Scherbens von den beiden Oberflächen nach innen vorschreitet. Zur Zeit der Gare sind die Oberflächen völlig dicht, im Innern des Scherbens noch lufterfüllte Poren, wie man leicht beim Schleifen des Porzellans wahrnehmen kann. Bei zu weitgehendem Feuer ist die Erweichung des Scherbens der Art, dass die dichte Oberfläche unter dem Druck der eingeschlossenen Luft gehoben wird. Lange und stark überbrannte Teller spalten sich manchmal fast vollständig in zwei Lamellen, indem die anfangs entstandenen Blasen in einander übergehen. — Neben diesen breiten Blasen kommen noch andere kleine, aber hochgehobene, mehr spitze, vom Umfang einer Linse oder Erbse, immer viel zahlreicher als die grossen vor; man könnte sie als hohle Pocken bezeichnen. Vielleicht sind sie nur die Blasen des leichtflüssigern, wie die grossen Blasen des strengeren Porzellans; wenigstens hat man jene vorzugsweise bei Feldspathporzellan beobachtet. —

Schleifen.

Manche der bezeichneten Fehler der gebrannten Waare lassen sich nachträglich durch „*Schleifen*“ beseitigen, eine Operation, die dem Fabrikanten einen wichtigen Dienst leistet, insofern sie es möglich macht, einen Theil des beschädigten Gutes, der sonst mit Verlust an Werth dem Ausschuss anheim fiel, wieder vollwerthig zu machen. Das Schleifen geschieht mittelst kleiner runder Scheiben auf der Drehbank; die geschliffene Fläche ist matt oder rauh, sie erhält durch Poliren den erforderlichen Glanz. Zunächst kommt in Betracht, dass das Porzellan bei aller Dichte und Geschlossenheit des Scherbens doch keineswegs frei von Lücken und Poren ist, in die sich die Theilchen vor der Abnutzung des Schleifsteins fest einsetzen. Dunkelfarbige Schleifmittel, wie Schmirgel und ähnliches, hinterlassen deswegen eine auffallende dunkel punktirte Fläche von üblem Ansehen, sind daher zu verwerfen und nur ungefärbte zulässig. Man bedient sich allgemein kleiner Scheiben von unglasirtem Porzellan von etwa 12 bis 36 mm Durchmesser mit abgerundetem, nicht flachem Rande; diese Grösse und Form ist nöthig, weil sie für den genannten Zweck nur einen sehr kleinen Flächentheil, oft nur einen Punkt, angreifen sollen.

Zum Poliren nimmt man ähnliche Scheiben von hartem Holz, mit etwas Bimsteinpulver. Der häufigste Fall ist die Beseitigung von Körnern durch Schleifen. Es kommt dabei vor allem darauf an, eben nur das über die Glasurfläche hervorragende wegzunehmen, also keine Vertiefung hervorzubringen, wozu eine sichere Hand gehört und ein Schliff von wenigen Secunden genügt. Sind die betreffenden Stücke geschliffen, so folgt nach dem Abwischen des scharfen Schleifstaubes das Poliren; man braucht dabei weniger ängstlich zu sein, weil das Polirrad nicht in den Scherben eingreift. Der polirte Fleck hat niemals den vollen Glanz der geflossenen Glasur; für den Kenner leicht zu unterscheiden, ist er doch für den gewöhnlichen Abnehmer unmerklich. Körner aus abgefallener Kapselmasse von dunkler Farbe, wenn zu tief in die Glasur eingeschmolzen, sind natürlich durch Schleifen nicht zu verbessern.

Vortrefflich lassen sich die matten schmutzenden Flecken in der Mitte von Tellern und Platten in ähnlicher Weise entfernen, denn dieser Fehler sitzt nur an der äussersten Oberfläche der Glasur. Es genügt, den Fleck, der in der Regel nicht über 1 cm Durchmesser hat, einen Augenblick mit dem Polirrade zu übergehen. Auch rauhe Ränder bei Tellern, wenn der Fehler mässig und nur an einzelnen Stellen auftritt, lassen sich durch Schleifen und Poliren verbessern.

So wie einige Fehler, so lassen sich auch gewisse Missstände durch Schleifen verbessern bei den gelungenen Waaren. Dahin gehört die Rauhigkeit der Füsse von Porzellangeräthen, die der Natur der Sache gemäss nicht mit Glasur versehen werden können. Durch diese Rauhigkeit greifen sie die Politur der Tische u. s. w., aber auch so weit sie stossweise oder paarweise in einander gestellt zu werden pflegen, wie Teller, Platten, Tassen etc., die Porzellanglasur an, die stets weniger hart ist als die Masse, so dass im Innern der Untertassen, Teller etc. blinde Stellen entstehen. Zum Glattschleifen solcher Füsse, die übrigens keiner Politur bedürfen, dient ein grosser liegender Schleifstein, ähnlich gestaltet und ähnlich getrieben wie bei den Mühlen älterer Construction (S. 299), wo man solche Mühlen hat, einfach ein zu stark abgenutzter zu leicht gewordener Läufer derselben. In jedem Falle ist ein feinkörniger Stein zu wählen. Man lässt darauf den Fuss der Waare einfach mit Wasser ablaufen. Auch der Fehler krumm gezogener Füsse, wenn die Krümmung nicht zu stark ist, kann bei dieser Gelegenheit gehoben werden, so dass die Waare wieder fest steht, statt zu schaukeln.

Sortiren.

Nach der Brandausnahme und den erforderlichen Nacharbeiten durch Schleifen folgt das Sortiren: in die vollkommen gelungene Waare, in die nur beschädigte aber noch brauchbare Waare, die „*Ausschüsse*“, und in die bis zur Unbrauchbarkeit beschädigte Waare oder den „*Bruch*“.

Statistik der Sortirung.

Der Bruch beschränkt sich im normalen Betrieb auf eine unbedeutende Stückzahl (in Nymphenburg 3 bis 6 Procent) der gebrannten Waare und ist der am wenigsten drückende Verlust. Viel grösser ist der Schaden durch nur zu herabgesetzten Preisen verkäufliche Ausschüsse. Es leuchtet ein, dass verschiedene Artikel sehr ungleiche Schwierigkeit beim Brennen, also auch sehr ungleiche Wahrscheinlichkeit des Gelingens bieten, wie folgende Beispiele der frühern sehr strengen Sortirung zu Nymphenburg (in dreierlei Ausschüsse neben dem Bruch) erweisen. Die Beispiele sind: gewöhnliche Teller als der schwierigste, Kannen als mittelschwieriger und ein Christusbild (nach M. Angelo für Kruzifixe) als der leichteste Gegenstand; sie sortirten sich nach der Stückzahl durchschnittlich wie folgt:

	Teller	Kanne	Christus
Gelungene Waare	18,5	55,0	72,6
I. Ausschuss	57,0	31,0	11,8
II. „	17,5	9,3	5,5
III. „	4,0	2,5	8,3
Bruch	3,0	2,2	1,8
	100,0	100,0	100,0

Der Verlust durch die Sortirung überhaupt betrug im Geldwerth

21,0 . . . . . 13,4 . . . . . 16,2 Proc.

Eine so strenge Sortirung ist übertrieben und durch die Umstände in keiner Weise geboten, auch ging man in Nymphenburg zu einer angemesseneren Sortirung über, wie sie sonst gebräuchlich. Diese ergab dann im Durchschnitt von 91 Bränden und sämmtlichen fabricirten Artikeln:

Gelungene Waare.	I. Ausschuss.	II. Ausschuss.	Bruch.
67,8	16,8	9,4	6,3 Proc.

der Stückzahl.

Neben den äusseren Umständen hat natürlich auch die persönliche Umsicht und Erfahrung des Brenners ihren Einfluss auf das Ergebniss. So ergab sich, unter sonst gleichen Voraussetzungen im Durchschnitt einer grössern Zahl Brände, die Auswahl unter zwei verschiedenen Brennern wie folgt:

	Erster Brenner	Zweiter Brenner
Gelungene Waare	63,4	71,3
I. Ausschuss	17,2	17,6
II. Ausschuss	11,1	8,5
Bruch	8,3	2,6
	100,0	100,0 Stück.

Der Schaden durch Ausschuss lässt sich einigermassen auf dem Wege der Malerei der Porzellanwaare einholen, ähnlich wie durch Schleifen. Es giebt nämlich gewisse Fehler, die, ohne den eigentlichen Gebrauchswerth der Waare zu beeinträchtigen, nur durch ihre Augenfälligkeit schaden, aber wegfallen, sobald sie mit Farbenverzierung bedeckt werden. Dahin gehören Flecken verschiedener Art, schwarze Punkte, auch leichte Brandrisse, die sich mit Fluss ausfüllen lassen, dem man einen Körper zusetzt, so dass er als Kitt wirkt.

Lichtbilder.

Ein eigenthümlicher Gegenstand der Porzellanfabrikation sind die bekannten „Lichtbilder" („Lithophanieen"), eine auf plastischem Wege hervorgebrachte Darstellung, die in der Wirkung eines getuschten Bildes in Licht und Schatten erscheint. Sie beruhen auf der stark durchscheinenden Natur des Porzellans, die Lichter auf Verdünnung, die Schatten auf Verdickung des Scherbens an den betreffenden Stellen. Die Hauptsache, aber auch das schwierigste, ist die Herstellung der Form. Zu dem Ende überzieht man eine Glastafel mit einer Schicht grüngefärbten Bossirwachses; der Wachsschicht giebt man thunlichst genau gerade diejenige Dicke, bei der sie eben so viel Licht durchlässt, wie die zu den Lichtbildern bestimmte Porzellantafel in der normalen Stärke. Indem man nun die Glastafel mit dem Wachse in einer verfinsterten Kammer so anbringt, dass das Licht nur durch diese Tafel eintreten kann, fertigt man, nach Vorschrift des gegebenen (mit einer Lampe beleuchteten) Originals zur Seite, mit dem Bossirgriffel ein Lichtbild aus der Wachsschicht. Dieses Wachslichtbild entspricht genau dem künftigen Lichtbild von Porzellan: die Schatten sind entsprechende Verdickungen, die Lichter Verdünnungen. Durch Abgiessen der bossirten Wachstafel in Gyps erhält man ein Negativ in umgekehrten Verhältnissen; dies ist die Form für die Lichtbilder. — Um mittelst dieser Form ein Lichtbild in Porzellan herzustellen, macht man zunächst eine Schwarte aus Masse, etwas stärker und von etwas grösserem Umfang als die Form, legt sie über die Vertiefung der Form und drückt sie mittelst kurzer Schläge eines Ballens so auf, dass sie alle Vertiefungen genau ausfüllt. Ist dies ausgeführt, so nimmt man die überstehende Masse mit der Streichklinge weg, schlichtet die Oberfläche, worauf man das abgeformte Lichtbild zum Losschwinden und Trocknen hinstellt, wie die gewöhnliche Waare. —

Begriff. Die Form. Formen.

Das fertige Lichtbild hat nun in allen Einzelheiten und im Ganzen die Form der Bossirung in Wachs und giebt, nachdem es im Brande durchscheinend geworden, dasselbe Bild im durchfallenden Lichte. Die beabsichtigte Wirkung ist jedoch in dem Grade durch verschiedene in der Technik liegende Umstände bedingt und in Frage gestellt, dass den Lichtbildern nur der Werth von Nippsachen, aber kein eigentlich künst-

Die Lichtbilder.

Lichtbilder. lerischer Werth zugesprochen werden kann. Die Wirkung hängt zunächst von der Natur der Masse ab, die bald mehr bald weniger durchscheinend ist; die passende Beschaffenheit fällt so ziemlich mit der des Biscuit aus Feldspathporzellan zusammen; die meisten Fabriken haben sogar, soweit sie nicht das Biscuit selbst verwenden, eigene geheime Recepte zu Lichtbildmassen. Es handelt sich dabei, neben dem geeigneten Grade von Durchsichtigkeit, namentlich um einen dem Auge gefälligen einigermassen sepiaartigen, weichen Ton der Schattirung. — Das Verhalten jeder gegebenen Masse zu Lichtbildern ist aber wieder in hohem Grade von dem richtigen Feuersgrade beim Brennen bedingt. Schlecht ausgegangene Lichtbilder geben sich braun, stumpf und wolkig, zu stark gebrannte grell, mit verwischter Abstufung von Licht und Schatten. Endlich übt das Formen sehr störende Einflüsse. Durch das Schlagen mit dem Ballen schwinden die einzelnen Theile in dem Masse als sie ungleichen Druck erhalten haben auch ungleich, es entstehen Verschiedenheiten in der Dicke des Scherbens, die sich natürlich auch verschieden beleuchten, somit also eine nicht beabsichtigte störende Wirkung hervorbringen. Hand in Hand damit geht ein durch Verwerfung im Feuer entstandenes unebenes Ansehen, die Rückseite erscheint oft wie gedengelt.

Glasur bleibt in der Regel weg, dafür giebt man aber der Masse einen stärkeren Schweiss. — Durch Bemalen der Lichtbilder mit durchsichtigen Farben fügt man oft zur Wirkung der blossen Schattirung noch die eines Gemäldes. —

Eigenschaften des Porzellans.

Härte. Sprödigkeit. Das gebrannte Porzellan zeichnet sich durch grosse Härte sowohl der Masse als der Glasur aus. Es ist schwer ritzbar und bietet der Abnutzung durch Reibung erheblichen Widerstand. Diese Dauerhaftigkeit findet namhaft Unterstützung durch Festigkeit und durch das Verhalten gegen Temperaturwechsel. Wenn das Porzellan auch im Allgemeinen zu den zerbrechlichen Waaren gehört, so ist es doch den meisten Geschirrarten, sowie dem Glase an Widerstand gegen Zerbrechen durch Stoss oder Schlag überlegen. Im Widerstand gegen Temperaturwechsel kommt das Porzellan den darin besten Thonwaaren wenigstens gleich, übertrifft die meisten und das Glas bei weitem. Wenn man sich erinnert, dass das Porzellan beim Brennen Zwischenzustände zu durchlaufen hat, die sich gerade durch hohe Empfindlichkeit gegen Temperaturwechsel auszeichnen, so begreift man leicht, wie sehr die fragliche Eigenschaft vom richtigen Brennen, vom vollkommneren Ausgehen im Feuer abhängt. Dieser Punkt hat mehr auf sich, als man gemeinhin annimmt, und die Empfindlichkeit einzelner Stücke sonst trefflicher Fabrikation hat wesentlich darin ihren Grund, um so mehr als es sich um feine Unterschiede der Gare handelt, die das Auge nicht mehr unterscheidet, die aber nichtsdestoweniger inner-

halb der unvermeidlichen Ungleichheit des Feuers liegen. Abgesehen von der ungleichen Gare verhalten sich auch verschiedene Massen höchst ungleich gegen Temperaturwechsel und gilt hier die allgemeine Regel: je schlechter gemahlen die Masse, je aufgeschlossener, also durchsichtiger und glasartiger, um so empfindlicher; je besser gemahlen und gemischt, je weniger übertrieben aufgeschlossen, um so unempfindlicher ist die Masse. Stark aufgeschlossene, mit viel Flussmittel versetzte glasige Massen brennen sich leichter, ersparen Brennkosten, empfehlen sich dem Auge und haben daher die dauerhafteren Porzellane vom Markte zurückgedrängt, die sich eigentlich nur noch in den Staatsfabriken finden.

Specifisches Gewicht.

Von dem specifischen Gewichte des Porzellans ist bereits S. 273 die Rede gewesen; es wechselt natürlich nach Bestand und Mischung:

	Berlin	Meissen	Sèvres.			Limoges	Chinesisch
			1788	1798	1838		
in Stücken . .	2,345	2,508	2,259	2,133	2,169	2,334	2,290
zerrieben . . .	2,452	2,569	2,527	2,556	2,242	2,476	2,500
Zwischenräume	4,36	2,37	11,84	16,55	3,25	5,73	8,40 Vol.-Proc.

Der überall in die Augen fallende Unterschied im specifischen Gewichte ganzer Stücke und dem specifischen Gewichte in Pulverform beweist einen unvollkommneren Zusammenhang, das Vorhandensein von Lücken und Zwischenräumen; ihr Betrag in Procenten des Volums des Porzellans in Stücken ist oben beigefügt und wie man sieht sehr abweichend. Vermöge dieser Zwischenräume würde das Porzellan etwas einsaugen, wenn die Glasurdecke dies nicht verhinderte; beim Schleifen werden sie deutlich sichtbar. Die Durchdringlichkeit des Porzellans für Gase in hohen Hitzegraden mag damit zusammenhängen. Beim Glühen von Zuckerkohle, sieben Stunden lang, drangen die Verbrennungsgase fortwährend durch ein Porzellanrohr bei 4 Decimeter Ueberdruck im Innern, obwohl das Rohr innen glasirt war (Résal & Minary).

Structur, mikroskopische.

Dünne Splitter von Porzellan erscheinen dem blossen Auge nicht mehr milchweiss wie dickere Stücke, aber bläulich wie wässerige Milch. Unter etwa 200 facher Vergrösserung löst sich das milchige auf in eine klare Grundmasse mit zahllosen eingebetteten meist nicht ganz klaren Körnern; es macht dabei keinen Unterschied, ob man Feldspath- oder Kalkporzellan vor sich hat. Soviel von den Bestandtheilen mit dem Flussmittel in glasigen Fluss gehen kann thut dies, der Rest, dem Anschein nach der überschüssige Quarz, bleibt darin eingeschlossen *). Bei Hitz-

*) Dass das Porzellan im Feuer eine homogene Masse im breiigen Fluss sei, die beim Erkalten zu einem Haufwerk von Krystallnadeln in glasiger Grundmasse erstarre, wie man zu sehen geglaubt, ist wohl nur Spiel der Phantasie.

graden jenseits des Garbrandes, im Knallgasgebläse z. B., geht das Porzellan mehr und mehr in eine durchaus glasartige Masse über und erweicht soweit, dass z. B. Porzellanröhren in eine Spitze ausgezogen werden können.

Chemischer Bestand.

Die Doppelnatur des Porzellans, wonach es aus einer glasartigen Grundmasse mit eingebetteten heterogenen Körnern besteht, macht es begreiflich, dass ein Gemenge der Kieselerde und der Basen, nach Vorschrift der Analyse, aus chemisch reinen Materialien im Feuer kein Porzellan giebt, wie Brogniart dargethan. Gegenüber dieser Doppelnatur haben die Elementaranalysen des Porzellans nur sehr untergeordnetes Interesse, indem sie nur das Verhältniss der Kieselerde und der einzelnen Basen, wie in den nachstehenden Beispielen, ohne Unterschied der näheren Bestandtheile und der mechanischen Structur angeben.

Nro.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
	R. A. Couper	Wilson	v. Sommaruga	J. Müller	F. Vielguth	J. Müller		J. Czjzek	R. A. Couper	
	Berlin		Wien	Meissen	Nymphenburg	Elgersburg	Böhmisch		Chinesisch	
							?	Schlaggenwald	1te Sorte	2te Sorte
Kieselerde .	72,96	71,34	58,19	60,03	72,80	72,77	74,80	71,48	71,04	68,96
Thonerde .	24,78	23,76	37,90	35,43	18,40	24,53	21,30	23,41	22,46	29,24
Eisenoxyd .	—	1,74	0,56	Spur	2,50	Spur	—	1,01	—	—
Kalk	1,04	0,57	1,67	0,5	3,30	—	0,64	0,14	3,82	1,60
Bittererde .	—	0,19	0,12	Spur	0,30	Spur	Spur	0,06	—	—
Kali	1,22	2,00	0,35	2,26	0,65	0,94	2,48	3,07	2,68	—
Natron . .	—	—	0,23	1,55	1,84	1,61	0,58	—	—	—
Summa . .	100,00	99,60	99,02	99,85	99,79	99,91	99,89	99,17	100,00	99,80

Bemerkung: Bei den Nummern 3 bis 8 incl. ist ausdrücklich angegeben, dass die Glasur vor der Analyse entfernt worden; nicht so bei den Nummern 1, 2, 9 u. 10. — In Nr. 6 ist noch 0,06, in Nr. 7 noch 0,09 Proc. Schwefelsäure gefunden. — In Nr. 3 ist das Eisen als FeO berechnet.

Chemischer Bestand.

Wie sich voraussehen lässt sind die Abweichungen des Bestandes je nach dem Ursprung des Materials in einigen Fällen gross (sie gehen bis zu 15 Proc. Kiesel- und bis zu 17 Proc. Thonerde), in anderen Fällen verschwindend. Selbstverständlich sind diese Analysen nur für die untersuchten Proben wahr; der chemische Bestand kann im Laufe der Fabrikation in derselben Fabrik sehr wechseln. Das Eisen ist in allen Analysen, ausser Nr. 3, irriger Weise als Oxyd bezeichnet. Wie auch das Eisen in der Porzellanmasse enthalten sein mag, so wird es bei der Temperatur des Porzellanbrandes bei Gegenwart von Thonerde zu Oxydul, FeO oder Fe_3O_4. Ein Zusatz von Eisenoxyd färbt das Porzellan nie roth, sondern jederzeit grau; Theilchen von metallischem Eisen geben stets schwarze frischschlackenartige Punkte.

Gegen chemische Agentien zeigt das Porzellan eine grosse Beständigkeit (Flusssäure und ihre Verbindungen abgerechnet), soweit diese in Lösungen und bei einer 100° C. nicht viel übersteigenden Temperatur wirken. Nur bei Lösungen von fixen Alkalien ist der Angriff einigermassen bemerklich (Emmerling).

Verzierungen.

Allgemeines.

Das Porzellan bietet in seinen hervorragenden Eigenschaften, namentlich in seiner Härte, Dauer und dem ansprechenden Ansehen, in seiner edlen Natur überhaupt, eine weit geeignetere Grundlage zu Verzierungen nicht plastischer Art, als jedes andere Erzeugniss der Töpferei. Diese Verzierung, im weitesten Umfang, sowohl nach der Menge der Erzeugnisse, als auch nach dem Aufwand von Hülfsmitteln ausgeführt, ist als ein wichtiger Zweig mit dem Betrieb aller Porzellanfabriken verbunden und für diese unentbehrlich, hat sich aber auch mit fortschreitender Theilung der Arbeit als selbständiger Betrieb entwickelt. Die Betriebe der letzten Art beziehen dann diese fertige weisse Waare von den Porzellanfabriken.

Die Verzierungen sind dreierlei Art: mit Farben, mit Metallüberzügen, beide in grosser Ausdehnung gehandhabt; selten durch Aetzen. — Die Darstellungen auf diesen Wegen umfassen alles, was zwischen der einfachen Ausstattung mit farbigen und Goldrändern, also blossen Linien, und zwischen den höchsten Erzeugnissen des Kunstmalers in der Mitte liegt. Die zeichnerischen und malerischen Darstellungen treten weitaus am häufigsten selbständig, seltener im Zusammenwirken mit der Plastik auf. Je nach der Stufe, die die verzierende Darstellung einnimmt, wird sie bald auf mehr mechanischem Wege hervorgebracht, wie die Ränder, Linien, lineare Zeichnungen, die sich häufig wiederholen; bald ist sie Gegenstand der freien künstlerischen Schöpfung.

Farbenverzierungen.

Abgesehen von vorübergehender Spielerei mit Wasser- oder Oelfarben, die hier nicht in Betracht kommen, hat die Verzierung des Porzellans, wie der Töpfereierzeugnisse überhaupt, nur mit im Feuer eingebrannten Farben zu thun, die jedoch auf zweierlei weit auseinander gehenden Wegen angebracht werden: sie sind entweder dem Körper des Porzellans, dem Scherben oder der Glasur, einverleibt; oder als ein besonderer Ueberzug über der Glasur auf derselben aufgesetzt. In dem erstern Fall muss die Waare nach der Behandlung mit Farbe erst noch dem Garbrande unterworfen werden. Daraus ergiebt sich weiter die natürliche Forderung, dass die so verwendeten Farben die sehr hohe Temperatur des Scharffeuers ertragen. Die verhältnissmässig nur kleine Auswahl von Farbstoffen, die dieser Forderung entsprechen, heissen Scharffeuerfarben. Sie finden nur beschränkte aber sehr wichtige Anwendung. — Der weitaus häufigere Fall sind die Farbenverzierungen auf der Glasur, also auf der vollkommen gargebrannten und fertigen Waare, ganz nach denselben Grundsätzen wie die Glasmalerei. Das Einbrennen geschieht alsdann in einer besondern Operation, wobei sich — im Gegensatz zu den Scharffeuerfarben — die Temperatur nach der Natur der Farben richtet, nicht umgekehrt. Insofern das Einbrennen in einer Muffel stattfindet, nennt man derartige Farben „Muffelfarben“. Allgemeines.

Beide Arten von Farben sind chemische Zubereitungen von gewissen Metallen und deren Verbindungen. Für den Werth der Porzellanfarben ist die Art dieser Zubereitung, die dabei zur Anwendung kommende Methode und Behandlung von ebenso entscheidender Wichtigkeit, wie das Material selbst. In früheren Zeiten geschahen diese Zubereitungen in den Porzellanfabriken selbst, sie waren ein integrirender Theil ihres Betriebs unter besonderen vereidigten Beamten, den „Arcanisten“. Seit lange hat sich auch dieser Zweig durch Arbeitstheilung als ein selbständiger Betrieb abgeschieden, und pflegen sich die Porzellanfabriken, für den grössten Theil ihres Bedarfs oder ganz und gar, mit Farben aus dem Handel zu versorgen. Zu allen Zeiten ist mit der Zubereitung der Farben viel Geheimniss getrieben und das beste nicht bekannt geworden.

Scharffeuerfarben.

Die Farben für Scharffeuer sind im wesentlichen folgende: Kobaltoxyd für Blau, Chromoxyd für Grün, Eisenoxyd für Braun, Eisenoxyd mit Chromoxyd und Manganoxyd gemischt ebenfalls für Braun und Schwarz, Titanoxyd für Gelb, Uranoxyd für Schwarz, Nickeloxyd für Oliven, Gold für Rosa, Platin und Iridium für Grau und Schwarz. Bei einigen dieser Metalle, wie Eisen und Mangan, ist nur ein einziges Oxyd in Scharffeuer Arten der Scharffeuerfarben;

Werth.

möglich; seltener Kupferoxyde für Roth. — Die Farbenverzierungen für Scharffeuer können auf verschiedene Weise ausgeführt werden: Färben der Masse, Färben der Glasur, endlich und am gewöhnlichsten Malen auf dem Scherben und Malen auf der Glasur. In keinem dieser Fälle tritt die Farbe bei dieser Gattung von Verzierungen über die Oberfläche der Glasur hervor, die Waaren haben dieselbe gleichmässige Oberfläche und denselben Spiegel und Glanz wie weisse Waare. Zu diesem Vortheil in der bessern Wirkung der Farbe tritt noch hinzu, dass Scharffeuerfarben für weitere Verzierungen auf der Glasur, namentlich für Vergoldung, völlig zugänglich bleiben. In diesen beiden Punkten liegt der Hauptunterschied und Werth der Scharffeuer- gegen die Muffelfarben. Wegen der geringen Auswahl und der Schwierigkeit des Auftragens, worin sich die Scharffeuerfarben wieder zu ihrem Nachtheil unterscheiden, dienen sie nicht sowohl zu ausgeführter Malerei, als vielmehr zu farbigem Grund von Darstellungen, oder abgesehen von Malerei, als blosse Färbung des Porzellans.

Färben in der Masse.

Das Färben der Masse, bei Porzellan wenig im Gebrauch, ist unter den oben aufgeführten Farben nur mit Kobaltoxyd, Chromoxyd, Eisenoxyd, Manganoxyd und Titanoxyd ausführbar und mit Goldpurpur. Die Farbenkörper werden mit der Masse gemahlen; feinste Zertheilung und innigste Mischung ist nothwendig, wenn nicht Flecke entstehen sollen. Die Farbenkörper machen die Masse in der Regel leichtflüssiger und können deshalb nur im Verhältniss von wenigen Procenten zugesetzt werden und auch dieses bei dunkleren Tönen nur unter der Voraussetzung einer etwas strengern Mischung der Masse. Je stärker die Masse versetzt ist, je aufgeschlossener und glasartiger, um so schöner entwickelt sich die Farbe. —

Farben auf dem Scherben.

Der mehr oder weniger bedenkliche Einfluss der Farbe auf die Feuerbeständigkeit der Masse fällt weg, wenn die Farbe auf den Scherben aufgesetzt und dann wie gewöhnlich glasirt wird. Man kann auf diese Weise bis zu den tiefsten Tönen, ohne alles Bedenken zu grosser Leichtflüssigkeit der Masse vorgehen, nicht aber ohne anderen Schwierigkeiten zu begegnen, in erster Linie in der Gleichförmigkeit des Tones. Eine auch von der geübtesten Hand mit dem Pinsel bemalte grössere Porzellanfläche erscheint bei gewissen Farben und Tönen (tieferes Kobaltblau z. B.) nach dem Brennen, wie der erste Versuch der Kinder in Wasserfarben, fleckig, jeder Pinselstrich hervortretend. Es sind also besondere Kunstgriffe nöthig. Man trägt die Farbe gewöhnlich auf die verglühte Waare auf, da aber die starke Saugkraft derselben auch jede entfernt gleiche Vertheilung abweist, so muss man sie erst mit einem Mittel tränken, welches ebenso wirkt wie beim Schreibpapier das Leimen. Gummilösung, Milch, auch harziges Terpentinöl sind die gewöhnlichen. Auf eine so getränkte Fläche lassen sich nach dem Trocknen ohne Schwierigkeit farbige Gründe und Malerei ausführen. Farbengründe, namentlich wenn sie einige Flächenausdehnung haben, müssen nach dem Trocknen noch a

geglichen werden. Zu dieser Arbeit dient ein gröberer Pinsel, dessen Haar nicht in einer Spitze, sondern nach Art der Bürsten in eine Fläche ausgehen; beim Uebergehen des Grundes mit dieser weichen Bürste nach den Regeln der Kunst, schleifen sich die zu dicken Lagen in die schwächeren über bis zur Ausgleichung. Oft genügt blosses Tränken der verglühten Fläche mit Wasser, statt Gummilösung etc. Bei Anwendung von Wasser genügt das blosse Trocknen; im andern Falle, bei Gummi, Milch etc., muss der Trockenrückstand vorher durch Ausglühen unter der Muffel zerstört werden, ehe man die Glasur auftragen kann. — Es giebt einzelne Farben und tiefe Töne, die sehr starke Farbenlagen erfordern, und sich deshalb nicht zum Auftragen mit dem Pinsel eignen. Für diese schlägt man einen ganz verschiedenen Weg ein. Die betreffende Fläche wird mit Leinölfirniss überzogen und im klebrigen Zustand mit staubfeiner Farbe übersiebt. Nach dem Abblasen des lose anhängenden Theils zerstört man den Firniss und setzt dann die Glasur auf. — Zuweilen hat man die Farbe durch Anspritzen des nass abgeriebenen Farbenkörpers mit einer steifen Bürste, bei einer gewissen Regelmässigkeit der Behandlung, mit sehr leidlichem Erfolg aufgetragen. — Ein wenig geübtes aber leichtes und in vielen Fällen gut zu verwerthendes Mittel ist die Tränkung des verglühten Porzellans mit wässerigen Lösungen der färbenden Körper, z. B. Kobaltlösung. Die zugleich grosse und zugleich ungemein gleichmässige Porosität des verglühten Porzellans gestattet selbst dem Ungeübten eine Gleichförmigkeit des Tons, der selbst dem Maler von Fach mit dem Pinsel unmöglich ist; ferner gewährt die Abstufung in der Concentration der Lösung und in der Zeit des Eintauchens eine sonst unerreichbare Sicherheit in der Hervorbringung bestimmter Töne.

Farben in der Glasur.

Obenhin betrachtet möchte man es für das einfachste und leichteste halten, als Malgrund oder sonst wie dienende Scharffeuerfarben mit der Glasur, also die Farbe als gefärbte Glasur aufzutragen. Die Erfahrung hat diese Erwartung nicht in dem Grade bestätigt.

Die Forderung, den richtigen Schmelzpunkt durch Einmischung des Farbenkörpers nicht zu verrücken, während die farbige Glasur doch im Scharfbrand genau mit der gemeinen Glasur ausgehen muss; die Forderung, den Farbenkörper gleichmässig in der Glasur vertheilt zu erhalten; die Forderung endlich, genau die Dicke der Glasurschicht zu treffen, von welcher der Ton der Farbe doch abhängt, und die allseitige Gleichförmigkeit der Glasurschicht, — diese Forderungen allein sind schon grosse, niemals völlig zu überwindende Schwierigkeiten. Ueberdies zieht sich die schon von vornherein nie gleich dick liegende Glasur im Feuer bald da mehr ab, bald dort mehr hin; es entstehen ungleiche Töne. Dieser Weg ist daher ebenfalls von sparsamer Anwendung. Nach Wächter lässt sich (durch Versatz der Glasur mit zweifach chromsaurem Kali Bleizucker und Eisenoxyd und Ausfällen mit Ammoniak) eine Glasur mit Chromaventurin (II. Bd. 1. Abth. S. 205) hervorbringen.

Reserven. Die Natur der Farbenverzierung bringt es in der Regel mit sich, dass nur gewisse Theile der Oberfläche mit Farbe angelegt werden sollen. Wenn daher die Farben durch Lösung oder als Glasur aufgetragen werden, so sind die Theile zu schützen, welche von Farbe frei bleiben sollen. Die verschiedenen Hülfsmittel zu diesem Zweck (Reserven) sind entweder dazu bestimmt, die Aufnahme der Farbe an den betreffenden Stellen zu hindern, oder sie lassen die Aufnahme zu, hindern aber die Farbe, an dieser Stelle festzuhaften. Die Mittel der ersten Art sind folgende: Soll ein Gegenstand nur aussen, aber nicht innen mit Farbe überzogen werden, so taucht man ihn nur bis zum Rande in die Lösungen, wenn solche zur Anwendung kommen. Sind es Glasuren, so setzt man erst die weisse Glasur auf, wie gewöhnlich, bürstet diese nach dem Trocknen aussen ab und glasirt die Aussenfläche farbig nach. Liegen die farbigen und die zu schützenden Stellen beide innerhalb desselben Oberflächentheils, so bedient man sich besser des Fettes oder Firnisses, womit man die von Farbe frei bleibenden Stellen überzieht. Talg ist den Oelen vorzuziehen, weil er, sofort gestehend, nicht über die Umrisse ausläuft. Nach dem Eintauchen in die farbige Lösung (oder Glasur) und Trocknen wird das Stück unter der Muffel ausgeglüht bei einem Hitzgrade, der das Fett zerstört und die Farbe hinreichend befestigt, so dass sich dann die farblose Glasur aufsetzen lässt wie gewöhnlich. Zuweilen, wie beim Anspritzen der Farben, sind auch Schablonen anwendbar, welche nur die mit Farbe zu bedeckenden Theile frei lassen. Auch hilft man sich oft, wenn es sich nur um kleine Flächentheile handelt, mit Abschaben der bereits aufgesetzten Farbe. Aehnlich ist die Behandlung, wonach man zuerst glasirt wie gewöhnlich, dann die Farbe an die betreffenden Stellen aufspritzt, aber nur im beiläufigen Umriss, und zuletzt die weiss bleibenden Stellen durch Abschaben von Glasur und Farbe befreit. Schliesslich glasirt man das Ganze nochmals mit weisser Glasur.

Dieser letztere Weg bildet den Uebergang zu den Mitteln der zweiten Art. Dahin gehört das Ueberziehen der zu schützenden oder auszusparenden Stellen mit einem Grunde aus Kreide mit Gummilösung. Ist dieser Grund getrocknet, so trägt man den Farbengrund mit Terpentinöl zerrieben gleichmässig über die ganze Fläche auf und brennt nach dem Trocknen unter der Muffel auf einen gewissen Hitzgrad. Die Farbe haftet dann auf dem nackten Scherben, nicht aber auf dem Kreidegrund, dessen Gummi durch Verbrennen zerstört ist. Die Farbe lässt sich von diesem Theil leicht mit der Kreide wegbürsten. — Umgekehrt pflegt man auch die Fläche zuerst mit dem Farbengrund zu überziehen und obenauf den Kreidegrund mit Gummi auf die Stellen aufzutragen, die wieder weiss werden sollen. Wird das so vorbereitete Stück in der Wärme scharf getrocknet, so haftet die Farbe fest am Scherben, wo sie frei liegt, unter dem Kreidegrund aber mehr an dem Gummi desselben. Dort zieht sie sich vom Scherben los und kann leicht mit der Bürste entfernt werden.

Es bleibt noch das Auftragen der Farbe auf die Glasur, d. i. auf die Oberfläche des fertigen und gargebrannten Stücks, als Art die Scharffeuerfarben zu behandeln. Sie hat von vornherein den schwer wiegenden Einwand gegen sich, dass die Farbe nicht gelegentlich des Gahrbrands, sondern in einem zweiten Brande eingeschmolzen wird, also mit doppelten Brennkosten und doppelter Gefährdung. Beim zweiten Brande geht die Farbe von der Oberfläche in die Glasur, die wieder zum Fluss kommt, und hat dann die gewöhnliche Wirkung der Scharffeuerfarben. Die gewöhnliche Art solche Farbe aufzutragen, ist die, dass man die Farbe nicht auf einmal in der erforderlichen Stärke auflegt, sondern in zwei-, drei- bis fünf aufeinander folgenden schwächeren Schichten; ehe man die folgende legt, lässt man die vorhergehende trocknen und vertreibt sie mit dem Bürstpinsel, um die Züge des Malerpinsels zu verwischen. Auf diesem mühsamen Wege erhält man besonders gleichförmige Töne und ist im Stande, die gewünschte Tiefe mit viel Sicherheit zu erreichen und festzuhalten. Erst nachdem alle Farbe aufgetragen, erfolgt der Brand. Farben auf der Glasur.

Die Vorzüge der Scharffeuerfarben sind, wie man sieht, nur die Frucht von schwierigen, zeitraubenden und kostspieligen Operationen. Auch im Brande haben sie ihre eigenthümlichen Gefahren, so namentlich tiefe Töne in Kobaltblau, die sehr leicht, wo sie einigermassen zu dick liegen, lebrige, schmutzig-braune Flecken bilden. Daher die eingeschränkte Anwendung; viele Fabriken befassen sich gar nicht damit, andere in besonderen selteneren Fällen; häufiger diejenigen, die für gewisse Artikel eine besondere Kunstfertigkeit erlangt haben, wie die Meissener Fabrik in dem schönen Tiefblau und Chromgrün unter Glasur. In Leichtigkeit der Ausführung und Billigkeit stehen die in ihrer Wirkung zwar schönen Scharffeuerfarben immer gegen die gewöhnliche Verzierung mit Muffelfarben weit zurück. Schwierigkeiten.

Muffelfarben.

Die Muffelfarben sind glasartige Gemische, welche stets auf die Glasur der fertigen Waare aufgebrannt werden, aber bei einem sehr niedern Hitzgrade, bei dem die Glasur noch nicht erweicht. Sie befestigen sich einfach, indem sie im Schmelzen an die Oberfläche der Glasur kleben, aber meist gar nicht, oder doch nur sehr oberflächlich, in diese eindringen. Indem die Glasur an dem Fluss der Farben nicht Theil nimmt, müssen diese alles in sich enthalten, was zum glasigen Fluss erforderlich, denn nur durch den Fluss werden die Farben entwickelt und zur Wirkung gebracht. Ebenso wie die fertigen eingebrannten Farben nur gefärbte Glasflüsse sind, ebenso sind auch die Farben in der Hand des Malers eigentlich nur Sätze zu Glas und zwar zu äusserst leichtflüssigem Glase. Insofern bestehen sie aus zwei Hauptgemengtheilen, aus dem sogenannten „*Fluss*“ und dem Farbenkörper; der Fluss giebt beim Ein- Natur.

brennen das leichtflüssige Glas, der Zusatz die Farbe. Beim Schmelzen entsteht entweder ein wirkliches Glas, durchsichtig und gefärbt, dessen Wirkung auf durchfallendes Licht von der weissen Porzellanfläche zurückstrahlend, oder es entsteht ein undurchsichtiger Email, dessen Wirkung auf unmittelbar zurückgeworfenes Licht berechnet ist; oder endlich es entsteht ein an sich zwar durchsichtiges, aber wegen der Tiefe des Tons als Email wirkendes Glas. Von der ersten Art sind z. B. Kobaltoxydfarben; von der zweiten Art Eisenoxydfarben, Bleigläser, in denen Eisenoxyd suspendirt ist, ferner Uran-Iridiumfarben, auch weisser Email mit Zinn; von der dritten Art das Schwarz von Eisen und Chrom.

Bedingungen.

Die Muffelfarben müssen bei einer Temperatur schmelzbar sein, bei der sich ihre Bestandtheile nicht verflüchtigen, oder sonst verändern; sie müssen im Schmelzen fest und gleichmässig am Porzellan, also an der Glasur anhaften; sie müssen nach dem Brennen durchaus glasig, glänzend, nicht matt erscheinen, wo dies nicht ausdrücklich beabsichtigt ist; sie müssen in ihren physikalischen Eigenschaften, insbesondere ihrem Verhalten zur Wärme, nicht so weit von der Glasur verschieden sein, dass sie Haarrisse ziehen, sich abblättern u. s. w.; sie sollen endlich den verwitternden Einflüssen der Luft und Feuchtigkeit widerstehen. Diese Bedingungen werden nicht alle so vollkommen erreicht als wünschenswerth. Während die Scharffeuerfarben die Glätte und den Glanz der Glasur völlig ungestört lassen, bilden die Muffelfarben wenn auch seichte, aber doch fühlbare und ungleiche Erhabenheiten, die den Spiegel der Glasur um so mehr stören, als ihr Glanz wesentlich gegen den der Glasur absticht. Die Muffelfarben stehen gegen den Einfluss der Luft auf jede Dauer, ohne mit der Zeit, wie Oelfarben, in störender Weise aufzudunkeln oder sich merklich zu ändern *). Stärkere chemische Agentien, Mineralsäuren namentlich, greifen sie sofort an, Salpetersäure beizt die meisten Farben blank von der Glasur weg, denn sie können der erforderlichen Leichtflüssigkeit halber nur sehr basische Bleigläser sein. Aus dem gleichen Grunde sind sie sehr weich und schleifen sich leicht durch Reibung ab, so bei Gegenständen des täglichen Gebrauchs. Höhere Hitzgrade zerstören die Porzellanmalerei mit Muffelfarben gänzlich. Bemalte Stücke ins Scharffeuer eingesetzt, behalten einige Flecken von den feuerbeständigen Farben, wie Kobalt- und Chromoxydfarben u. s. w., der Rest verflüchtigt sich sammt dem Fluss bis auf die nackte Glasur.

Bestandtheile, färbende.

Die Muffelfarben, sowie sie aufgetragen werden, bestehen aus drei Dingen: dem färbenden Bestandtheil, dem Fluss und dem Vehikel, d. h.

---

*) Wenn man bedenkt, dass gefärbte Gläser (mit Mangan, mit Gold namentlich) am blossen Lichte nachweisbar ihren Ton ändern, so kann man dem Stehen der Porzellanmalerei unter dem Einflusse des Lichts doch nicht so unbedingt trauen.

der Flüssigkeit zum Anmachen. Als färbende Verbindungen werden gebraucht die Oxyde von:

Chrom,	Mangan,	Kupfer,
Eisen,	Kobalt,	Iridium,
Uran,	Antimon,	Platin.

Dazu kommen als nicht eigentlich färbende Verbindungen das Zink- und das Zinnoxyd. Das Zinkoxyd hat eine eigenthümliche Wirkung auf die färbenden Metalloxyde, deren Ton und Schattirung es im feurigen Fluss in auffallender Weise bestimmt und entwickelt. Es verhält sich einigermassen ähnlich wie das Hydratwasser in dieser Beziehung, denn wie bekannt sind die Oxydhydrate meist anders und lebhafter gefärbt als die wasserfreien Oxyde. Das Zinnoxyd dient, in seiner Eigenschaft einen weissen Email zu bilden, als Weiss oder Emailgrundlage.

Ferner dienen als färbende Verbindungen verschiedene Metallpräparate nemlich:

Chromsaures	Eisen,	Silberchlorür,
„	Baryt,	Cassius'scher Goldpurpur,
„	Blei,	

endlich einige natürlich vorkommende Mineralsubstanzen:

die Ocker,	thonhaltige	Eisenoxydhydrate,
Umbra,	„	Eisenoxyde mit Manganoxyd,
Terra da Siena	„	„ „ „

Die Flüsse sind der erforderlichen Leichtschmelzbarkeit wegen Gläser aus Bleioxyd mit Kieselerde oder Kieselerde und Borsäure, zuweilen mit, zuweilen ohne Natron. Indem die Gemische einen Zusatz von färbendem Metalloxyd erhalten, wird dieses je nach seiner Natur und der Menge, in der es vorhanden, mehr oder weniger in das glasige Silicat mit eingehen und den Schmelzpunkt desselben verrücken. Mit anderen Worten, ein und derselbe Fluss wird mit den verschiedenen färbenden Metalloxyden Muffelfarben von sehr verschiedenem Schmelzpunkt liefern, die schlecht oder gar nicht zusammengehen. Wenn man insofern mit einem einzigen Fluss nicht auskommt, würde es aber auf der andern Seite doch zu weit führen, für jede der sehr zahlreichen Muffelfarben einen besondern Fluss zu halten. Man reicht in der Ausübung in der That mit etwa einem halben Dutzend verschiedener Flüsse aus, die man aus folgenden Stoffen zusammensetzt: Fluss.

Bleiglätte,	Borax oder Borsäure,	Basisch salpeters. Wismuthoxyd,
Mennige,	Quarz (Sand).	

Möglichste Reinheit ist natürlich unerlässlich, um einen farblosen Fluss zu erhalten. Man schmilzt das Gemisch in einem Schmelztiegel,

bis es zu einem gleichmässigen Glase geflossen ist und giesst dieses auf eine reine Metallplatte aus. Obwohl ein lange fortgesetztes Schmelzen durch Verflüchtigung von Bleioxyd der Leichtflüssigkeit schadet, so pflegt man doch sehr gewöhnlich die Tiegel in das Verglühfeuer des Porzellanbrandes einzusetzen, dessen Temperatur zum Schmelzen vollkommen ausreicht. Es ist vorgekommen, dass die Bleigläser des Flusses im Verglühfeuer, durch Uebergang in denjenigen Zustand, der dem Hämatinon der mit Kupfer roth gefärbten Gläser entspricht, dunkel schwarzgrau ausfallen (Elsner). Sie müssen dann umgeschmolzen werden. Der fertige Fluss ist für die Anwendung fein zu reiben. Um dieses zu erleichtern, giesst man ihn auch glühend in Wasser aus. Boraxhaltige Flüsse können dabei Borate an das Wasser abgeben.

Wächter in seinen aus bester Erfahrung geschöpften Mittheilungen über die Bereitung der Muffelfarben, legt folgende neun verschiedene Flüsse zu Grunde:

	a	b	c	d	e	f	g	h	i	
Quarz *) . . .	1	1	1	1	2	1	2	3	2	Gewichtstheile.
Mennige . . .	2	4	8	1	4	2	5	12	6	
Borax **) . . .	—	—	—	1	1	1	1	1	1	

*) Statt dessen auch sehr reiner Sand. **) Calcinirt und zerrieben.

Die Farben aus Gold.

Auf 1 Atom Säure (Kiesel- und Borsäure) kommen weniger wie 1 Atom bis zu 3 Atom Base (Bleioxyd und Natron). Ein zehnter Fluss besteht aus 4 Theilen basisch salpetersaurem Wismuthoxyd und 1 Theil Borax. Diese Zahlenangaben sollen nur als Beispiele dienen, indem die Vorschriften fast von Ort zu Ort wechseln. Der Fluss (d) ist bei langsamem Erkalten ein weisser Email und dient als solcher und für sich zu Deckweiss. Die übrigen Flüsse sind zur Mischung mit Farbenkörpern, so (a) zu Schattirblau, (b) zu Luftblau und Blauviolett, (c) zu Hell- und Dunkelgelb, (e) zu Violett mit Gold, (f) zu Purpur mit Gold, Blaugrün und Deckblau, (h) zu Iridiumschwarz, (i) zu Dunkelgelb. — Das nachstehende gedrängte Verzeichniss weist nach, welche Zubereitung der färbenden Metalle und zu welchen Farben sie verwendet werden.

Antimon.

Das Gold, als Goldpurpur aus Chlorid niedergeschlagen, liefert äusserst schätzbare Farben: für sich Roth- und Blauviolett, mit Silber einen Purpur, Rosa- und Fleischfarbe. Die Farben ändern sich mit dem Verhältniss von Fluss. Es ist dabei wohl zu beachten, dass die goldgefärbten Gläser in stärkeren Schichten leberig ausfallen und nur in sehr dünnen Schichten mit ihrer wahren Farbe erscheinen. Diese dringt, der niedern Temperatur beim Einbrennen ungeachtet, bis in die Porzellanglasur vor.

Uran.

Antimon als antimonsaures Kali dem Flusse zugesetzt, in der Regel mit Zinkoxyd zur besseren Entwicklung der Farbe, liefert verschiedene

Schattirungen von Gelb, von Citron- bis tiefem Dunkelgelb. Durch zu langes Schmelzen der Farbe, namentlich mit Boraxfluss, schlagen sie leicht durch Zersetzung in schmutzig Grau um.

Uranoxyd, theils für sich, theils mit Chlorsilber, dann aber am besten mit Wismuthfluss gemischt, giebt Gelb und Orange. Uran- und

Chrom als Oxyd, am besten aus chromsaurem Quecksilberoxyd durch scharfes Glühen im Porzellanbrand dargestellt, giebt verschiedene Arten von Grün. Zu Blau- und Dunkelgrün setzt man Kobaltoxyd zu und zwar zum Quecksilbersalz; man erhält dann beim Glühen beide Oxyde mechanisch oder chemisch innig gebunden. Das Chromoxyd aus Quecksilbersalz ist ungleich leichter beim Malen zu behandeln als Chromoxyd anderer Bereitungsarten. Auch mit Antimonoxyd lässt sich das Chromoxyd zu mehr ins Gelbe gehenden Farben versetzen. Zur Hebung der Farbe dient Zinkoxyd. Chromoxyd.

Kobalt, als Oxyd möglichst chemisch rein, mit Zinkoxyd versetzt, in verschiedenen Verhältnissen mit Fluss, giebt das bekannte reiche Blau in seinen Abstufungen, Hell-, Luft-, Dunkelblau, Schattirblau. Die Verbindung mit Thonerde liefert das schöne Türkisblau, von opalartigem, milchigem Ansehen. Man dampft die schwefelsauren Salze von Kobalt und Zink mit Ammoniakalaun gelöst zur Trockne und glüht den Rückstand im Scharffeuer. Statt des Oxydes braucht man ebenso oft kohlensauren Kobalt. Auch die als gelbe Fällungen erhaltenen Verbindungen des Kobalts mit salpetriger Säure dürften für die Praxis mehr Beachtung verdienen als ihnen bis jetzt zu Theil geworden. Kobalt.

Iridium als reines Sesquioxyd verwendet, meist mit Zinkoxyd, giebt je nach dem Verhältniss, in welchem es mit Fluss versetzt wird, ein schönes Schwarz bis Grau. Iridium.

Eisen. Kein Metall giebt einen so grossen Umfang von Farben wie das Eisen als Oxyd in doppelter Richtung: im Gemisch mit anderen Oxyden (wovon weiter unten) und für sich. Die Farbe des Eisenoxyds, wie bekanntlich auch seine Löslichkeit in Säuren, ändert sich mit dem Hitzgrade bei dem es geglüht wird. Bei den niedrigsten Hitzgraden ist es hell von Farbe und in Säure löslich, mit steigender Temperatur dunkelt die Farbe, bis man zuletzt eisenschwarzes unlösliches Oxyd erhält. Diese Abstufungen sind in der Zertheilung mit Fluss viel augenfälliger. Auf diesem Verhalten beruht die Darstellung der ganzen Stufenleiter von Farben, vom Orange durch verschiedene Roth ins Braune und Violette aus dem nemlichen Eisenoxyd, aber es ist auch der Grund grosser Schwierigkeiten in der Darstellung. Wird das Glühen nicht mit der erforderlichen Umsicht ausgeführt, z. B. ohne weiteres im Schmelztiegel, so erhalten die verschiedenen Theile ungleiche Temperatur; an den heissesten Stellen (an der Wand) können sie bereits ins Blaue spielen, während sie in der Mitte unter geringerm Hitzgrade noch sehr ins Gelbe Eisenoxyd.

Eisenoxyd. gehen. Am sichersten glüht man das gefällte und getrocknete Oxyd unter der Muffel in flachen Schalen unter stetigem, fleissigem Umrühren, und in nicht zu grossen Mengen, bis die erwünschte Farbenstufe eingetreten. Die Producte verschiedener Zubereitung sind vor dem Gebrauch genau zu vergleichen und die nicht übereinstimmenden auszuschliessen. Man stellt so bis zu zwei Orange, fünf Roth und vier Violett dar *). Den hellen Farben, wie Orange, pflegt man Zinkoxyd zuzugeben. Auch versetzen mit Thonerde ist gebräuchlich, aber nicht nöthig, indem der Zusatz von Fluss schon hinreichend in demselben Sinn wirkt. Das Roth geht bis Carmin und Blutroth, dann durch Braun und Kastanienbraun ins Violette. Zu sogenanntem Chamois wird das Eisenoxyd vorher nicht geglüht, sondern nur als getrocknetes Hydrat dem Fluss zugesetzt; es geht dann höchst vertheilt und bei der sehr milden Glühtemperatur des Einbrennens in Oxyd und zwar der hellsten Stufe über.

Durch Versetzen mit anderen Metalloxyden giebt das Eisenoxyd noch mannichfache Mischfarben. So mit Manganoxyd Bister und Sepia; mit Kobaltoxyd ebenfalls braun, beim intensivsten Ton ein schönes und viel gebrauchtes Schwarz. Dasselbe gilt vom Zusatz des Chromoxyds zu Braun und Schwarz. Auch die drei Oxyde des Eisens, Chroms und Kobalts, zuweilen noch mit Kupferoxyd, werden zu Schwarz gebraucht.

Ocker. Die Ockerarten und Terra de Siena färben durch ihren Eisen- und Mangangehalt.

Chromsäure. Neben dem Chromoxyd ist auch die Chromsäure und zwar in ihren Verbindungen mit Bleioxyd eine wichtige Porzellanfarbe. Das neutrale Salz (CrO_3PbO) liefert ein schönes Gelbroth (Kapuzinerkresse). Das im Handel als Anstrichfarbe vorkommende Chromgelb, ein Gemenge von viel Gyps, Schwerspath u. s. w. mit neutralem chromsaurem Blei, enthält meist nur $^1/_4$ bis $^1/_5$ seines Gewichts an letzterem und in sehr schwankenden Verhältnissen; man stellt das chromsaure Blei daher eigens für Porzellanmalerei dar. — Seit einigen Jahren kommt ein Scharlachroth auf Porzellan vor, über dessen Herstellung zur Zeit nichts näheres bekannt ist. Es lässt sich leicht mit concentrirter Salpetersäure vom Porzellan wegbeizen. Die Glasur bleibt farblos, aber etwas matt, seicht angefressen zurück; die Lösung enthält Chromsäure und Bleioxyd, aber keine Kieselerde. Die Farbe scheint daher ohne Fluss für sich aufgebrannt und ist wahrscheinlich halbchromsaures Bleioxyd ($CrO_3 2PbO$).

Chromorange und Scharlachroth mit chromsaurem Blei gehören zu den schwierigsten leicht misslingenden Farben. Namentlich neigt das Scharlachroth sehr dazu, hässliche leberbraune Flecken oder doch einen Stich ins Leberbraune anzunehmen.

Farbemühlen. So wie der Porzellanmaler die Farben verwendet, sind sie nach den üblichen Vorschriften mit Fluss versetzt. Dies geschieht entweder durch Zusammenschmelzen oder durch blosses Mischen. In jedem Fall ist die

*) Zu Violett pflegt man häufig etwas Manganoxyd zuzusetzen.

auf feurigem oder auf kaltem Wege gewonnene Mischung in das feinste unfühlbarste und gleichmässigste Pulver zu verwandeln. Zu dem Ende zerkleinert man sie vorläufig in einem Mörser zu gröblichem Pulver, mahlt dieses in einer Handmühle fein, und bringt das Pulver schliesslich durch Reiben auf der Platte mit Läufer auf die höchste Feinheit. Eine zweckmässige Construction der Handmühlen ist die Fig. 187 und Fig. 188 von Porzellan. In einem starkwandigen Mörser *ef*, am Boden mit einer kegelförmigen Erhöhung nach Art der Weinflaschen, bewegt sich ein ebenfalls stark gearbeiteter hohler Körper *a h h* als Läufer mit einem Holzdeckel *c* versehen, woran der Drehgriff *d* sitzt. An zwei gegenüberstehenden Seiten sind am Fuss des drehbaren Theils zwei Ausschnitte, *bb*, angebracht, durch welche die Farbe unter die Mahlflächen gelangt; letztere

Fig. 187.

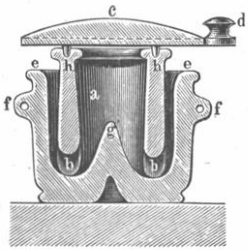


Fig. 188.

müssen zum Behuf des bessern Angriffs unglasirt bleiben. — Als Platte zum Fertigreiben dient eine Spiegelscheibe mit Porzellanläufer und Hornspatel. — Sowohl in der Mühle als auch auf der Platte zerreibt man die Farbe nass. Für blosse Farbenverzierungen genügt die Mühle allein, für eigentliche Malerei ist die Platte unerlässlich. Wo man die Farben in besonderen Fabriken herstellt, bedient man sich natürlich grösserer Mühlen mit Steinen und durch Elementarkraft getrieben.

Zum Auftragen der Farben ist ein flüssiges Zwischenmittel nothwendig, auf dessen Beschaffenheit vieles ankommt. Es muss sich gut mit den Farben mischen, eine gleichförmige und gute Verbreitung auf der zu bemalenden Fläche mit dem Pinsel zulassen, mit den Farben hinreichend fest an der Glasurfläche haften und zwar so, dass es die Nacharbeiten und Nachbesserungen nicht hindert, es darf endlich nicht chemisch verändernd auf die Farben einwirken und muss sich beim Einbrennen ohne Rückstand verflüchtigen. Vehikel.

Wasser mit etwas arabischem Gummi (auch wohl Zucker) angedickt giebt gut aus dem Pinsel fliessende Farben, aber sie vertragen sich nicht mit Boraxfluss und lassen sich schlecht nachbessern. Immerhin ist dieses Mittel trefflich für Farbenränder, Linien, Streifen und derartige Verzierungen. Für die Darstellungen, für welche die Nacharbeiten unerlässlich und wesentlich sind, also für Malerei im engern Sinne, nimmt man Terpentinöl. Das käufliche Terpentinöl enthält stets harzige Theile, auch das

frisch gereinigte bildet durch Berührung mit der Luft Harz. Beim Verdunsten an der Luft bleibt das Harz als ein klebender Rückstand, der die Farben haften macht, aber unter Umständen, wenn er zuviel wird, schaden kann durch Reduction des Bleioxyds im Flusse. Man hält sich daher gewöhnlich reines rectificirtes Terpentinöl neben absichtlich an der Luft verdicktem und setzt von letzterem sparsam zu dem erstern, so viel als eben nöthig. Neben dem Terpentinöl ist noch das Spiköl (Lavendelöl) in der Porzellanmalerei. Es ist weniger flüchtig und trocknet weniger rasch, wovon man in einigen Fällen Nutzen zieht. — Wie sich von selbst versteht, müssen die Farben mit dem Gummiwasser oder den Oelen sorgfältig angerieben werden.

Mischfarben.

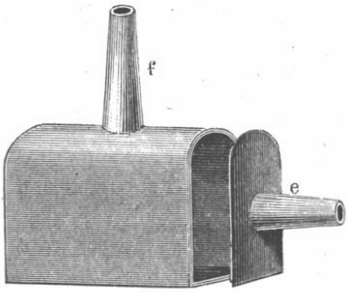
Ausser den oben angeführten Farben hat man auch allerlei Zwischenfarben. Solche sind durch Mischen zu erhalten, aber manche Farben sind durchaus nicht mit anderen mischbar, insofern dann unliebsame Umsetzungen entstehen. Zu den nicht mischbaren Farben gehört z. B. Chromorange und Chromroth. Ein anderer Weg, Zwischenfarben zu erhalten, besteht im Uebermalen, in der Uebereinanderlegung zweier Farben, die sich dann optisch im Auge mischen. Die oben liegende Farbe darf alsdann nicht undurchsichtig und muss leichtflüssiger sein als die darunterliegende. — Ueberhaupt ist genaue Kenntniss vom Verhalten der Farben an sich und gegen einander, also grosse Erfahrung namentlich in rein künstlerischer Darstellung, eine Voraussetzung des Erfolgs. Ganz besonders kommt hier der Umstand in Geltung, dass die Farben beim Auftragen noch nicht die Wirkung auf das Auge hervorbringen, wie nach dem Einbrennen, dass also der Künstler hinsichtlich der Beurtheilung seines Thuns während der Arbeit sehr ungünstig gestellt ist. Aus diesem Grunde ist darauf zu sehen, dass die Farben ihre Art und ihren Ton möglichst wenig beim Einbrennen ändern und sind in der Beziehung die auf feurigem Wege hergestellten Farbenkörper den auf nassem Wege bereiteten immer vorzuziehen. In manchen Fällen ist dieses auch nicht einmal annäherungsweise zu erreichen und man nimmt dann zu sogenannten „*Blendfarben*“ seine Zuflucht, d. h. man mischt eine entsprechende vegetabilische Farbe bei, die nachher im Feuer verschwindet; so namentlich bei den Farben aus Gold und Silber das Safflorroth. — Die Nothwendigkeit, Farben von verschiedenen Graden der Schmelzbarkeit anzuwenden, wie sie bei einigermassen zusammengesetzter Darstellung, also eigentlichen Porzellangemälden oft genug vorliegt, zwingt den Künstler seine Arbeit mehrmals durch das Muffelfeuer gehen zu lassen, so zwar, dass die leichtflüssigen Farben zuletzt und bei niedrigerer Temperatur, die strengen zuerst und bei höherer eingebrannt werden. — Eine andere Klippe droht dem Maler in der Neigung mancher Farben, nicht „rein durchzugehen“, d. h. in dicken Lagen wesentlich abweichende Wirkungen zu geben, wie in dünnen Lagen; das Lebrigwerden von Purpur mit Gold, auch des chromsauren Bleies sind bereits oben erwähnte Beispiele.

Blendfarben.

Für den Künstler höhern Styls ist die Uebung der freien Hand das einzige Hülfsmittel der Pinselführung; nicht so für den Darsteller blosser Verzierungen in Farben, der sich gewisser mechanischer Hülfsmittel bedient, um so mehr, als es bei ihm mindestens eben so viel auf den Umfang als auf die Sauberkeit der Leistung ankommt. Hierher gehört zunächst zur Ausführung von Farbenrändern, Linieneinfassungen (*filets*) u. s. f. die Rändelscheibe, eine auf schwerem Fuss in einer senkrechten Axe leicht drehbare, wagrechte Scheibe von Eisen. Sie ist mit concentrischen, eingeschnittenen Kreisen von wachsendem Durchmesser überzogen, die zum leichten und raschen Centriren der zu verzierenden Stücke dienen, so dass sie hinreichend rund laufen. Indem der Künstler auf das centrirte Stück — namentlich Teller und Untertassen werden so verziert — den Pinsel aufsetzt und mit der andern Hand die Scheibe langsam umtreibt, gewährt die Vorrichtung eine rasche und sichere Ausführung, bei der ein leichtes Ab- und Zugeben der den Pinsel führenden Hand genügt. Die Farben legen sich sogar in dem raschen ungebrochenen Zug gleicher, als von freier Hand. Rändelscheibe.

Selbstverständlich vertragen die in Rede stehenden Farben, wenigstens die überwiegende Mehrzahl, nicht die unmittelbare Berührung mit der Flamme, wegen ihrer wechselnden Temperatur sowohl, als Reaction; andererseits stehen diese Farben ihrer Natur nach nicht bei hohen Hitzgraden, sondern verlangen nur mittlere Rothglut. Aus diesen Gründen geschieht das Einbrennen nur unter mittelbarer Wirkung des Feuers in der Art, dass man die bemalten und mit Farben verzierten Waaren in einen ringsum gegen das Feuer geschlossenen Kasten einsetzt und diesen zur Rothglut erhitzt. Diese Kasten, die sogenannten „*Muffeln*“, sind von feuerfestem Thon mit Chamottevorsatz in hölzernen Formen hergestellt, viereckig, von oben mit schwach gewölbter Decke, vier Wände sammt Decke und Boden aus einem Stück von der Form Fig. 189. Die fünfte bewegliche Seitenwand dient als Thür, mittelst eines Falzes im Umfang der Muffel eingepasst; man verstreicht die Fugen mit Thon während des Brandes. In der Mitte der Thür ist ein Rohr *e* angesetzt, welches als Schauloch dient; ein zweites Rohr *f* im Gewölbe dient zur Abführung der Dämpfe (des Terpentinöls etc). Die Muffel ist in einem Ofen so eingemauert, dass sie auf einigen Bogensteinen ruhend, ringsum gegen Wände und Gewölbe des Ofens einen freien Abstand von 5 bis 10 Centimeter hält, zum allseitigen ungehinderten Spiel der Flammen. Die Schüre ist am dienlichsten ein Pultfeuer, und da der Aufwand an Brennstoff nicht erheblich und wenig in Betracht kommt, mit feingespaltenem Die Muffel.

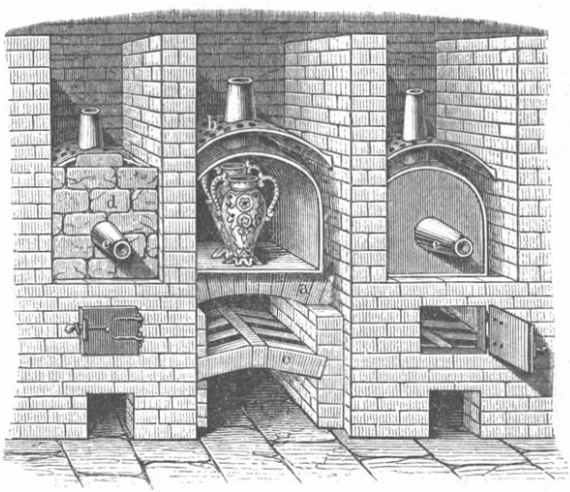
Fig. 189.



Die Muffel; Holz geschürt, also ähnlich wie beim Scharffeuer im Grossen. Die Flamme geht in der Schüre abwärts, verbreitet sich zuerst unter dem Boden der Muffel, erhebt sich dann in den Zwischenräumen zwischen den Wänden aufwärts und sammelt sich endlich über der Decke der Muffel, von wo sie durch einen Fuchs im Ofengewölbe abzieht. Man legt zweckmässig die Schüre zur Seite der Muffel, oder auf deren Rückseite, nicht wie man öfter findet, auf dieselbe Seite mit der Thür der Muffel, wodurch der Brenner unnöthig durch die Hitze belästigt wird. — Holz ist vorzuziehen, doch feuert man auch wohl mit Steinkohlen auf dem Planroste. Mitunter heizt man auch die Muffeln durch Umschütten mit Holzkohle. In grösseren Anstalten hat man mehrere Muffeln, bis zu sechs in einem Ofen neben einander (Fig. 190).

Einsatz; Um das Feuer auszunutzen stapelt man die Waaren möchlichst dicht über einander, so dass sie den Innenraum thunlichst ausfüllen. Damit sich jedoch die bemalten Flächen nicht berühren und die Hitze gleichmässiger den Einsatz durchdringt, trennt man die Waare unter einander durch Zwischenstücke von gebranntem Thon, oder Biscuit, in regelmässigem Aufbau. Insofern die Farben einerseits ihr volles Feuer und vollkommenen Fluss haben müssen, aber über diesen hinaus namentlich

Fig. 190.



durch zu langes Brennen wieder leiden, ist die Beurtheilung vom Gang des Brennens sehr wichtig. Zu ihrer Unterstützung setzt man daher in den weitern Theil des Sehrohrs *e*, Fig. 189, sogenannte „*Wächter*“ mit ein. Es sind dies Porzellanscherben mit einem Fleck jeder im Feuer befindlichen Farbe; zugleich giebt man einen Scherben mit einer Farbe bei (Carmin gewöhnlich), deren allmähliche Entwicklung am besten als Thermoskop

Brennen. dient. — Sowohl zur Schonung der Muffeln, die sehr zum Reissen ge-

neigt sind, als auch zur Schonung des Einsatzes, ist es Regel, langsam anzufeuern und langsam ausgehen zu lassen. Die zum Einbrennen und zur Entwicklung der Farben geeignete Temperatur geht von etwa 600° C. bis zum Schmelzpunkt des Silbers, ungefähr 1000° C. Der Brand dauert je nach der Grösse der Muffeln 2 bis 4 Stunden. Nachdem die Muffel bei geschlossener Feuerung erkaltet, schreitet man zum Ausnehmen. Zwei Erfahrungssätze sind wohl zu beachten. Zunächst, dass die Farben in einer neuen Muffel nicht gut ausfallen; man brennt deswegen zuerst immer einige Einsätze von unbemaltem nur vergoldetem Porzellan, weil letzteres unempfindlich. Ferner das „*Nachbrennen*" der Muffel; d. h. die Erscheinung, dass die Temperatur mit dem Ausgehen des Feuers nicht sogleich sinkt, sondern noch kurze Zeit nach dem Ausgehen des Feuers steigt. Diese in ihrer Wirkung sehr fühlbare Steigerung ist natürlich beim Ausbrennen in Rechnung zu nehmen.

Um den Zeitverlust zu vermeiden, der mit dem Anheizen und Abkühlen der Muffeln verbunden ist, hat man angefangen in ununterbrochenem Betriebe zu brennen, in der Art, dass in eine fortwährend geheizte Muffel die Waare nach einander eingebracht und nach dem Fluss ausgebracht werde, worauf man sie in einem Nebenraum verkühlen lässt. Dieser Betrieb ist nur für gewöhnliche Verzierungen mit Farben zulässig, nicht für feinere Arbeiten.

Vergoldung und Metallüberzüge.

Keine Verzierung des Porzellans kann sich in ihrer Wirkung mit der Vergoldung messen. Wenn schon bei Verzierungen andrer Art Weiss und Gold sich gegenseitig hebend zusammenstimmen, so ist dies beim Porzellan, gegenüber der weissen Farbe und dem Glanz, in erhöhtem Grade der Fall. Die Vergoldung übertrifft daher in Umfang ihrer Anwendung alle übrigen Verzierungen und umfasst, von den billigsten Spielereien der untersten Stufe der Fabrikation durch das weite Bereich der Gebrauchsgegenstände alles, bis auf die höchsten Kunstleistungen. Die äusserst ansprechende Wirkung für das Auge vereinigt sich mit leichter und sicherer Ausführung, während die ungemeine Theilbarkeit und kaum glaubliche Deckkraft des Goldes um vieles die einzig ungünstige Seite, nemlich die Kostspieligkeit des Metalles, abmildert. Immerhin ist diese letztere der Punkt, um den sich die Verbesserungen drehen.

Arten der Vergoldung.

Durch seine Flüchtigkeit und seine Auflöslichkeit in glasartigen Flüssen schliesst das Gold die Anwendung hoher Temperaturen, insbesondere das Scharffeuer aus. Alle Vergoldungen werden auf dem gargebrannten Porzellan, also auf der Oberfläche der Glasur durch Brennen unter der Muffel angebracht. Dabei sind aber verschiedene, den verschiedenen Zwecken der Praxis entsprechende Arten der Vergoldung im Gebrauch, die sich wesentlich in der Zubereitung des Goldes unterschei-

den. Das Gold wird entweder als niedergeschlagenes Metall oder als Goldverbindung in Lösung verwendet. Das niedergeschlagene Gold erscheint nach dem Einbrennen matt und erhält erst in besonderer Arbeit durch Polirwerkzeuge seinen Glanz; dafür bietet es aber die Möglichkeit, den trefflich wirkenden Gegensatz von mattem und spiegelndem Gold beliebig auszubeuten. Die zum Vergolden dienenden Lösungen sind ohne Ausnahme der Art, dass sich das Gold darin unter dem Einfluss eines schon mässigen Hitzgrades reducirt und sogleich als spiegelnder glänzender Ueberzug zurückbleibt, daher die allgemeine Bezeichnung von „*Glanzgold*“ für solche Lösungen. Die Vergoldung mit niedergeschlagenem Gold ist viel dicker, darum auch viel haltbarer, aber auch ungleich kostspieliger als das Glanzgold bei seiner überaus grossen Dünne, welches sich meist schon mit einem Tuch abreiben lässt. Keine, auch die dauerhafteste, Vergoldung hat die Haltbarkeit der Farbenverzierungen; namentlich bei Gebrauchsgegenständen, die öfter gereinigt und getrocknet werden, ist die Abnutzung nur zu rasch sichtbar. Wenn die Vergoldung mit niedergeschlagenem Gold ohne Vergleich haltbarer ist als die Glanzvergoldung, so hat dies seinen Grund darin, dass sie nicht nur dickere Lagen, sondern auch mittelst eines Flusses auf der Glasur befestigt ist, während die unsäglich dünnen Schichten der Glanzvergoldung lediglich mittelst der Adhäsion des reducirten Metalls haften.

Gefälltes Gold.

Was das niedergeschlagene Gold betrifft, so fällt dies, je nach der Art der Fällung des Goldchlorids, bald massiger, bald zertheilter aus und hat insoweit einen sehr verschiedenen technischen Werth. Bekanntlich werden Lösungen von Goldchlorid, gleichviel ob sauer oder nicht, von schwefelsaurem Eisenoxydul (auch in der Verdünnung) vollständig ausgefällt. Der gewaschene Niederschlag ist metallisches Gold, matt, braun, aber die dichteste Form der Goldfällungen und liefert die dauerhafteste Vergoldung. In der That ist der Niederschlag etwas dichter als die technische Anwendung verlangt, man pflegt daher das gefällte Gold mit mehr oder weniger rothem Quecksilberoxyd zu versetzen, der Billigkeit wegen. Das Quecksilberoxyd dient als blosses Verdünnungsmittel und verflüchtigt sich beim Einbrennen. In den meisten Fabriken hat diese Vergoldung, in Folge des Dranges nach wohlfeiler Waare durch den Wettbewerb, dem billigern Weg der Niederschlagung des Goldchlorids durch salpetersaures Quecksilberoxydul weichen müssen. Bei der Fällung kommt es darauf an, zunächst eine möglichst oxydfreie Lösung des Quecksilbers in Salpetersäure durch Vermeidung überflüssiger Wärme herzustellen, dann die Quecksilberlösung und die auf gewöhnliche Art hergestellte Lösung von Goldchlorid beide auf 100° C. erwärmt zusammenzugiessen. Der gewaschene Niederschlag ist ein violettschwarzes äusserst feinzertheiltes Pulver. Je vollständiger die Ausfällung, um so leichter bildet sich dabei Quecksilberchlorür, welches sich dem Niederschlag beimischt ohne übrigens anders als durch Störung der Rechnung zu schaden. Mit solchem Goldniederschlag reicht man beträchtlich weiter

als mit dem durch Eisenvitriol; 1 Grm. Gold reicht zu 4 bis 5 Dutzend Tassen mit 2 Centimeter breitem Goldreifchen.

Niedergeschlagenes Gold aller Art bedarf, wie die Farben, vor dem Auftragen noch eines Zusatzes, um es bei dem Brennen auf die Glasur zu befestigen. Dieser Zusatz ist der weisse Niederschlag, den salpetersaures Wismuth mit vielem Wasser liefert, das basische salpetersaure Wismuth, im Verhältniss von 5 bis 8 Procent des Goldes; auch setzt man wohl etwas weniges Borax ($^3/_4$ Proc.) zu. Bei der Präparation des Goldes und Wismuthsalzes ist die Einmischung von fremden Metallen, namentlich Kupfer, zu vermeiden.

Auftragen und Einbrennen.

Das Goldpräparat wird zum Behuf des Auftrages mit Terpentinöl oder Spiköl abgerieben, was mit einer gewissen Leichtigkeit in der Führung des Reibers, mit einigem Geschick geschehen muss, weil das fast molecular zertheilte Gold sich sonst sehr leicht zu glänzenden Blättchen zusammendrückt. Das abgeriebene Gold bildet dann einen braunen Firniss und wird ebenso wie die Farben auf Porzellan mit dem Pinsel behandelt und eingebrannt. Wie erwähnt, kommt es in Form eines mehr oder weniger gelbbraunen, matten und fest anhaftenden Ueberzuges aus dem Feuer. Das matte Gold ist künstlerisch gut verwerthbar, aber für diesen Fall nicht leicht zu vollkommener Befriedigung zu erzielen. Die matte Vergoldung muss sich, soll sie als solche Verwerthung finden, vor allem dem Auge ohne weiteres und sofort als Gold zu erkennen geben, denn zuweilen hat sie, aus übertriebenem Mangel an Glanz, das Ansehen von gelbem Ocker. Der metallische Eindruck ist nur möglich durch einen leisen Anfang von Glanz. Diesen und die zu einer guten Wirkung erforderliche Gleichheit des Korns erhält man durch einen starken Zusatz von dickem Terpentinöl und Brennen bei höherer Temperatur. Meist werden in das Matt Zeichnungen mittelst halb- oder vollglänzender Linien ausgeführt. Soll das Gold wie gewöhnlich nicht matt, sondern glänzend erscheinen, so muss es polirt werden, durch Abreiben mit polirten Achaten (Vorpolitur) und polirtem Blutstein (Nachpolitur). Auch dazu gehört Uebung und Geschick, um so mehr, als das Gold immer eine oft bedenkliche Neigung hat vom Porzellan abzugehen und am Werkzeug zu haften. Es ist gut, um dies zu verhindern, von Zeit zu Zeit damit über ein Stück Seife zu streichen. Nach dem Poliren überfährt man das Gold sanft mit Leder und etwas sandfreier Schlämmkreide. Glänzende Vergoldung der in Rede stehenden Gattung ist nur soweit möglich als man die betreffende Fläche mit dem Polirstahl erreichen kann; in sehr einspringenden Winkeln etc. ist nur Glanzgold anzubringen.

Mattes Gold.

Glanzgold.

Das Glanzgold ist ums Jahr 1830 in Meissen aufgekommen; es bildet eine rubinrothe aromatisch nach Balsam und Terpentinöl riechende Flüssigkeit, in der alle Bestandtheile vollkommen gelöst sind. Seitdem sind viele ähnliche Zubereitungen erfunden und in die Praxis eingeführt worden. Gewöhnlich sind sie ganz flüssig ohne weiteres anwendbar, oder sie müssen verdünnt, oder endlich erst durch Abdampfen concentrirt

Glanzgold. werden; seltener kommen sie in Form von Pflaster oder Teig in den Handel. Mit dem Pinsel auf Porzellan aufgetragen, hinterlässt das Glanzgold nach der Verdunstung des Flüssigen einen kastanienbraunen, aber durchsichtigen Firniss, der beim Erhitzen, meist schon in der Lichtflamme, sich anfangs schwärzt und dann als eine blanke Goldfläche das Porzellan überzieht mit einem Spiegel, wie er durch Poliren nicht zu erzielen ist. Mehrere Goldverbindungen (Goldchlorid, Schwefelgold, Knallgold) besitzen die Eigenschaft, sich in gewissen organischen Verbindungen (ätherische Oele und Balsame, Schwefelbalsame, Chloroform u. s. w.) zu wahren Lösungen zu vereinigen, die mehr oder weniger leicht in der Hitze Metallspiegel bilden. Demnach hat es keine Schwierigkeit im Allgemeinen eine Lösung herzustellen, die in der Hitze einen Goldspiegel liefert, um so schwerer aber, ein brauchbares Glanzgold zu erzeugen, denn die meisten Lösungen enthalten zu wenig Gold, um einen hinreichend deckenden Spiegel zu liefern, sie sind meistens geneigt beim Aufbewahren, im Lichte u. s. w. Gold in Flittern abzusetzen, sie sind unzuverlässig. Ein gutes Glanzgold soll etwa 10 Proc. Gold enthalten; die Vorschriften dazu sind so leicht geheim zu halten und so gewinnbringend, dass keine brauchbaren bis jetzt bekannt geworden. Eine der besten Glanzvergoldungen ist die von Bergeat in Passau: eine kreisförmige Fläche von 5,7 Centimeter Durchmesser damit überzogen hinterliess nach dem Trocknen 0,0125 Grm. trockne Vergoldung und nach dem Brennen 0,002 Grm. Gold; darnach enthält die eingetrocknete Lösung 16,1 Proc. Gold und würde ein Spiegel von 1,276 Quadratmeter Vergoldung 1 Grm. wiegen.

Verzierung durch Druck. In Rückwirkung der Fabrikation der feinen Fayence (siehe dieses) hat auch bei dem Porzellan die Verzierung in Farben, ganz besonders aber in Vergoldung, mit Vervielfältigung durch Druck Eingang gefunden. Es sind lineare Darstellungen, als Einfassungen etc., Vignetten u. dergl., vorzugsweise geeignet, weniger eigentlich malerische Gegenstände, obwohl auch diese nicht gerade ausgeschlossen. Das Verfahren umfasst die Zeichnung durch Stich in Kupfer oder auf Stein, Abdruck auf Papier und Uebertragung vom Papier auf die Fläche des Geschirrs. Die Druckfarbe ist statt der gewöhnlichen Schwärze eine Porzellanfarbe oder Vergoldung, die dann eingebrannt wird wie gewöhnlich. Insofern die Zeichnung auf den ebenen Flächen der Kupfertafeln oder des Steins und des Papiers ausgeführt ist, lässt sie sich auch nur auf ebenen oder einfach gekrümmten Porzellanflächen ganz correct übertragen, oder darf doch bei doppelt gekrümmten Flächen nur sehr kleine Dimensionen haben. Die Bestrebungen, die Photographie mit Druckverfahren wie Lithographie und Xylographie zu verbinden, haben sich neuerdings auch auf die Verzierung des Porzellans und ähnlicher Producte ausgedehnt. Auf dünne Blätter von Collodium oder Gelatine mit doppelt chromsaurem Kali erzeugte Lichtbilder, für die Aufnahme von Porzellanfarben empfänglich gemacht, werden so auf die zu verzierende Fläche übertragen, dass die Farbe (oder

das Metall, Gold etc.) nach dem Einbrennen das Bild abgiebt. Die Processe sind noch viel zu umständlich, schwierig und theuer bei dem immer untergeordneten Werthe der Darstellung.

Andere Metallüberzüge als Vergoldung, nemlich Versilberung, Verplatinirung und sogenannte Metalllüstres, d. h. äusserst dünne Metallüberzüge, die zugleich eine Farbe und Metallglanz zeigen (Rosa und Gold z. B. bei Goldlüstre) kommen beim Porzellan wenig vor, wo sie von mittelmässiger Wirkung sind. Sie spielen eine Rolle bei Fayence und feinem Steinzeug, wo von ihnen die Rede sein wird. Die Metalllüstres namentlich, nur als Oberflächenfärbung, nicht zur Malerei brauchbar, eignen sich nur gut auf weichen bleiischen Glasuren. — Eine wesentlich verschiedene Art von Verzierung, oft ebenfalls Lüstre, besser und gewöhnlicher irisirender Ueberzug genannt, findet sich neuerdings häufiger als schön perlmutterglänzender Ueberzug mit oder ohne Farben. Das salpetersaure Wismuth zeichnet sich aus durch die Eigenschaft, in passender Weise auf Porzellan aufgetragen und eingebrannt, solche Ueberzüge zu bilden. Es soll mit Harz zusammengeschmolzen und in Lavendelöl gelöst angewendet werden; mit Farben versetzt ertheilt es auch diesen den Perlmutterglanz. Endlich will man auch mit Bleioxyd bei gleicher Behandlung eine ähnliche Wirkung erzielt haben. Nach anderen Angaben soll sie auch durch Einwerfen von Zinnchlorid in die Muffel beim Einbrennen der Farben hervorzubringen sein. Lüstres

Gesundheitsgeschirr.

Im Jahre 1790 ist in Charlottenburg bei Berlin unter den etwas affectirten Namen „*Gesundheitsgeschirr*“ (Sanitätsgeschirr) eine billigere und geringwerthige Sorte Porzellan aufgekommen, die sich durch einen Zusatz von weissem plastischen Thon zu der Masse des Feldspathporzellans unterscheidet. Durch diesen Zusatz bildet die Waare den Uebergang zu dem Steinzeug und kann billiger hergestellt werden als ächtes Porzellan, mit dem es den Vorzug der Festigkeit und Dauer in vollem Masse theilt. Die Kostspieligkeit des ächten Porzellans liegt vorzugsweise im Brand, weit weniger in der Herstellung der Masse; das Gesundheitsporzellan erspart nichts im Brand, stellt sich aber billiger in der Masse, insofern der Thonzusatz ein billigeres Rohmaterial, und billiger im Drehen und Formen, weil er die Masse plastischer macht. Im Ganzen genommen steht die Ersparniss nicht recht im Verhältniss zur Einbusse an Schönheit der Waare. Das Gesundheitsgeschirr ist nemlich von unreiner ins Graue gehender Farbe und kaum noch durchscheinend, so dass es unfrisch und schwer, von ungünstigem Ansehen erscheint, um so mehr, je stärker der Zusatz an plastischem Thon, also je billiger die Masse. Allgemeines.

Die Fabrik zu Charlottenburg ist lange Zeit vom Staat betrieben worden; nachdem der Staat den Betrieb vor einigen Jahren aufgegeben,

ist derselbe von Schomburg in Alt-Moabit wieder aufgenommen worden. — Auch in Frankreich hat eine ähnliche Waare (Porcelaine argileuse) Eingang gefunden.

Masse. Selbstverständlich wählt man plastische Thone, die möglichst wenig färbende feuerbeständige Theile, namentlich Eisenoxyd enthalten, so z. B. in französischen Fabriken einen Thon von Abondant, bestehend aus:

Kieselerde	Thonerde	Eisenoxyd	Gebundenes Wasser	
50,60	35,20	0,40	13,10 =	99,30 Gewichtstheile,

meist ist der Eisengehalt grösser, woher die graue Farbe.

Nach Kolbe arbeitete man in Charlottenburg nach folgenden Vorschriften:

Masse.		Glasur.	
Kaolin	46,0	Sand	42
Plastischer Thon	37,5	Kaolin	33
Feldspath	16,5	Roher Gyps	13
		Unglasirte Scherben	12
	100,0 Gw.-Thle.		100 Gw.-Thle.

Formung und Brand weichen nicht wesentlich von den gleichnamigen Arbeiten bei dem ächten Porzellan ab. Bsi der Unansehnlichkeit der Waaren und ihrer Bestimmung zu Zwecken, wo es besonders auf Wohlfeilheit ankommt, wie Apothekerkruken u. s. f., bietet sie wenig Feld für Verzierung in Farben oder Gold.

Fritteporzellan.

Geschichte. Bei der Geschichte des harten Porzellans ist angemerkt worden (S. 279), dass der Erfindung des letztern durch Böttiger bereits Nachahmungen voraus gingen. Diese Nachahmungen konnten, bei der Unbekanntschaft der damaligen Zeit mit dem wesentlichsten Bestandtheil des chinesischen Porzellans, dem Kaolin, nicht auf ein gleichwerthiges, sondern nur auf ein äusserlich ähnliches Erzeugniss führen; in der That waren sie nur auf die Wiedergabe des Ansehens, nemlich des Glanzes, der Farbe und der Durchsichtigkeit, gerichtet und erreichten diesen Zweck bis zum Uebertreffen des Vorbildes, blieben aber, was Haltbarkeit und Widerstand gegen den Angriff von Stoss, Reibung, Temperaturwechsel u. s. w. betrifft, weit hinter demselben zurück. Die zunächst aus diesem Bestreben hervorgegangene Waare ist die um das Jahr 1695 aufgekommene französische Art des Fritteporzellans, die jedoch erst in den Jahren 1727 bis 1751 in den um Paris liegenden Orten St. Cloud, Vincennes, Sceaux, also nach der Erfindung Böttiger's, zur eigentlichen

Entwicklung kam. Nach Rohstoff und Bestand mehr dem Glase verwandt, hat sie mit den Thonwaaren nur das Glasiren, Formen sowie die Verzierung gemein. Eine wesentliche Wendung nahm die Fabrikation des Fritteporzellans mit ihrem Aufkommen in England, wo sie zuerst 1745 in Chelsea erscheint und 1772 auf dem classischen Boden der englischen Töpferei, in Staffordshire, Eingang fand. Diese Wendung bestand in einem Einlenken der Fabrikation rückwärts ins Bereich der eigentlichen Thonwaaren. Denn während das französische Fritteporzellan keinen Zusatz von Thon zu seiner Masse erhielt, treten Thon und sogar Kaolin als wesentlicher Bestandtheil in das englische ein, denen im Jahre 1800 die nicht minder wichtige Einführung der Knochenasche durch Spode folgte. Natur.

Die Verbreitung der Fabrikation des chinesischen Porzellans nach der Erfindung Böttiger's, die in England nie recht Fuss gefasst, drängte das Fritteporzellan in Frankreich lange Zeit stark in den Hintergrund. In der neuesten Zeit hat die Fabrikation des Fritteporzellans und zwar des englischen wieder einen starken Aufschwung genommen; die Eigenschaften, die es auszeichnet, nemlich die grössere Leichtflüssigkeit, billigere Herstellung mit weniger Ausschuss, dabei grosse Leichtigkeit und ein dem Auge ungemein wohlgefälliges Ansehen sind es, die ihm die Gunst der Erzeuger sowohl als des Marktes zugewendet. Es wird gegenwärtig in grossem Maassstab nicht nur in England und Frankreich, sondern auch in Böhmen und Schlesien fabricirt.

Das Fritteporzellan beiderlei Art hat mit dem ächten Porzellan den durchsichtigen Scherben gemein, erhält aber stets eine weichere bleiische in einem besondern Feuer aufzubrennende Glasur. Beide Arten sind in diesem Betreff am meisten von dem echten Porzellan verschieden.

Französisches Fritteporzellan.

Die Masse besteht aus einer sogenannten „*Fritte*“ mit einem Zusatz von Mergel und Kreide. Die Fritte ist ein mit Kieselerde stark übersetzter Glassatz; nach den älteren Vorschriften aus Sand, Gyps, Alaun, geschmolzenem Kalisalpeter, Soda und Kochsalz; nach neuerer Art einfacher aus Sand, Kalk, Potasche, Soda und Biscuitscherben (gebrannter Masse). Diese Materialien innig gemischt und im Gutbrandofen eingesetzt, backen (fritten) und sintern soweit zusammen, dass die Alkalien der Soda und Potasche hinreichend gebunden werden von der Kieselerde, um nachher beim Mahlen der Masse mit Wasser dem Auslaugen zu widerstehen. Dies ist der Hauptzweck des Frittens; bei der früher gebräuchlichen Mischung kam noch die Reinigung von Eisenoxyd (des Sandes etc.) hinzu: das Eisenoxyd bildet nemlich mit dem Kochsalz im Feuer Eisenchlorid, welches sich verflüchtigt, zum kleinern Theil an der Oberfläche der Fritte ansetzt und von da beseitigt wird. In Sèvres versetzte Die Masse.

Die Masse. man die Fritte in verschiedenen Verhältnissen mit den beiden anderen Zusätzen, etwa in folgenden Grenzverhältnissen:

Fritte	75 — 75	entsprechend im Mittel	Kieselerde 76
Mergel	17 — 8		Thonerde 2
Kreide	8 — 17		Kalk 16
			Natron / Kali 5
	100 — 100		99

Die ältere Masse enthielt nur soviel Thonerde, als durch den Zusatz von 3 bis 4 Procent Alaun hineinkam, die vorstehenden neueren dagegen einige Procente wirklichen Thon als Bestandtheil des Mergels. Nachdem die Fritte zerkleinert und zur Entfernung eines etwaigen Restes löslicher Salze mit siedendem Wasser ausgewaschen ist, setzt man die ebenfalls zerkleinerte Kreide und den Mergel zu und verarbeitet das Ganze auf den Massemühlen.

Formung. In Ermangelung des Thons hat eine solche Masse an sich kein Bindevermögen; es muss ihm dieses vielmehr durch einen besondern Zusatz von klebenden Stoffen (Schmierseife, Leim, Traganth) in dem Grade beigebracht werden, dass das Formen möglich wird.

Das Formen geschieht in Gypsformen, wie bei dem ächten Porzellan, nur von grösserer Wandstärke; für offene Gegenstände oft mit Hülfe eines Kerns zur Verdichtung der Masse an die Formwände. Ganz besonders eignet sich für Fritteporzellan das Giessen, namentlich nach der neuern in Sèvres aufgekommenen Art mit Beihülfe von Luftdruck. Die Gypsform ist in ein blechernes Gehäuse luftdicht eingesetzt; durch Auspumpen der Luft aus dem Zwischenraum entsteht ein Ueberdruck der Atmosphäre auf die in die Gypsform eingegossene Masse, welcher das Wasser unter starker Verdichtung der letztern in die Poren der Form treibt. Die geformten Stücke werden nach dem Trocknen noch mit dem schneidenden Geschirr abgedreht.

Brand und Glasur. Alle Waaren, sofern sie nicht als Biscuit, sondern als glasurte in den Handel kommen, erhalten zwei Feuer, zuerst zum Brennen des Scherbens, dann ein zweites zum Einbrennen der Glasur.

In den früheren Stadien der Fabrikation kennt man nur einfache Bleiglasur aus Sand, Mennige und Potasche. Inzwischen ist der Zusatz von Borax oder Borsäure, eine ebenfalls von England ausgegangene sehr werthvolle Verbesserung, allgemein angenommen, z. B.:

Sand	34
Mennige	56
Borax	8
Salpeter	2
	100

Die Mischung wird meist erst für sich und mit einem Theil Mennige geschmolzen, dann zermahlen und mit dem Rest der Mennige nochmals geschmolzen. Da die vom Biscuitbrand kommende Masse bereits im Scherben geflossen und dicht ist, also nicht saugt, so kann die Glasur nicht wie beim harten Porzellan, sondern nur durch Angiessen aufgesetzt werden.

Der Brand der glasirten und der rohen Waare lässt sich in ein und demselben zweistöckigen Ofen ausführen, wo jene das obere, die rohe Waare das untere Feuer einnimmt; oder in zwei verschiedenen Oefen. Der Brand ist wegen der in Bezug auf Farbe und Frische empfindlichen Bleiglasur schwierig und kann nur sehr langsam geschehen. Er dauert 3 bis 4 Tage. Die Waare befindet sich in Kapseln eingesetzt; für die glasurte Waare müssen diese inwendig glasirt sein, weil sie sonst den ersteren die Glasur (durch Verflüchtigung von Bleidämpfen) rauben.

Die Glasur der gar gebrannten fertigen Waare ist, namentlich seit der Anwendung des Borax, die härteste und strengflüssigste Bleiglasur in der gesammten Töpferei, aber doch in diesen Eigenschaften erheblich gegen die des Porzellans chinesischer Art zurückstehend.

Englisches Fritteporzellan.

Gegen das französische Fritteporzellan ist das englische als ein ganz entschiedener Fortschritt zu betrachten. Zu den Eigenschaften, die dem Fritteporzellan überhaupt angehören, zur rein weissen Farbe der Masse, dem dünnen Scherben, dem Feuer und der Frische, die die Farbenverzierungen auf dieser Waare entwickeln, kommen noch der wohlfeilere Brand und manche eigenthümliche Vorzüge hinzu, nämlich viel grössere Plasticität, also billigere Formung, geringere Neigung sich im Feuer zu verbiegen und Haarrisse zu ziehen. Die höhere Plasticität verdankt es vornehmlich dem starken Verhältniss von Kaolin (und plastischem Thon) in der Mischung der Masse; denn nach den Analysen der gebrannten Masse ist der Gehalt an Thonerde ganz eben so gross wie bei dem ächten Porzellan. Ausserdem ist ein Theil des Flussmittels, nemlich die Knochenasche, nicht kurz und sandig wie Glasfritte und Feldspath, sondern eher thonartig und selbst etwas bildsam. Zugleich bedingt die Knochenasche, die zu den emailbildenden Körpern gehört, Weisse neben ziemlicher Durchsichtigkeit der Masse; ferner bei gutem Stehen im Feuer ein Zusammenstimmen im Verhalten des Scherbens zur Glasur, als Folge davon Vermeidung von Haarrissen. Ein in praktischer Beziehung nicht minder hoch anzuschlagender Vortheil besteht darin, dass das englische Fritteporzellan in dem Brande mit dem Fayence oder Steingut zusammengeht, so dass es mit diesem in demselben Ofen gleichzeitig eingesetzt und gebrannt wird. Mit grösserer Wohlfeilheit in der Herstellung vereinigt das englische Fritteporzellan, im Vergleich mit dem

Eigenschaften.

harten Porzellan, grössere Leichtigkeit und Zierlichkeit der Formen; durch die eigenthümliche Reinheit und Weichheit der Farbe im Verein mit der grössern Durchsichtigkeit, ein ungleich gefälligeres Ansehen, schönere Wirkung der plastischen und Farbenverzierungen bei einem Verhalten, welches den Anforderungen des Gebrauchs im täglichen Leben noch vollkommen und zu Kunstsachen sogar ausgezeichnet entspricht. In der That liefert das Knochenerdeporzellan ein Biscuit, welches die gleichnamigen Erzeugnisse des harten Porzellans weitaus in Schatten stellt. Nur in einer Richtung bleibt das harte Porzellan unersetzbar, nämlich da, wo es besonders auf Widerstand gegen Temperaturwechsel und chemische Einwirkung ankommt, so vorzugsweise bei chemischen Geräthen.

Cornish stone.

Was die Materialien anlangt, so bedient man sich als kieseligen Versatzes des gebrannten und gemahlenen Feuersteins (S. 22). Das zweite Hauptmaterial machen die der englischen Töpferei eigenthümlichen und darin eine so grosse Rolle spielenden Producte von Cornwall, „*Cornish stone*“ und der „*China clay*“ aus. Cookworthy von Plymouth hat zuerst (im Jahre 1768) auf dieses Vorkommen aufmerksam gemacht, welches seitdem Gegenstand einer umfassenden Ausbeutung in den Kirchspielen St. Denis, St. Stephens und St. Austell geworden. Mitten in den Graniten dieser Region, welche neben den gewöhnlichen Gemengtheilen noch Talk, Diallage und Hornblende führen, finden sich reinere Massen in 6 bis 9 Meter Tiefe unter der Oberfläche in einem mehr oder weniger zersetzten Zustande. Diese reineren Granite, deren Feldspath soweit verwittert ist, dass der Zusammenhang des Gesteins einigermaassen gelockert erscheint, sprengt man mit Pulver und verschifft sie als „*cornish stone*“. Sie bestehen aus halbverwittertem Feldspath, gelblichweiss von erdigem Ansehen, der noch ziemlich viel Kali enthält, aus Quarz in stumpfen ins Bläuliche ziehenden Körnern und wenigen sehr dünnen silberglänzenden Glimmerblättchen, sind aber frei von Diallag und Hornblende, die ihn durch ihren Eisengehalt zu den Zwecken der Töpferei unbrauchbar machen würden. Durch Brennen nimmt der *cornish stone* eine perlweisse Farbe an und lässt sich dann leicht mahlen. Die Gruben drohen mit Erschöpfung gegen den Schluss dieses Jahrhunderts hin. — An anderen den Atmosphärilien zugänglicheren Stellen ist der reinere Granit bis zum gänzlichen Verlust seines Zusammenhangs durchgewittert, sein Feldspath völlig in Kaolin verwandelt. Dieses Material, bald nahe bald 18 bis 36 Meter unter der Oberfläche liegend, wird auf diesen Kaolin — den *china clay* — verwaschen. Nach dem Abheben der Erddecke, die man zum Planiren der Trockenflächen verwendet, stampft man die verwitterte Masse unter einem Wasserstrahl zu einer Art Schlempe an, die durch Pumpen gehoben, durch eine Reihe stufenweise aufgestellter Schlämmkasten (3 bis 6 Meter lang bei 3 Meter Breite) läuft, worin sie die groben abzuscheidenden Gemengtheile fallen lässt. Der Strom ist mit Sorgfalt und zwar so zu regeln, dass sich der Glim-

mer vollständig aber noch möglichst wenig von dem thonigen Theil absetzt. Alle 6 bis 7 Stunden müssen die Schlämmkasten von dem Bodensatz entleert werden. Der Inhalt des ersten Kastens — viel Glimmer, mit auch dem reineren Granit hie und da beigemengter Hornblende und Diallage — wird über die Halde gestürzt; der Inhalt der folgenden Kästen ist ein weniger reiner Thon, der ausgestochen als zweite Qualität in den Handel kommt. Was in den Schlämmkästen nicht zurückbleibt, ist der reinste Thon und sammelt sich in einer 3 Meter weiten und eben so tiefen Grube. In dem Mass als es sich darin allmählich zu Boden setzt, zieht man die an der Oberfläche gebildete Schichte klares Wasser ab und füllt wieder mit Schlempe auf. Ist die Grube so nach und nach mit Thonabsatz gefüllt, so wird dieser ausgehoben, in Kasten vertheilt und zum Trocknen hingestellt. Nach 3 bis 4 Monaten hat die Masse so viel Zusammenhang, dass sie sich in Würfel zu 1 Cubikfuss schneiden lässt, die in der warmen Jahreszeit auf dem Plan aufgestellt und, wenn lufttrocken, versendet werden.

Der „*china clay*“ ist höchst zart mit feinsten Talkblättchen, von schöner Weisse mit einem nicht unangenehmen Stich ins grauliche, schmilzt erst bei dem Schmelzpunkt des Platins und brennt sich bei dem Schmelzpunkt des Gussstahls rein weiss. Sein Bindevermögen ist nach Bischof = 3. Salvetat fand bei der Analyse einer Probe: China clay.

Kieselerde	48,35 Proc.	Uebertrag	86,06 Proc.
Thonerde	36,00	Kalk	Spur
Eisenoxyd	0,75	Bittererde	Spur
Alkalien	0,96	Wasser	13,00
	86,06 Proc.		99,06 Proc.

Neben dem Kaolin verwendet man auch wohl plastischen Thon zur Masse.

Der kennzeichnende Bestandtheil der Masse sind die phosphorsäurehaltigen Rohstoffe, in erster Linie die Knochenasche. Nach Ansicht der Praktiker, wohl mehr als blosses Vorurtheil, sind die Knochen der verschiedenen Thiere nicht gleichwerthig und zwar Ochsenknochen entschieden vorgezogen, während die Pferdeknochen namentlich aber Schweineknochen die Weisse der gebrannten Masse beeinträchtigen sollen. Nach dem Entfetten brennt man die Knochen entweder erst zu Kohle, wenn man den Theer etc. als Nebenprodukt gewinnen will, und die Kohlen zu Asche, oder man brennt die entfetteten Knochen direct zu Asche an der Luft. Die rohe Asche, die stets noch mehr oder weniger beigemengte Kohle enthält, muss für die Anwendung zu Masse erst durch eine besondere Calcination in Flammöfen verbreitet, d. h. von der Kohle gänzlich befreit werden. — Statt der Knochenasche soll neuerdings viel Apatit aus den spanischen Gruben von Estremadura gebraucht werden; er enthält im Durchschnitt 93 Proc. phosphorsauren Kalk, 3 Proc. kohlen- Knochenasche.

sauren Kalk und 4 Proc. Kieselerde. Ziemlich ebenso ist der Bestand des bekannten Minerals von der Insel Sombrero, welches man ebenfalls empfohlen hat.

Vorbereitung.

Der „*china clay*“ kommt schon fertig geschlämmt aus Cornwall; der cornish stone und der Feuerstein durch Ablöschen mürbe gemacht, werden auf den später zu beschreibenden Mühlen gemahlen und mit der Knochenerde auf Masse verarbeitet. Nach englischer Art bringt man die Masse durch Wärme auf die zum Formen nöthige Consistenz und zwar in den gleichfalls später zu beschreibenden Oefen (slip kilns); für den vorliegenden Fall des Knochenerdeporzellans giebt man den Kilns ein Futter von starken Gypsplatten, die das Wasser aufsaugen; man unterstützt die Aufsaugung durch Erwärmen bei einer mässigen Temperatur unter der Siedhitze, auch zum Trocknen des Gypsfutters dienend. — Was die Zusammensetzungen der Masse anbelangt, so sind darüber keine verlässigen Vorschriften bekannt geworden und finden sich in der neuesten Literatur immer noch diejenigen, die Brogniart vor 30 Jahren bekannt gemacht und schon viel früher gesammelt hat. Ohne Zweifel hat sich seitdem aber Vieles geändert in der Fabrikation; so scheint man besonders neuerdings viel weniger phosphorsauren Kalk und mehr China clay zu nehmen als früher. Nach den Vorschriften von Brogniart nahm man 30 bis 50 Procent Knochenasche zur Masse; bei der Analyse von gebranntem Porzellan einiger Proben vier Jahre später erhielten die englischen Chemiker *):

Mischungsverhältnisse.

	Couper.		Crichton.
	1.	2.	3.
Kieselerde	39,88	40,40	39,68
Thonerde	21,48	24,15	24,65
Phosphorsauren Kalk *)	26,44	15,32	15,39
Kalk	10,06	14,22	14,18
Bittererde	—	0,43	0,31
Alkalien und Verlust	2,14	5,28	5,79
	100,00	99,80	100,00

*) Etwas eisenhaltig.

Dagegen erhielt man bei der Analyse eines Bruchstücks (eine Vase) von 1871 nur 3,67 Proc. Phosphorsäure, entsprechend 8,0 Proc. dreibasischem Kalksalz. Das Porzellan der obigen Proben (1, 2, 3) war angeblich nur aus Feuerstein, cornish stone und china clay mit Knochenasche hergestellt ohne weitern Zusatz; wenn der phosphorsaure Kalk in der Analyse als dreibasischer berechnet ist, so sieht man nicht, woher der grosse

*) Ob mit oder ohne Glasur ist nicht ausdrücklich angegeben, doch würde die Glasur einen Gehalt an Blei und Borsäure ergeben haben.

Ueberschuss von Kalk (10 bis 14 Proc.) kommt, denn die Materialien von Cornwall enthalten nur Spuren davon. — Auf jeden Fall arbeiten die verschiedenen Fabriken nach mannichfach abgeänderten Vorschriften.

Wie die Fabrikation des englischen Knochenerdeporzellans überhaupt in die Fayencefabrikation so zu sagen hineingepasst ist, so fallen auch beide Gattungen in Bezug auf das Formen und Brennen zusammen. Der Brand ist, wie bei der gleichnamigen französischen Waare, ein besonderer für die unglasirte Waare und ein besonderer für das Einbrennen der Glasur. Beides geschieht in demselben Ofen gleichzeitig mit Fayence; der Brand für die unglasirte Waare erfordert mehr Feuer und dauert länger, als der der glasurten Waare. Zum Einsatz dienen Kapseln aus zweierlei Thon der Kohlenformation mit sehr grober Chamotte; der Hitzgrad beim Brennen — beträchtlich niedriger als beim harten Porzellan — sowie die geringere Neigung der Waare zum Verziehen und Sinken im Feuer, gestatten einen weniger umständlichen Einsatz bei ungleich vollkommener Ausnutzung des Brennraums. Am meisten gilt dies für die unglasirte Waare, wo das Ankleben durch die Glasur wegfällt; man setzt z. B. eine grössere Anzahl Teller in eine und dieselbe Kapsel und stapelt sie ohne Zwischenböden aufeinander, denn es genügt blosses Einstreuen von Sand (zerknirschter Feuerstein) zwischen die einzelnen Teller. Schwerere Stücke, wie Terrinen etc., setzt man verkehrt auf eine Zarge ein, sie halten sich so natürlich besser, weil dann die Ausladung des Bauches unschädlich wird. Beim Brennen der glasurten Waare verfährt man ähnlich, nur können dann selbstverständlich nicht mehrere Stücke auf einander gestellt werden; für Teller z. B. stapelt man in den Kapseln bewegliche Zwischenböden mit Füssen aufeinander, die eben soviel Raum zwischen sich lassen, dass ein Teller Platz findet. Stützen u. dergl. sind kaum erforderlich. Formen und Brennen.

Die Glasur setzte man früher aus Feuerstein, Flintglas, Mennige und Soda zusammen; heutzutage mit ausgezeichnetem Erfolg aus diesen Rohstoffen mit Cornish stone und Borax. Sie ist demnach eine bleiische Feldspathglasur, giebt im Fluss einen ausgezeichneten Spiegel, bei ziemlich grosser Härte und ist, da sie sehr gut zum Scherben stimmt, nicht zu Haarrissen geneigt. Das Auftragen geschieht mittelst Eintauchen. Glasur.

Parian.

Unter den Vorzügen des englischen Knochenerde-Porzellans ist der hervorragendste seine Befähigung zu plastischen Darstellungen als Biscuit. Wie bei dem harten Porzellan sucht man auch hier durch Ab- und Zugeben in der Mischung und durch besondere Zusammensetzung die förderlichen Eigenschaften weiter zu entwickeln und dem Kunstzweck anzupassen. Gestützt auf die günstige Natur des Knochenerde-Porzellans führten diese Bestrebungen zu der unter dem Namen „*Parian*“ *) bekann- Geschichtliches.

*) Anspielung auf den Marmor von Paros.

ten, im Jahre 1848 aus der Werkstätte von Copeland (insbesondere des dort thätigen Künstlers Battam) hervorgegangenen Biscuitmasse, mit der keine verwandte Gattung den Mitbewerb auszuhalten vermag. Während es kaum gelingt, dem Biscuit aus hartem Porzellan das Kalte im Ton, das Trockne im Ansehen, einigermassen zu benehmen und einen Schweiss (S. 305) zu erzielen, der zwischen dem Kalkigen und Gleissenden die Mitte haltend, sich dem Marmorartigen einigermassen nähert; so entwickelt das Parian in freigebigster Weise in Farbe, in Ton und durchscheinender Aufgeschlossenheit eine Wärme und eine dem Auge schmeichelnde ansprechende Beschaffenheit, die zur künstlerischen Wirkung trefflich zusammenstimmen. Die Farbe ist eine an Wachs erinnernde blassgelbliche, die besonders zum warmen Ton beiträgt. Sie soll von dem Eisenoxyd der Gemengtheile herrühren; dann müsste jedoch die Temperatur des Brandes nicht hoch genug sein, um das Oxyd zu reduciren. Wie dem sein mag, ein absichtlicher färbender Zusatz scheint nicht statt zu finden. Auch wird behauptet, die Farbe erscheine nicht ohne weiteres beim Brande, die Stücke müssten vielmehr wiederholt und so oft eingesetzt werden, bis der richtige Ton zum Vorschein kommt. Zuverlässige Kunde über diese Fabrikation liegt überhaupt nicht vor. Einige geben Vorschriften mit 26 Procent Knochenasche, andere geben Analysen von gebranntem Parian ohne Gehalt an Phosphorsäure; auf der einen Seite schreibt man dem Parian ungewöhnliche Schwindung zu, die die Plastik beschränke, auf der andern Seite weisen die Industrieausstellungen die kühnsten Leistungen in Dimensionen und Details auf.

Eigenschaften.

Eine Varietät des Parian von weisserer Farbe hat man *Carrara* genannt.

Porzellanknöpfe.

Entwicklung der Fabrikation.

Ein dem Fritteporzellan sehr verwandter Zweig ist die fabrikmässige Erzeugung von Knöpfen aus gebrannter Masse. Schon in den ersten Jahrzehnten des Jahrhunderts sind Knöpfe aus gewöhnlichem Porzellan durch einen gewissen Potter aufgekommen und haben ziemliche Verbreitung gefunden. Das harte Porzellan war indessen eine wenig geeignete Masse und die neue Industrie fand erst ihr eigentliches Feld, als im Anfang der vierziger Jahre ein englischer Fabrikant, Prosser, statt dem harten das Fritteporzellan oder dem ähnliche Massen einführte; seitdem nach Frankreich und Deutschland übergegangen, hat sie (zumeist in der Hand des Pariser Fabrikanten Bapterosses) bedeutende Ausdehnung und eine hohe Ausbildung gewonnen, dergestalt, dass gegenwärtig keine verwandte Gattung in der fabrikmässigen Durchbildung des Betriebs an die Seite gestellt werden kann. Die Knöpfe aus gebrannter Masse sind theils für Kleider und Wäsche, wie die beinernen und metallenen bestimmt, aber in dieser Gattung nur in kleineren Dimensionen angefertigt, so dass

sie mehr zum Ersatz der Perlmutterknöpfe dienen; theils für Tapezierer und Polsterer für Köpfe zu Prunknägeln bestimmt.

Es sind zur Zeit zweierlei Massen üblich: eine mit phosphorsaurem Kalk, also mit dem englischen Fritteporzellan zusammenfallend, welche die sogenannten "*Achatknöpfe*" liefert, und eine aus Feldspath, eine Art Glas, zu den sogenannten „*Strassknöpfen*". Da der Feldspath für sich im Feuer nur zu einem durch mikroskopische Bläschen getrübten Glas von schlechtem, gegen das Porzellan sehr abfallendem Ansehen schmilzt, so giebt man ihm wahrscheinlich Zusätze, die ihm einen milchigen, opalartigen Fluss verleihen, wie dies z. B. Kalk thut. Massen.

Die Zubereitung der Masse ist wie bei dem Fritteporzellan, nur mit gewissen Abänderungen, bedingt durch die einzig im Gebrauch stehende Methode der Formung, das Pressen aus trockner Masse. Zu dieser Behandlung zu kurz und zu wenig bindend, muss die Masse mit einem Klebemittel versetzt werden. In einigen Fällen dient dazu Leinöl in der Art, dass man die Masse damit gemischt auf einen gewissen Grad erhitzt, um das Oel in Virniss zu verwandeln. Die französischen Fabrikanten setzen etwas Milch zu, wo dann der Käsestoff bindet. Beide Klebemittel bieten den Vortheil, dass das Fett die formenden Theile der Presse rostfrei hält. Broochi in Limoges bedient sich des billigern Zusatzes von etwa 6 Proc. Theer oder dickem Theeröl.

Der Knopf ist ein überhaupt kleiner, verhältnissmässig dicker, einfach und regelmässig (symmetrisch) gestalteter Körper, für die Formung aus freier Hand ebenso schwierig, als für die mit Maschinen geeignet. Die Knöpfe werden daher überall mit der Presse (S. 326), d. h. mit dem Prägestock oder Anwurf, ähnlich wie die Münzen, geformt. Nach einer kurzen Uebergangszeit, in der man sie mit kleinen Anwürfen Stück für Stück anfertigte, ging man zu zusammengesetzteren über, die bis 500 Stück Wurf für Wurf liefern, Gestalt und Löcher alles fertig. Wenn ein Arbeiter in einer Minute 2 bis 3 Schläge der Presse leistet, wie gewöhnlich der Fall, so formt er in der Stunde 60,000 bis 90,000 Stück. Bei einer solchen Fülle des Erzeugnisses würde die rasche Arbeit der Presse natürlich durch den Zeitverlust des Aufklaubens der einzelnen Knöpfe von Hand grösstentheils wieder aufgehoben; die Maschine ordnet daher, was sie an Knöpfen beschafft, auch selbst auf einer Unterlage und zwar so, dass sie sofort und ohne weiteres nach dem Ofen gebracht werden können. Als Unterlage dient ein Blatt Papier auf einen eisernen Rahmen gespannt, auf welches die Presse die Knöpfe gleich in der richtigen Ordnung ablegt, in der sie zum Ofen kommen müssen. Formen in der Presse.

Der massenhaften Arbeit der Presse ist die Art des Brennens angepasst; die Waare geht in ebenso ununterbrochenem Zug durch den Ofen, wie sie von der Formerei erzeugt wird. Bei dem geringen Umfang der Masse und ihrer Leichtflüssigkeit braucht ein Knopf in guter Rothgluth nicht mehr als 10 Minuten um die Gahre zu erlangen. Das Beschicken eines Ofens mit rohen Knöpfen, Anfeuern, Ausbrennen und Verkühlen- Brand und Oefen.

Brand und Oefen.

lassen, wie beim Porzellan, würde nur unnöthig Brennstoff, Arbeit und Zeit kosten. Man brennt daher ungleich zweckmässiger die Waare in Muffeln, von denen eine grosse Zahl, 48 bis 60, in einem gemeinschaftlichen Ofen von ein und derselben Feuerung aus hochrothglühend erhalten werden. In diese Muffeln passen bewegliche Thonplatten zur Aufnahme der Waare. Die von der Presse kommenden Papierblätter, worauf die Knöpfe geordnet sind, werden mit einem raschen Griff auf die glühende Thonplatte und mit dieser in die Muffel geschoben. Das Papier brennt ab und nach zehn Minuten nimmt man die Thonplatte mit den garen Knöpfen heraus, streicht diese in einen Untersatz ab, belegt sie mit einem folgenden Papierblatt mit Knöpfen, schiebt sie in die Muffel zurück und so fort ohne Unterbrechung. Die Thonplatte kühlt natürlich jedesmal etwas ab, bleibt aber noch glühend. Die Muffeln sind reihenweise zu 6 bis 7 Stück im Ofen aufgestellt und jede Reihe wird von einem besondern Arbeiter bedient. Die Feuerung ist von der Einrichtung wie bei den Glasöfen; der Rost liegt in der Mitte des Ofens versenkt, so dass die Feuerung eine Tonne (Seite 42) bildet. Aus der Tonne aufsteigend, geht die Flamme zwischen den Rückseiten der Muffel durch, prallt am Deckengewölbe an, und schlägt dann an den Ofenwänden abwärts, wo sie von peripherisch angeordneten Schlucklöchern aufgenommen, durch Füchse in der Ofenwand in den gemeinschaftlichen Kamin abzieht, mit welchem der Ofen von oben überbaut ist.

Ein Ofen mit 60 Muffeln verzehrt in 24 Stunden 120 Zollcentner Steinkohlen und brennt in derselben Zeit 500 „Masses“ *) oder 864,000 Stück Knöpfe gar. Die Oefen bleiben Monate lang in ununterbrochenem Gang, bis eine Ausbesserung oder Umbau nöthig wird.

Die Analyse von Strassknöpfen ergab nach Czjzek:

Kieselerde.	Thonerde.	Eisenoxyd.	Kalk.	Bittererde.	Kali und Verlust.	Summa.
69,23	16,44	0,41	2,69	0,12	11,11	= 100,00

Ein merklicher Eisengehalt soll die Waare leicht gelb färben und aus diesem Grund, soweit thunlich, durch Waschen der Rohmaterialien mit Säuren entfernt werden.

Verzierung.

Gefärbte Massen, mit Kobalt-, Nickel-, Eisen-, Chrompräparaten etc., sind leicht herzustellen und leicht verwendbar in der Fabrikation von Knöpfen, daher viel gebräuchlich.

Neben den weissen und farbigen Knöpfen verfertigt man in grossem Massstab noch solche, die mit Zeichnung in Farbe oder Gold verziert sind. Diese Verzierung bewerkstelligt man mittelst Ueberdruck, genau so wie bei der Fayence näher beschrieben wird. Man gravirt das

*) Man rechnet im Betrieb nach „Masses“ zu 1728 Stück.

Muster in Stahlwalzen und druckt mit der einzubrennenden Farbe auf endloses Papier. Zum Behuf des Ueberdrucks leimt man die Knöpfe auf ein Papier als Unterlage. Nach der Entfernung des Ueberdruckpapiers brennt man die Farbe der Zeichnung, meist kleine Reifchen u. s. w., in Muffeln bei Kirschrothglühhitze ein. Die Muffeln sind ganz ähnlich wie beim Massebrand in grösserer Zahl in einem Ofen aufgestellt.

Kitten des Porzellans.

Bei dem Preis des Porzellans, besonders bei dem höhern Werth der Kunstsachen daraus ist die Wiederherstellung gebrochener Sachen eine häufig wiederkehrende Frage. In allen Fällen ist es ganz unmöglich, einen Gegenstand aus den gebrochenen Theilen wieder zu einem einzigen fugenlosen allseitig gleich festen Ganzen herzustellen. Die Fugen werden stets mehr oder weniger sichtbar und von schwächerm Zusammenhang sein. Bei Gebrauchsgegenständen, die mit Flüssigkeiten, Spülwasser, in der Wärme zusammenkommen, wo also die verbundenen Fugen durch Aufquellen des Bindemittels, durch Temperaturwechsel etc. höchst gefährdet sind, unterlässt man die Herstellung am besten ganz, oder muss sich doch entstellende Metallklammern u. s. f. gefallen lassen. Bei Schaustücken dagegen ist die Wiederverbindung der Bruchstücke mehr am Platz und unschwer auszuführen. Allgemeines.

Eine ziemlich feste und dauerhafte, kostspielige, aber auch nicht ganz sichere Verbindung ist das Löthen mit einem Glasfluss im Feuer. Entweder dient dazu Glasur im Scharffeuer, oder ein Fluss (wie der der Farben) von der Natur des Emails, unter der Muffel gebrannt. Löthen.

Gewöhnlicher hilft man sich mit dem Kitten, d. h. Verbinden der Bruchstücke mit flüssigen oder breiigen, in der Kälte oder gelinden Wärme allmählich erhärtenden Substanzen. Dabei leistet die Eigenschaft des Porzellans, genau schliessende und passende Fugen zu geben, den besten Vorschub. Die Kitte sind entweder aus mineralischen Stoffen oder aus pflanzlich-thierischen bereitet, sie sind mit oder ohne Körper. Kitte;

Einen Mineralkitt für Porzellan giebt 1 Gewichtstheil Glaspulver und 2 Gewichtstheile Flussspathpulver, beide mit Wasserglas zu einem dicklichen Brei angemacht; insofern dieser Kitt viel Körper hat, ist er mehr für Ausfüllung, als Verbindung passender Fugen. Dies gilt wohl auch für den von Mohr angegebenen Kitt aus geglühtem Bleiweiss und Leinöl mit Zusatz von Kreide. In minderem Grade gehört auch der Kitt aus Kalk mit Albuminaten hierher: Käsematte oder Quark mit gelöschtem Kalk (der Käsestoff bindet nur höchstens $^1/_4$ Kalk) oder Eiweiss mit gelöschtem Kalk sind die gewöhnlichen und zwar trefflichen, ungemeine Härte annehmenden Kitte, aber von etwas schmutziger Farbe. Sie müssen zart abgerieben und frisch aufgetragen werden, da sie bald anziehen. — Zu den Kitten mit Körper gehört auch der von Elsner: mit Körper.

2 Theile Pulver gebrannter Austern und 1 Gewichtstheil Gummi arabicum fein mit Wasser abgerieben. Statt dessen auch feinster gebrannter Gyps mit $^1/_4$ Gummi.

Kitte ohne Körper.

Als Kitt ohne Körper empfiehlt sich sehr: Käsematte mit Potasche in Wasser gelöst. Meistentheils bedient man sich aber der bekannten Kitte aus Leim und Harzen zusammengesetzt. Der beste ist der sogenannte „*Diamantkitt*“: man quellt 4 Gewthle. Hausenblase in starkem Spiritus; damit reibt man $^1/_2$ Gewthl. Gummi-Ammoniak mit $^1/_2$ Gewthl. Gummi-Galbanum fein und setzt zuletzt 2 Theile Mastix in starkem Spiritus gelöst hinzu. Das fertige Gemisch giebt eine milchige Gallerte, die beim Gebrauch jedesmal zu erwärmen ist. Andere nehmen im Verhältniss weniger Hausenblase. — Für Bruchstücke mit gut passenden Fugen leistet eine mittelstarke Lösung von Wasserglas treffliche Dienste, braucht aber mehrere Tage in der Wärme zum Erhärten.

Feines Steinzeug.

Begriff.

Die englische Töpferei hat das Eigenthümliche, dass ihre Erzeugnisse nicht so bestimmte von einander unterscheidende Gattungen darstellen, wie auf dem Continent, sondern in vielen Fällen sich in den Uebergängen bewegen. Dies gilt namentlich von den Waaren mit dichtem, nicht porösem Scherben, die nach Art des Porzellans aus Thon einerseits und Flussmittel andererseits bestehen. Diesen Waaren, zu denen die bereits abgehandelten, das Fritteporzellan und Parian, gehören, reiht sich noch eine an, in ihrem Heimathland „*stone ware*“, auch „*Wedgwood*“ genannt, nach Brogniart's Terminologie als „feines Steinzeug“ unterschieden. Ihre Masse ist aus plastischem Thon (namentlich von Devonshire) und china clay, aus cornish stone, Schwerspath und Gyps als Flussmittel und aus Feuerstein als Vermittler zwischen beiden zusammengesetzt, in Verhältnissen, die in den verschiedenen Fabriken den mannichfachsten Abänderungen unterliegen, ohne feste Regeln, je nach Rohmaterial, nach den Varietäten der Waare und nach Ueberlieferung. Die stone ware aller Arten hat stets einen gesinterten, dichten, harten Scherben, einen homogenen, feinen und etwas schweissigen Bruch, unterscheidet sich aber von dem Porzellan durch den Mangel des Durchscheinenden, sowie durch den niedern Hitzgrad beim Brennen, der jedoch etwas höher liegt als der des feinen Fayence. Für Küchen- und Tafelgeschirr weniger dienlich, weil zu empfindlich gegen Temperaturwechsel, ist sie besonders geeignet zu Kunstsachen, wie Bechern, Vasen, Bowlen, Feuerzeugen u. s. w., um so mehr, als die Masse sehr bildsam, also gut zu formen ist, leicht in verschiedenen Farben und ebenso gut glasirt als unglasirt hergestellt werden kann. Die stone ware gehört schon zu den Thonwaaren, die von Wedgwood zu einer höhern Ausbildung gebracht werden. Erst spät in Deutschland eingebürgert, ist diese Fabrikation namentlich von

Geschichtliches.

Villeroy & Boch bei Saarlouis und Mettlach mit grossem Erfolg betrieben *).

Die Masse zu dem feinen Steinzeug pflegt sehr zusammengesetzter Natur zu sein. Die Bedingung des geflossenen Scherbens, einer möglichst mässigen Temperatur beim Brande gegenüber der wechselnden Beschaffenheit der plastischen Thone zwingt zu mannigfachen Gattirungen und Abänderungen in Menge und Natur der Flussmittel. Erhalten die Massen als solche, wie in der Regel, eine Färbung, so müssen sie einerseits so zusammengesetzt sein, dass sie die zugesetzte Farbe gehörig im Feuer entwickeln, durch dieselbe in ihrem Verhalten zum Feuer nicht zu sehr verrückt werden und sowohl unter sich als mit den ungefärbten beim Brande zusammengehen. Allgemein gehaltene Vorschriften ohne feste Begriffsbestimmungen der Rohstoffe sind daher ohne Werth, überdiess selbst bei genauer Angabe der Natur der Rohstoffe, doch meist von nur localer Bedeutung. Die Erfahrung lehrt ferner, dass aus denselben Rohmaterialien verschiedene im Feuer gleich gut stehende Mischungen möglich sind, indem der Zusatz von Flussmittel durch entsprechenden Zusatz von Quarz innerhalb gewisser Grenzen im Gleichgewicht gehalten werden kann. Solche Mischungen geben dann etwas verschiedene Schattirungen in der Farbe und etwas mehr oder weniger Schweiss. Gattiren.

Thone zu weissen Massen sind am schwierigsten zu finden und müssen stets mit Kaolin versetzt werden, auch dann liefern sie ein gelbliches nicht unangenehmes, aber dem Porzellan nicht vergleichbares Weiss. In dem Bruchstück eines solchen Geschirres von Apsley Pellat und Comp. in England von 1851 (unglasirt) fand Czjzek: Kieselerde 72,54, Thonerde 22,65, Kali 3,39, Kalk 0,80 und nur Spuren von Eisen. Die meisten feuerfesten Thone geben eine ins Graue gehende Masse, bald gelbgrau, bald perlgrau, bald dunkler. In der Porzellanmanufactur zu Nymphenburg erhielt man versuchsweise eine im Feuer ein edles helleres Grau und schönen Schweiss annehmende Masse aus: 11 Procent feuerfesten Thon **), 60 Procent reinen Quarz und 29 Procent Feldspath, im Ansehen der besten Waare der Mettlacher Fabrik gleich. Diese Masse mit $^1/_{1000}$ Thon von Böckelmoos ***) versetzt, gab eine eben Ungefärbte Massen. Farbige Massen.

*) Mehrere Thonwaaren heut' zu Tage von bloss historischem Interesse gehören hierher. So die braunen Waaren, die Böttiger vor der Erfindung des chinesischen Porzellans erhielt. So die unter den Namen „Porphyr“ und „Jaspis“ bei Utzschneider in Saargemünd früher erzeugten Nachahmungen von natürlichem Ornamentgestein in gebrannten Thonmassen. Böttiger's wie Utzschneider's Produkte haben mit einander gemein, dass sie nicht glasirt, sondern geschliffen und polirt wurden.

**) Ein feuerfester Thon, früher in Nymphenburg zu Porzellankapseln gebraucht, von mittelmässiger Güte, sehr eisenhaltig, von Abensberg.

***) Ein röthelartiger, tief rothbrauner Thon, für sich schmelzbar zu einer eisenschwarzen Masse.

Farbige Massen.

so schöne dunklere Schattirung. — Die übrigen Farben, welche bei dem feinen Steinzeug gerade in so grosser Mannichfaltigkeit vorkommen, sind absichtliche Färbungen durch Zusatz von entsprechendem Metallpräparat, Blau mit Kobalt ($^1/_2$ bis 5 Proc.), Grün mit Chromoxyd ($^1/_2$ bis 1 Proc.), Gelb mit sogenanntem Antimonium diaphoretium, Schwarz und Braun mit Gemengen von Braunstein und Eisenoxyd (7 bis 8 Proc.). Das Eisenoxyd setzt man als Oker oder okrigen Thon zu (bis 40 Proc. und darüber). Viele Farben setzen natürlich eine weissbrennende Masse voraus, weil sonst Mischfarben aus der natürlichen des Thons und der zugesetzten entstehen, auch wo solche nicht beabsichtigt sind. Die Farbenkörper wirken sämmtlich als Flussmittel und dürfen daher nicht über ein gewisses Mass hinaus zugesetzt werden; anderntheils muss die Masse in dem Grade ihrer Schmelzbarkeit der Farbe angepasst werden. Die Entwicklung der Farben ist durch die Anwesenheit des Flusses lebhafter und wesentlich gehoben. Viele von den Farben der Masse sind nur bei nicht zu hohen Feuersgraden möglich; so entsteht im Porzellanfeuer kein Braun durch Eisenoxyd, nur Grau und Schwarz. Schon aus diesem Grunde ist die Masse des Steinzeugs leichtflüssig für mässigen Brand zu versetzen. Das meiste Steinzeug brennt sich im Porzellanfeuer blasig.

Der feinkörnige gleichmässige Bruch, in welchem das feine Steinzeug dem Porzellan gleichkommt, setzt höchste Feinheit und Gleichförmigkeit der Masse, mithin eingehende Sorgfalt der Aufbereitung voraus. Feinste Zertheilung und innigste Mischung sind unerlässlich und werden auf dieselbe Weise wie beim Fayence erzielt. Die grosse Bildsamkeit der Masse erleichtert das Formen wesentlich; es geschieht wie beim Porzellan durch Drehen und in Gypsformen. Die letzteren spielen die Hauptrolle, insofern das feine Steinzeug nicht sowohl zu Gebrauchsgegenständen, als vielmehr zu Luxus- und Kunstsachen Verwerthung findet, wozu sie verschiedene hervorragende Eigenschaften geschickt machen. Hierher gehört die hohe Bildsamkeit, die Leichtigkeit der Vereinigung von Theilen, z. B. Ansatz von Garnituren, Aufsetzen von Verzierungen; ferner die Möglichkeit, verschiedene Theile eines Gegenstandes aus Massen von verschiedener Färbung herzustellen, das Ueberziehen ungefärbter Masse mit gefärbter oder andersfarbiger; endlich die Möglichkeit, die Waare eben so gut mit als ohne Glasur herzustellen, die bald Email also deckend, bald gewöhnliche durchsichtige Glasur, bald gefärbt, bald ungefärbt sein kann. Es stehen daher Mittel in grosser Auswahl zu Gebote, um eine künstlerische Wirkung zu erzielen. Der Gegensatz des Glatten zur plastischen Verzierung, der Gegensatz verschiedener Färbung der Masse, z. B. des Stückes an sich und seiner Verzierung, der Gegensatz des blossen Schweisses der unglasirten Masse zum Glanze der Glasur und der Gegensatz verschiedener Glasuren. Dazu kommen noch die Verzierungen verschiedener Art des Malers.

Formen.

Glasur und Verzierung.

Am häufigsten erhält die Waare gar keine Glasur, denn sie nimmt

im Feuer hinreichend Schweiss an, um nicht zu trocken zu erscheinen und nicht zu schmutzen beim Anfassen. Durch Eintauchen oder Angiessen aufgesetzte Glasuren und Emaille sind je nach der Natur der Masse von wechselnder Zusammensetzung, aber stets bleiisch und feldspathhaltig. Gerade bei dem feinen Steinzeug ist ferner eine besonders dünne, auf eigenthümlichem Wege, nemlich durch Verflüchtigung (smearing der Engländer), erzeugte Glasur üblich. Diese Art zu Glasuren beruht einerseits auf der Flüchtigkeit der basischen Bestandtheile bleiischer Glasuren, andererseits auf der Fähigkeit hochglühender Thonflächen, solche Dämpfe im Feuer aufzusaugen und damit eine glasige Verbindung zu bilden. In der Ausführung handelt es sich zunächst darum, der bleiischen Glasur eine Zusammensetzung zu geben, die die Verflüchtigung möglichst begünstigt: Kochsalz mit Potasche und Bleioxyd; Kochsalz mit Natronsalpeter und Bleiweiss sind die gewöhnlichen Mischungen. Mit diesen überzieht man die Innenfläche der Kapseln, worin das betreffende Stück gebrannt werden soll. Im Feuer verflüchtigen sich Alkalien und Blei (wohl als Chlorverbindungen) und werden von der Oberfläche der Waare aufgesaugt, namentlich unter Mitwirkung der freien Kieselerde der Masse. Glasur durch Bleidämpfe.

Zum Brande kommen sowohl unglasirte als glasirte Waaren, die letzteren (soweit sie nicht durch Verflüchtigung glasurt werden) zweimal, zuerst für sich, dann mit Glasur. Der Hitzegrad beim Brande ist wenig von dem zu Fayence erforderlichen verschieden, auch sind die Oefen wesentlich von gleicher Einrichtung. Die Waare jeder Gattung wird nach Art des Porzellans stehend in Kapseln gebrannt.

Die gerade zur Verzierung des feinen Steinzeugs häufig vorkommenden „Metalllüstres“ werden genau ebenso behandelt wie bei Fayence, wo Näheres darüber angegeben wird.

Gemeines Steinzeug.

Sämmtliche bisher abgehandelte Töpferwaaren gehören unter die feinen, die sich durch besondere Sorgfalt in Aufbereitung von Material und Masse, äusserste Gleichförmigkeit derselben, durch eben solche Behandlung der Glasur, wo diese Anwendung findet, ferner durch besondere Leistung in Form und Decoration auszeichnen. Im Gegensatz dazu steht das gemeine Steinzeug *), bei dessen Herstellung weniger die Schönheit und das gefällige Aeussere, als die Nützlichkeit und Billigkeit massgebend sind, also im Allgemeinen auch nur einfachere Hülfsmittel und Begriff.

*) Einige wenden den Ausdruck „Steingut“ auf diese Waare an, der gewöhnlich etwas weit Verschiedenes, nemlich eine Art Fayence bezeichnet. Ueberhaupt ist der Sprachgebrauch der deutschen Töpferei in grosser Verwirrung.

Handgriffe zur Anwendung kommen. Während es mit der gemeinen Töpferwaare die einfachere Behandlung gemein hat, entfernt es sich von dieser wieder durch das gewähltere Material und den stärkern Brand. Damit, sowie mit dem geflossenen dichten Scherben schliesst sich das Steinzeug an die porzellanartigen Waaren an, aber wieder mit bestimmten Unterschieden. Diese verdanken ihren geflossenen Scherben stets einen zugesetzten Fluss und sind durchscheinend, das gemeine Steinzeug verdankt den dichten Scherben lediglich dem Feuersgrad und erhält keinen Fluss; es ist gar nicht, oder doch nur in den dünnsten Splittern durchscheinend. Das feine Steinzeug bildet so das Mittelglied zwischen dem Porzellan und dem gemeinen Steinzeug, mit jenem in dem Versatz mit Fluss, mit diesem in der Undurchsichtigkeit übereinstimmend. Mit dem Porzellan theilt das gemeine Steingut die grosse Beständigkeit gegen chemische Einflüsse, nicht aber gegen Temperaturwechsel und ist, bis auf wenige Ausnahmen, in dieser Beziehung noch empfindlicher, als das feine Steinzeug. Das gemeine Steinzeug dient daher vorzugsweise zu Zwecken, welche diese Gefahr ausschliessen: zu Krügen, Flaschen, Trinkgefässen aller Art, zu Einmachtöpfen, zu Röhren u. s. w. Die überwiegende Mehrzahl dieser Waaren und die wichtigsten Vertreter der ganzen Gattung kennzeichnen sich durch eine dünne, durch besondere Griffe mit Kochsalz erzeugte Glasur, obwohl auch gewöhnliche Glasuren vorkommen.

Geschichte. Im Alterthume, wo sich das Brennen der Töpfereien nur in den niedrigsten Hitzegraden bewegte, kann man die Kenntniss einer Waare nicht wohl erwarten, die ein so scharfes Feuer voraussetzt, wie das gemeine Steinzeug. Es erscheint in Europa in der That nicht vor dem 15. Jahrhundert, und zwar zuerst in Deutschland, wo seine Erzeugung ihren Sitz in der mittlern Rheingegend und den Reichsstädten Augsburg, Nürnberg und Regensburg nahm. Dort entfaltete sich der neue Zweig der Töpferei, ohne aus dem Rahmen des Kleingewerbes herauszutreten, zu einem grossen Umfange nicht nur, sondern auch zu einer Stufe der Ausbildung in Form und Ausstattung, in einem der Natur des Materials mit feinem Sinn angepassten Geschmack, die ihm für alle Zeiten in der Kunstgeschichte eine hohe Bedeutung anweist. Die Steinzeuggeschirre hatten in dieser Zeit den Charakter der Luxuswaare. Eine ähnliche hervorragende Stelle nahm auch die vlämische Steinzeugtöpferei im 15. Jahrhundert ein. Diese glänzende Epoche mit dem Beginne des 17. Jahrhunderts erlöschend, dauerte ungefähr 200 Jahre mit der Blüthezeit von etwa 80 Jahren, zwischen 1540 bis 1620. Von da an verlor sich die künstlerische, nicht aber die praktische Bedeutung des Betriebes. Denn an den alten wie an den neuen Sitzen dieses Gewerbes arbeiten die Steinzeugtöpfer in Material, Formen, Brand und Verzierung noch wesentlich ebenso, nach denselben technischen Grundsätzen, wie im Mittelalter. Trotz der bedeutenden Ausdehnung der Erzeugung und der grossen Verbreitung der Waaren hat sich die deutsche Steinzeugtöpferei bis in die

Gegenwart in der Form des Kleingewerbes bewegt, und sind erst wenig Anfänge einer schwunghaftern Betriebsweise bemerklich, während in England der Grossbetrieb auf einer hohen Stufe der technischen Entwickelung besteht.

Das gemeine Steinzeug, wie es gegenwärtig zu Markte gebracht wird, erscheint theils grau, bald perlgrau, bald bläulich, theils roth- bis kastanienbraun, Farben, die aus der Natur des Thons und des Brandes, nicht von künstlichen Zusätzen herrühren. Die mit Salz glasurten grauen Waaren sind gewöhnlich mit vorher eingeritzten und kobaltblau aufgestrichenen Verzierungen versehen. Die Hauptvertreter der letztern Art sind die sogenannten Koblenzer Geschirre aus den Orten Höhr, Grenzhausen, Baumbach, im sogenannten Krugbäckerland bei Vallendar, seit mehr als 300 Jahren aus den dortigen trefflichen Thonen erzeugt. Man unterscheidet dort die „Krugbäcker", die nur Krüge oder Steinflaschen zu Mineralwasser etc. machen, von den „Kannenbäckern", welche Trinkgeschirre, Haushaltungsgegenstände etc. liefern. Neben den grauen und braunen giebt es noch andersfarbige, aber weniger häufig, und mit eigentlichen Glasuren versehene Steinzeuge. Zunächst ist von dem Steinzeug nach Art der Koblenzer Waaren zu handeln, denen sich die englischen nahe anschliessen.

Plastischer Thon.

Das Material zu dem gemeinen Steinzeug ist der sogenannte plastische Thon. Er gehört zu den sehr strengflüssigen oder feuerfesten und besitzt die Eigenschaft, bei anhaltender strenger Hitze zu einer steinigen dichten harten Masse von etwas glänzendem Bruch zusammenzusintern, ohne dabei allzusehr zu erweichen. Diese beiden Eigenschaften sind es, auf denen die Steinzeugtöpferei im Wesentlichen beruht. Die eine macht es möglich, aus dem plastischen Thon Geschirre von dichtem, nicht durchlassendem Scherben durch blosse Wirkung der Hitze zu erzeugen; die andere, die sehr mässige Erweichung, macht es möglich, dass selbst Arbeitsstücke von beträchtlicher Grösse im Feuer gut stehen. Der hohe Grad von Bildsamkeit, der jener Gattung Thon den Namen gegeben, ist eine weitere höchst fördernde Unterstützung. Wenn die Thone nicht von Natur hinreichend freie Kieselerde oder Sand enthalten, setzt man solchen, auch wohl Chamotte derselben Geschirrmasse, zu, um die Schwindung und die Gefahr des Reissens der Waare herabzustimmen. Ueberhaupt ist nicht jeder plastische Thon brauchbar, sondern nur die einer mittleren Strengflüssigkeit; leichte kalk- und alkalireiche würden zu wenig stehen, ganz strenge kommen im Brande zu theuer und finden besser als feuerfeste Verwendung. Als Beispiele mögen die Analysen einiger Thone eine Stelle finden:

Chemischer Bestand des Thones.

	1.	2.	3.
	Gegend von Vallendar:		
	Ebernhahn	Mühlheim	—
Sand	14,79	12,41	9,43
Kieselerde	32,18	35,35	38,21
Thonerde	37,95	35,36	33,47
Eisenoxyd	0,95	2,69	4,60
Kalk	0,04	0,16	0,93
Bittererde	0,11	0,07	0,67
Kali	3,00	1,24	1,18
Gebundenes Wasser	10,02	11,72	11,81
Summa	99,04	99,00	100,30

Nro. 1 und 2 von C. Bischof, Nro. 3 von Richter analysirt. Die beiden ersten sind fett im Anfühlen, von erdigem Bruche, glattem, glänzendem Schnitt, im Mörser nur schwach knirschend, stark an der Zunge haftend, in Wasser mit singendem Geräusch zerfallend, mit Säure nicht aufbrausend, und schwärzen sich bei gelindem Glühen. Nro. 1 ist von Farbe ziemlich rein weiss, ins Bläuliche und Gelbliche ziehend, seine Schwindung 6 Proc., seine Strengflüssigkeit unter 2, sein Bindevermögen 8; er sintert zu einer bläulichen, nicht reissenden Masse. Nro. 2 ist dunkel schieferblau von Farbe, hier und da mit Eisenschnüren durchsetzt, die Schwindung 5 Proc., die Strengflüssigkeit 3, das Bindevermögen 9 bis 10, im Sintern zum Reissen geneigt. — Die plastischen Thone aus derselben Gegend von Vallendar sind auch von Fresenius einer eingehenden Untersuchung unterworfen. Von den dortigen Thonen sind mit besonderer Rücksicht nur diejenigen ausgewählt, die in den Steinzeugtöpfereien gebraucht werden, übrigens im natürlichen Zustande untersucht. Alle fünf Sorten zeigten die allgemeinen Eigenschaften der plastischen Thone: grosse Bildsamkeit, Zerfallen unter Wasser mit singendem Geräusch und unter Entwickelung von starkem Thongeruch, kein Aufbrausen mit Säuren, heftiges Splittern vor dem Löthrohre; in der Probirröhre färben sie sich graulich und geben Dämpfe verschiedener Reaction. Die Farbe ist wenig verschieden, grauweiss, bald mehr bald weniger ins Gelbe ziehend, das Anfühlen bei I. und II. sandig (siehe unten), mit mattem Schnitt, bei den übrigen drei fett, mit weniger mattem bis glänzendem Schnitt. Alle brennen sich vor dem Löthrohre

weiss und sintern mit Ausnahme von I. Die Dämpfe beim Erhitzen in der Probirröhre sind bei II. alkalisch, bei I. und III. sauer, bei IV. und V. anfangs sauer, zuletzt alkalisch. — Beim Abschlämmen lieferten die Thone gröblichen fühlbaren Sand, nicht fühlbaren staubförmigen Sand und feinsten Schlamm, zum Theil aus Kieselmehl, zum Theil aus Thon bestehend, in der Art, dass die gröberen Schlemmprodukte mit mehr grauer, die feineren mit mehr weisser Farbe auftreten. Aus dieser mechanischen und aus der chemischen Analyse zusammen ergiebt sich der Bestand der Thone wie folgt: Chemischer Bestand des Thones.

	I.	II.	III.	IV.	V.
	Thone bei 100° C. getrocknet:				
	Hill-scheid.	Ben-dorf.	Baum-bach.	Grenz-hausen.	Ebern-hahn.
Streu- } Sand	24,91	11,39	9,13	7,91	6,81
Staub- } Sand	11,40	12,64	7,07	12,45	9,89
Feinster } Sand	20,64	23,37	—	9,27	1,59
Lösliche } Kieselerde .	1,39	1,06	1,05	0,91	0,98
Gebundene } Kieselerde .	18,69	26,98	45,53	37,74	45,53
Thonerde	14,06	17,09	25,48	20,00	24,47
Eisenoxyd *)	1,35	1,13	1,25	1,78	1,72
Kalk	0,35	0,48	0,36	0,61	1,08
Bittererde	0,47	0,31	0,47	0,52	0,87
Kali	1,26	0,52	2,51	2,35	0,29
Gebundenes Wasser . .	5,17	4,71	6,65	6,39	6,72
Summa **) . .	99,69	99,68	99,50	99,93	99,95

*) Theilweise als Oxydul vorhanden.

**) Es sind ausserdem noch Spuren von Mangan, Natron, Schwefelsäure und Phosphorsäure vorhanden.

Die auffallendsten Verschiedenheiten liegen darnach im Betrage der freien unlöslichen, als Sand und Staub beigemengten Kieselerde. Der Sand beträgt bei:

I.	II.	III.	IV.	V.
56,95	47,40	16,20	29,63	18,29

Die untersuchten Thone sind daher Gemenge von Sand, mit dem plastischen Theile in sehr ungleichem Verhältniss. Weit weniger Verschiedenheit erweist der chemische Bestand des plastischen Theiles für sich, denn auf 100 Gewichtstheile desselben kommen:

	I.	II.	III.	IV.	V.
Kieselerde	54,30	52,74	55,40	54,43	56,48
Thonerde	34,08	33,41	31,04	28,85	30,36
Gebundenes Wasser . .	12,29	9,08	8,00	9,13	8,24

Der Vergleich der Analysen von C. Bischof, von Richter und von Fresenius für die Thone des gleichen Fundortes deutet darauf hin, dass die Beschaffenheit in demselben Lager keineswegs durchaus gleich ist; denn der eine findet z. B. 37,95, der andere nur 24,47 Proc. Thonerde im Thon von Ebernhahn. Auch ist es in der Praxis sehr wohl anerkannt, dass dieselben Thonlager nicht nur in verschiedenen Gruben, sondern auch in verschiedenen Teufen derselben Grube starke Verschiedenheiten darbieten. Uebereinstimmend weisen alle Analysen einen merklichen Gehalt von Eisenoxyd und von Kali nach. — Ein englischer, zu Steinzeug gebrauchter Thon, Sandy clay, enthält nach Couper:

Kieselerde	Thonerde	Eisenoxydul	Kalk	Bittererde	Wasser
66,68	26,08	1,26	0,84	Spur	5,14 Proc.

Einschlüsse. Die meisten plastischen Thone enthalten Einschlüsse von Schwefelkies in Gestalt von kleinen Nieren. Eine sehr nachtheilige Beimengung, denn diese Kiese verwandeln sich beim Brennen in Eisenoxyd, welches mit dem nächst umgebenden Thon zu einer schwarzen Schlacke ausschmilzt und die Waare verdirbt, abgesehen davon, dass die Einschlüsse schon beim Formen hinderlich sind. Die unerlässliche Ausscheidung der Kiesnieren verursacht viel Mühe und Arbeit.

Die Massenbereitung. Die Herstellung der Masse ist auf dreierlei Zwecke gerichtet: Reinigung des Thones, Gattiren des Thones und vollkommene Mischung der Thone unter sich und des etwaigen Versatzes. — Die Thone sind im natürlichen Zustande zu fest, nicht bearbeitbar, man macht sie daher mit Wasser in Gruben an, worin man sie weichen lässt („Einsumpfen"). Dann folgt das Gattiren zur Erzielung einer mittlern, der Arbeit angepassten Beschaffenheit, welche den einzelnen Thonen für sich fehlt. Als Beispiel können die oben beschriebenen Thone von Vallendar dienen. Der Thon von Hillscheidt giebt für sich im Feuer der dortigen Töpfer kein Steinzeug, wegen seines hohen Kieselerde- (Sand-) Gehaltes; er dient aber trefflich zum Versatz der Thone von Baumbach und Ebernhahn und umgekehrt. Aehnlich versetzt man den Thon von Grenzhausen mit dem von Bendorf. Im Kleinbetriebe, wo man die Verarbeitung des frischen Thons, wie er aus der Grube kommt, für besser hält, verfährt man wie folgt: Zum Zwecke des Versetzens breitet man die eingesumpf-

Chemisches Institut

ten Thone in abwechselnden, möglichst dünnen Schichten übereinander, so dass ein Haufen entsteht, den man zunächst durch Treten bearbeitet. Ist man genöthigt, aus Mangel passenden Thons Sand zuzusetzen, so geschieht dies bei Gelegenheit des Tretens. Es folgt die Behandlung des Gemisches mit der Klinge. Zu dem Ende schlägt man den oberflächlich gemengten Thon in grosse säulenartige Ballen, zerschneidet mit einer flachen Klinge in dünne Späne und knetet diese wieder zusammen. Man begegnet unfehlbar allen Einschlüssen von Kies und dergleichen, sie machen sich dem Gefühl durch die Klinge sofort bemerklich und werden beseitigt; zugleich erreicht man eine recht vollständige Mischung. Diese uralte, ihren Zweck sehr gut erfüllende Behandlung ist durch den unverhältnissmässigen Aufwand an Arbeit sehr kostspielig. Auch die kleinen Töpfer haben daher meistentheils den Thonschneider mit einem Pferdegöpelbetriebe eingeführt, gewöhnlich so, dass das Pferd in einem Raume über dem Thonschneider unmittelbar an der durch die Decke verlängerten Axe arbeitet. Bei grosser Ersparniss an Arbeit ist weniger Sicherheit bezüglich der Entfernung der Einschlüsse. In den noch sehr vereinzelten besser eingerichteten Töpfereien mit fabrikmässigem Betriebe geschieht die Herstellung der Masse durchaus mit Maschinen. Um den störenden Einfluss des ungleichen und wechselnden Wassergehaltes der Thone auf das richtige Gattirungsverhältniss möglichst zu mindern, lässt man zunächst die Thone unter einem Schuppen liegen, bis sie auf beiläufig gleichen Grad an der Luft abgetrocknet sind, und giebt sie in diesem Zustande (mit Wasser) auf einen stehenden Thonschneider. Die daraus hervorquellende, noch unvollkommen gemischte, Thonmasse geht unmittelbar durch ein Paar hinreichend eng gestellter Quetschwalzen und nach dem Durchquetschen als Bänder in einen zweiten Thonschneider, wo sie die vollständige Mischung erlangt. Eine Beseitigung der Einschlüsse findet dabei nicht statt, aber die Kiesstückchen etc. werden zwischen den Walzen zerquetscht, und damit unschädlich. Mit dem Thon gleichmässig gemengt erhöhen sie nur in unfühlbarer Weise den Eisengehalt desselben, ohne durch Ausschmelzen Beschädigung der Waare zu verursachen.

von Hand.

mit Maschinen.

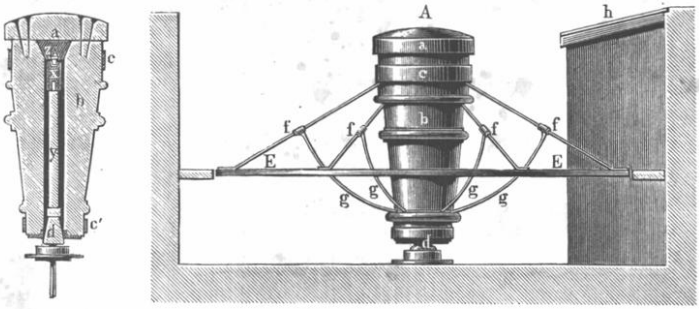
Die Steinzeugtöpfer, wenigstens die am Rhein, pflegen stets zweierlei Massen herzurichten: eine strengere, kieselerdereichere für die untere heissere Gegend des Ofens, und eine leichtere, mit weniger Kieselerde, für die obere weniger heisse Region. Bei Vallendar z. B. besteht die leichtere Masse aus Thon von Ebernhahn, Baumbach und Grenzhausen in wechselndem Verhältnisse (je nach Lage, Transportkosten, Herkommen und Vorrath); die strengere Masse aus dem Gemenge derselben Thone mit einem Drittel Hillscheider Thon. Die sogenannten „Kannenbäcker“ versetzen im Allgemeinen strenger, die sogenannten „Krugbäcker“, die oft dreierlei Massen für drei Hitzegrade anfertigen, weniger streng.

Verschiedenheit der Massen.

Als Gegenstand der ausschliesslichen Nützlichkeit fürs tägliche und gewerbliche Leben lässt das gemeine Steinzeug nur die einfachsten

Die Scheibe. Hülfsmittel des Formens zu, die sich in der Hauptsache auf die Drehscheibe beschränken. Die Drehscheibe der Steinzeugtöpfer ist theils aus Herkommen, aber auch, weil hier häufiger grosse und schwere Stücke vorkommen, abweichend von der gewöhnlichen (Seite 313). Sie hat die Gestalt eines Wagenrades von der Einrichtung Fig. 191, und be-

Fig. 191.



zweckt nachhaltigen Schwung, grössere Stetigkeit des Ganges bei möglichster Leichtbeweglichkeit. *A* ist die starke hölzerne Nabe, *E* das gusseiserne Schwungrad, *f* die durch die Bogenstücke *g* versteiften Speichen und *y* die im Boden senkrecht feststehende Achse. Die Nabe ist mit Reifen *b*, *c*, *c'* versehen, die zugleich zur Befestigung der Speichen und Bogen dienen. Das Rad befindet sich in hängender Lage auf der Achse, an deren oberstem Ende eine Spur *x* den Stahlzapfen *z* aufnimmt. Der Schwerpunkt des Ganzen liegt sehr tief unter dem Aufhängepunkte, nahe bei dem eisernen Rade; schon dadurch wird ein ruhiger Gang erzielt; um aber Schwankungen ganz zu verhindern, ist der Kegel *d* von hartem Holze am untern Ende der Achse aufgeschoben, der mit der Nabe bei der Bewegung ohne viel Reibung Fühlung hält. An dem mit grossen Nägeln oder Schrauben aufgesetzten Scheibenkopf *a* arbeitet der auf der Bank *h* sitzende Dreher. Was diese Scheibe noch besonders von der gewöhnlichen unterscheidet, ist der Umstand, dass sie nicht während der Arbeit mit dem Fusse, sondern vor der Arbeit mit der Hand in Bewegung gesetzt wird. Dies thut der Dreher stehend mit dem 2 Meter langen Drehstock und arbeitet dann jedesmal sein Stück mit der vorräthigen Bewegung aus, die anfängliche raschere zum Aufdrehen, die langsamere zum Nacharbeiten benutzend. Wenn man in Betracht zieht, dass das eiserne Rad einen Centner und darüber wiegt, so begreift man, dass eine solche Scheibe ein hinreichendes Moment besitzt, um selbst mit einem Antreiben grosse Stücke fertig zu machen.

Bei der Arbeit beginnt der Dreher mit Schlagen und Kneten der Masse nach dem „Wurf“, d. h. in kleinen Ballen, um sie noch vollständiger zu mischen und sonst in gleiche Beschaffenheit zu bringen. Ausser

seinen Händen zum Aufdrehen gebraucht er bei der Arbeit nur das „*Wirkkolz*“, ein kleines Brett zum Schlichten der gedrehten Fläche, zum Anbringen einfacher Glieder, Stäbe, Kehlen etc. Gegenstände, die ihren Grössenverhältnissen nach sich nicht in einem Stücke aufdrehen lassen, werden zusammengesetzt und zwar, um eine verlässige Verbindung zu erhalten, auf Nuth und Feder mit Schlicker. Zur grösseren Sicherheit legt man von aussen ein schmales Thonband um die Fuge und arbeitet die einzelnen Theile derselben durch Schlagen ineinander, dass sie ein Ganzes aus einem Stücke bilden. Beim Schlagen von aussen hält man von innen einen Holzklöppel entgegen. Ovale, eckige Waaren, die sich nicht ohne Weiteres auf der Scheibe herstellen lassen, sondern nur mit Formen, bleiben ausgeschlossen.

Verzierung mit Figuren,

Was die Verzierung der Waare anbelangt, so bringt man zuweilen aufgesetzte in besonderen Formen ausgedrückte Figuren in halberhabener Arbeit an; obwohl sie leicht herzustellen und besonders gut bei der sehr haftenden bildsamen Masse anzubringen sind, macht man doch nur wenig Gebrauch davon. Um so mehr aber von den eingegrabenen Verzierungen mit blauen Linien auf den grauen Steinwaaren, wie das Geschirr der Koblenzer Kannenbäcker, von den frühesten Zeiten her üblich. Die Figuren werden mit einem spitzen hölzernen Griffel in die frisch abgedrehten Krüge u. s. w. eingeritzt. Nachdem sie weisstrocken geworden, fährt man sie mit Farbe (mit etwas Kochsalz versetzte Smalte) nach, füllt einzelne Felder damit aus, die blau erscheinen sollen. Andere, fast ähnliche Verzierungen werden mit einem stumpfen Holze eingedrückt, statt geritzt.

mit Farbe.

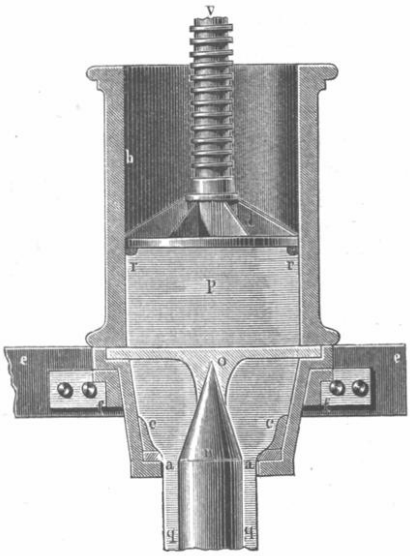
Röhren.

Ein Erzeugniss der Steinzeugtöpferei tritt in Bezug auf die Formung gänzlich aus dem Rahmen des gewöhnlichen handwerksmässigen Betriebes heraus; dies sind die Steinzeugröhren zu Wasserleitungen, Abtritten, Kaminen und ähnlichen Zwecken. Bei dem massenhaften Bedarf, bei der geringen Leistung, der wenig saubern Arbeit und der geringern Güte des Productes der ehemals üblichen Handarbeit, gegenüber der Ueberlegenheit des Maschinenbetriebes in allen diesen Punkten, hat sich die Herstellung von Thonröhren als ein besonderer Zweig zur Selbständigkeit erhoben und ist so gut wie ganz dem fabrikmässigen Betriebe anheimgefallen. Das allgemein übliche Werkzeug ist die Röhrenpresse. Sie besteht aus einem Behälter mit der vorräthigen Masse, in welchem diese durch einen Druckkolben dergestalt zusammengepresst wird, dass sie genöthigt ist, durch eine ringförmige Oeffnung im Boden als eine hohle Walze, als Rohr auszutreten. Jener Behälter ist bald ein Cylinder, bald ein viereckiger Kasten, bald stehend, bald liegend angebracht; der runde oder viereckige Kolben wird bald durch Hülfe einer Schraube, bald mit Winde und Zahnstange in Bewegung gesetzt. Eine dieser Pressen ist in Fig. 192 (a. f. S.) abgebildet; *b* ist der starkwandige eiserne Cylinder mit der Vorrathmasse *p*, auf welche der durch die Schraube *v* bewegte Kolben *d* drückt. Die zusammengepresste Masse tritt aus der

Röhren.

konischen Mündung *a* als Cylinder, und wegen des in der Mündung *a* befestigten Kerns *n* als Hohlwalze oder Röhre *q* aus. Der Kern ist mittelst eines quer durch den Cylinder gehenden Steges *o* befestigt; an diesem Stege spaltet sich die vorrückende Thonmasse und schliesst sich wieder hinter demselben zu einem Ganzen zusammen; um dies zu befördern, ist der Steg an den Seitenflächen gezähnelt, es entstehen dann gekerbte Flächen, die sich besser vereinigen. Innerhalb der Mündung ist das Holzfutter *c* eingesetzt, um die scharfe, rauh arbeitende innere Kante der Mündung unschädlich zu machen. Auf dem Gerüste, wovon *e* ein Theil ist, sind die Schienen *f* befestigt, auf denen sich der Presscylinder verschieben lässt bei der Nachfüllung der Masse. Als Liderung legt man unter den Rand des Kolbens *d* einen zum Ringe gebogenen Hanfstrick *r*, *r*, der das Entweichen des Thons rückwärts verhindert, ohne dass man das gedrange, unter den obwaltenden Umständen missliche Einpassen des Kolbens nöthig hat. Indem sich jede folgende Beschickung des Presscylinders mit dem Reste der vorhergehenden in dem konischen Theile zu einer zusammenhängenden Masse vereinigt, könnte man ein Rohr von unbegrenzter Länge erzeugen. Diese Länge ist jedoch aus anderen Gründen sehr beschränkt und übersteigt gewöhnlich die Grösse von 1 Meter nicht. Wenn die Röhren kein übermässiges Gewicht annehmen sollen, kann man denselben eine Wandstärke von nur wenigen Linien je nach der Weite geben, sie tragen sich daher nicht frei, ohne zusammen zu sinken, und müssen mit einem Holzkern aufgefangen werden. In dem Zustande von Weichheit der Masse, wie ihn die Presse voraussetzt, ist das Gewicht des Rohres schon bei einigen Fussen Länge grösser als der Zusammenhang, es droht abzureissen. Aus diesem Grunde lässt man das Rohr nicht senkrecht frei herabhängend, sondern auf einer schräg geneigten Unterlage mit Leitungsrollen hervortreten, so dass das Rohr, ohne zu früh abzureissen, doch hinreichend Zug vorwärts hat, um sich nicht zu stauchen. Bei der Anlage von Leitungen müssen die ein-

Fig. 192.



zelnen Rohrstücke dicht verbunden, also auf einige Zoll ineinander geschoben werden und folglich je an einem Ende eine entsprechende Erweiterung, den „Muff“, erhalten. Auch diese Erweiterung wird mit der Presse in einer Operation mit der Röhre erzeugt, dadurch, dass man an die Mündung des Presscylinders beim Beginn der Operation einen beweglichen glockenförmigen Ansatz befestigt (oder durch Hebelwirkung andrückt), dessen äusserer Theil die Fortsetzung des Presscylinders, dessen innerer die Fortsetzung des Kernes ist. Sobald sich die Glocke mit Thonmasse gefüllt hat, lässt der angedrückte Formtheil los und bewegt sich mit der wachsenden Röhre vorwärts. — Um das Anhängen zu verhindern, ist es erforderlich, die betreffenden Theile jedesmal mit Thon-, Ziegel- oder Kohlenmehl zu bestäuben. Zur Erleichterung des Pressens pflegt man die Mündung des Cylinders oder Kastens beim Austritt des Rohres durch Auftröpfeln von Wasser schlüpfrig zu erhalten.

Trocknen der Waare.

Wie bei allen Thonwaaren, muss auch das Steinzeug vor dem Einsetzen in den Ofen möglichst trocken sein. Man erkennt dies an dem Uebergange der grauen in eine nahezu weisse Farbe („*weisstrocken*“).

Das Brennen des ordinären Steinzeugs ist entschieden die schwächste Seite des Betriebes, vor Allem im Kostenpunkt. In einem Kleinbetriebe, wo, wie in Hörr bei Vallendar, der Meister durchschnittlich nur 2 bis 3 Gesellen beschäftigt und die Hälfte der Meister gar keinen Ofen besitzt, sondern zur Miethe brennt und keiner mehr wie ein Dutzend Brände im ganzen Jahre fertig bringt, ist eine Entwicklung nach dieser Seite am wenigsten vorauszusetzen. Man brennt in denselben Oefen, die man von den Vorfahren überkommen hat, und diese Oefen sind natürlich, der damaligen Zeit angemessen, von ursprünglicher Einfachheit und auf Holzfeuerung eingerichtet. Die bestehende Einrichtung der Oefen zwingt daher den Töpfer, trotz der heutigen hohen Preise, mit Holz fortzufahren; Versuche mit dem Ersatz des Holzes durch Braun- und Steinkohlen sind in den meisten Töpfereien von halbem Erfolg geblieben.

Oefen; bei Koblenz.

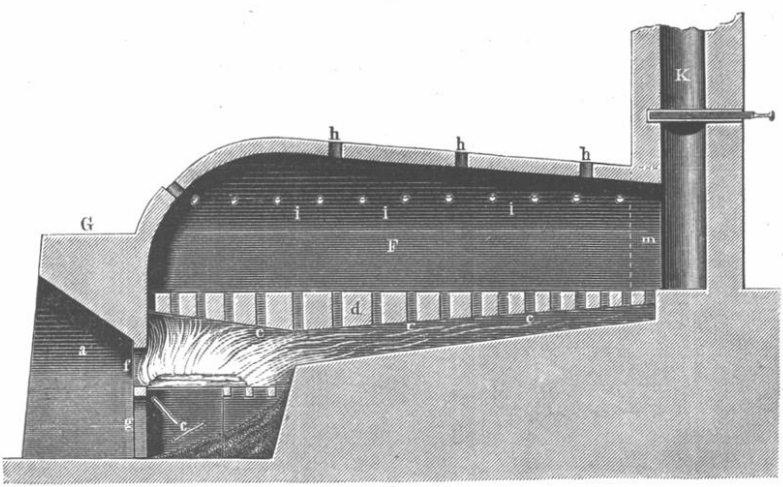
Die in der Gegend von Koblenz gebräuchlichen altherkömmlichen Oefen sind liegende, in Bezug auf die wagerechte Längenaxe, aber keineswegs der Zugrichtung nach, welche senkrecht von unten nach oben geht. Die Sohle, auf der das Geschirr eingesetzt wird, ist ein Rechteck von 8 bis 8,5 Meter Länge bei 1,7 bis 2,3 Meter Breite und bildet mit den Seitenwänden und dem im Höhenabstande von 1,7 bis 2 Meter darüber gespannten Tonnengewölbe den Arbeitsraum oder die Geschirrkammer. Unterhalb derselben durch die ganze Länge des Ofens erstreckt sich der Heizraum 0,7 bis 0,9 Meter hoch. An der einen schmalen Seite des Ofens befindet sich die Eintrageöffnung zur Geschirrkammer, an der entgegengesetzten die Heizöffnung mit mehreren Thüren. Die im Heizraum entwickelte, denselben ganz erfüllende und sich darin nach der ganzen Länge verbreitende Flamme, steigt durch zahlreiche Oeffnungen in der (ein flaches Gewölbe von 21 Centimeter Stärke bildenden) Sohle in die Geschirrkammer, breitet sich in dieser und dem Zwischen-

Oefen bei Koblenz.

raume zwischen den eingesetzten Geschirren aus und entweicht schliesslich durch 4 bis 6 Oeffnungen im Tonnengewölbe, die nahe an den beiden schmalen Seiten des Ofens angebracht, mit ebenso vielen kurzen Kaminansätzen von 0,7 bis 0,9 Meter versehen sind. Die zu brennende Waare ist bis zur Decke ohne Kapseln übereinander geschichtet. Um der Aufschichtung mehr Halt zu geben, sind alle 1,5 Meter (oder in etwas kürzeren Abständen) Gurtbogen unter dem Deckengewölbe mit den Widerlagern in der Seitenmauer eingezogen, an welche die Geschirrstösse anlehnen. — Das Innere des Ofens ist durchaus mit einem 9 bis 14 Centimeter starken feuerfesten Futter versehen, welches von Jahr zu Jahr erneuert werden muss.

Das Eintragen des Geschirrs dauert 3 Tage, das Feuern 36 bis 40 Stunden, Verkühlen und Austragen noch 3 bis 4 Tage, also der ganze Brand 9 bis 10 Tage. Man verfeuert theils hartes, theils weiches Holz, im Ganzen 6 Klafter (144 Kubikfuss), im Gesammtpreise von 86 Thalern, bei dem Werthe des Einsatzes von 200 bis 230 Thalern an Geschirr, so dass der Verbrauch an Brennstoff 37 bis 43 Proc. des letztern beträgt. Beim Brennen von Mineralwasserkrügen ist wegen der viel beträchtlichern Masse des Einsatzes mehr Zeit und Holz erforderlich, 50 Stunden und 9 bis 12 Klafter. Man rechnet im Allgemeinen bei den rheinischen Krugbäckern 82 Proc., bei den Kannenbäckern 65 Proc. der gesammten Erzeugungskosten für Brennmaterial. Nach Beendigung des Feuerns, während der Einsatz noch in voller Gluth steht, erfolgt das Glasiren mit Salz, 2 bis 3 Centner, die man durch besondere Oeffnungen im Deckgewölbe einwirft.

Fig. 193.



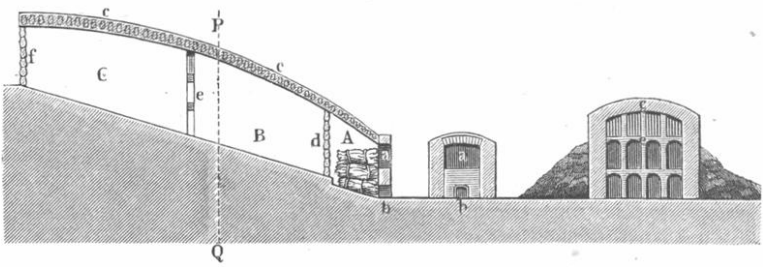
Diese Oeffnungen von 8 Quadratdecimeter, 24 bis 30 an der Zahl, sind ringsum an allen vier Ofenseiten vertheilt, mit eisernen Schiebern versehen und dienen neben dem Einwerfen und Vertheilen des Salzes auch zum Beobachten des Feuers. Oefen:

Wenn man Steinkohle verwendet, was jedoch bei Vallendar und sonst meistens immer neben Holz geschieht, erhält die Feuerung an der Schürseite einen Rost von 1 Meter oder etwas darüber im Geviert.

Zuweilen, namentlich im zuletzt erwähnten Falle, giebt man dem Ofen einen Kamin *K*, Fig. 193, mit Schieber; *F* ist der Geschirrraum, *d* die durchbrochene Sohle, *e* der Feuerraum mit der Thür *f*, und dem Rost, *c* der Aschenfall mit dem Zugange *g*, *a* das Gewölbe zur Feuerung *G*. Die Deckenöffnungen *h*,*h* und die Oeffnungen *i*,*i* in der Seitenwand dienen zur Regulirung des Feuers, letztere auch zum Einwerfen des Salzes. Mit Kamin

Noch roher in der Einrichtung sind die französischen Oefen (zu Saveignies), Fig. 194, ebenfalls liegende, aber mit wagerechtem Zug, etwas schräge ansteigend, zugleich für gewöhnliches Töpferzeug dienend. Die Sohle ist geneigt, um die Wirkung der Flamme recht nach dem Boden zu ziehen, wo die Geschirre schwieriger gahrbrennen. Die Mauer *a* mit den Schürlöchern, Fig. 194, die Mauer *e* (welche den französische.

Fig. 194.



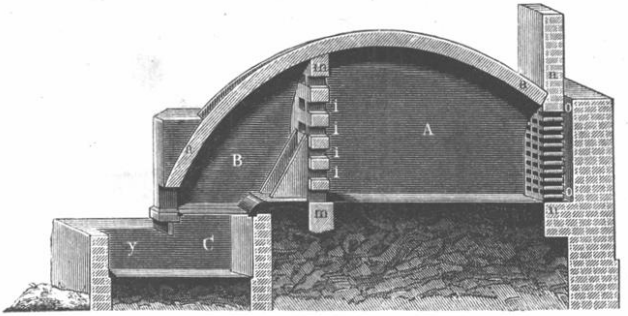
Brennraum in einen hinteren *C* und vorderen *B* trennt), sowie die Seitenwände sind von Backsteinen, dagegen die Rückwand *f*, das Gewölbe *c c* und die Wand *d* des Feuerraumes *A* sind aus einer Art Töpfen zusammengefügt, die man besonders für diesen Zweck macht. Besonders für die Gewölbe gewähren sie Vortheil, indem sie grosse Leichtigkeit mit bedeutender Festigkeit vereinigen. Im Gewölbe sind die Lücken zwischen den Töpfen ausgefüllt, bei *c* und *d* dagegen für den Durchgang der Flamme offen gelassen. Die Scheidewand *e* ist durchbrochen; in dem Raume *B* befindet sich das Steinzeug, in der kühlern Abtheilung *C* die gewöhnliche Töpferwaare. Der Brand dauert 60 Stunden, das Abkühlen 100 Stunden.

Einen verbesserten Ofen für Steinkohlenfeuerung, aber ebenfalls mit wagerechtem Zug, wie er bei Duingen und Brüninghausen im Hannoverschen gebräuchlich ist, giebt Fig. 195 a. f. S. *A* ist der Brennraum, *B* der Feuerheerd für Steinkohlen, welcher durch den Rost von dem Aschen-

Hannövrischer Ofen.

fall *C* geschieden wird. *A* und *B* sind von einem gemeinschaftlichen ellipsoidischen Gewölbe *a a* überspannt. Der Zug wird durch die Oeffnung *J* mittelst einer Deckplatte regulirt, geht durch den Rost aufwärts in die Kohlen, von wo die sich entwickelnde lange Flamme, durch die Blendungen *i i* der Mauer *m m* möglichst vertheilt, in den Brennraum eintritt. Sie trifft die daselbst aufgestellten Geschirre und entweicht durch die Blendungen der zweiten Wand *n n* in einen Kanal *o*, der als Esse dient. Durch das Schürloch *c* besorgt man das Feuer; Zugänge in der Rückwand und in *n n* dienen zum Einsetzen und Ausfahren, sind aber während des Brandes vermauert. —

Fig. 195.



Salzglasur.

Die Handgriffe beim Glasiren mit Salz, welche in manchen Töpfereien auch den Zweck haben, auf die Farbe der Waare einzuwirken, sind im Ganzen einfach. Das Einwerfen von Salz geschieht stets zu Ende des Brandes zur Zeit der Gare, sei es unmittelbar nach Beschluss des Feuerns, sei es, dass in kurzen Zwischenräumen noch einigemal nachgeschürt wird, namentlich um den Einsatz überall auf möglichst gleiche Temperatur zu bringen; denn diese und gleichmässige Vertheilung des Salzes sind die Hauptvoraussetzungen. Bei der Behandlung mit Salz ist kein anderer Brennstoff zulässig als Holz in den oben beschriebenen Oefen; die ganze Operation ist rasch vorüber und dauert $^1/_4$ Stunde oder etwas darüber.

Der Hitzegrad der Waare beim Ausbrennen ist nach dem langen scharfen Feuer so hoch, dass die Masse zur Sinterung gelangt, also reichlich so hoch, dass das eingeworfene Salz sich in kürzester Frist in Dampf verwandelt, der als ein sichtbarer Rauch oder Nebel den Ofen erfüllt, nach allen Punkten hingelangt und gleichmässig auf die innere und äussere Oberfläche der Geschirre wirkt. An den Löchern der Decke oder Seitenwände verdichtet er sich zum Theil als weisser Anflug. Der glasige Ueberzug der Geschirre entspringt daher aus der Einwirkung der Salzdämpfe auf die Bestandtheile der glühenden Thonoberfläche, welche aus dem Kochsalz Natrium aufnimmt und in glasigen Fluss geht. Die

Annahme, dass das Chlornatrium des Salzes dabei der Zersetzung durch Wasserdampf bedürfe, mit dem es Chlorwasserstoff und Natron bilde, ist schwerlich allgemein gültig. Wasserdampf kann nur in den Verbrennungsprodukten, als Bestandtheil der Flamme, vorhanden sein, aber in der Ausübung ist dies nicht immer der Fall, da man auch nach dem Aufhören des Feuers glasirt. Unzweifelhaft wird Chlornatrium in der Glühhitze von Wasserdampf zersetzt, aller Wahrscheinlichkeit nach aber auch direct durch kieselige Materialien. Im Schmelztiegel erhält man bei Kokefeuer aus Kochsalz und Thon natronhaltige Silicate. Ist Eisenoxyd zugegen, so setzt sich dies mit Chlornatrium in Natron und Eisenchlorid um, welches letztere grösstentheils verflüchtigt wird, während sich das gebildete Silicat bleicht. Vorgang im Feuer.

Auch die Beschaffenheit des Thons ist von Einfluss beim Glasiren mit Salz; nicht alle Waaren lassen sich glasiren, noch werden alle glasirt. Salvetat fand bei einer vergleichenden Untersuchung von je drei Sorten mit Salz glasirter und fünf Sorten unglasirter Waare im Mittel: Einfluss der Natur des Thons.

	Kieselerde	Thonerde	Eisenoxyd	Kalk	Magnesia	Alkalien	Summa
Glasirt	74,30	20,18	3,38	0,57	0,27	0,95	99,65
Unglasirt	64,74	24,99	8,39	0,87	0,16	0,41	99,56

Die Befähigung, Salzglasur anzunehmen, liegt demnach in einem Ueberschuss von Kieselerde, der sich namentlich deutlich im Atomverhältniss darstellt, denn auf 10 Atome Kieselerde kommen bei der glasurten Waare 3,3 Atome, bei der unglasurten Waare 5,0 Atome Basen zusammen *). Am meisten kommt es wohl auf den Betrag der freien Kieselerde des Thongemisches an. Alle (siehe die Seite 415 ff. gegebenen Analysen) Thone der Gegend von Vallendar, besonders der „Sandy clay“ von Couper, der wesentlich zu Salz glasurter Waare benutzt wird, sind reich daran. — Man will gefunden haben, dass sich manche Sorten Salz des Handels ungleich besser eignen, als andere, so z. B. in Frankreich das vom Salzen der Stockfische abfallende Salz. Ob ein Unterschied wirklich vorliegt und worin er besteht, muss einstweilen dahin gestellt bleiben.

Die Salzglasur ist nur die gewöhnlichste, die der häufigst vorkommenden Artikel, aber es kommen noch andere aufgesetzte Glasuren vor, theils deckend emailleartig, theils durchsichtig. Schlacken von Eisenwerken, Mergel, eisenschüssige wie die dunkelbraune Glasur der Bunz- Aufgesetzte Glasuren.

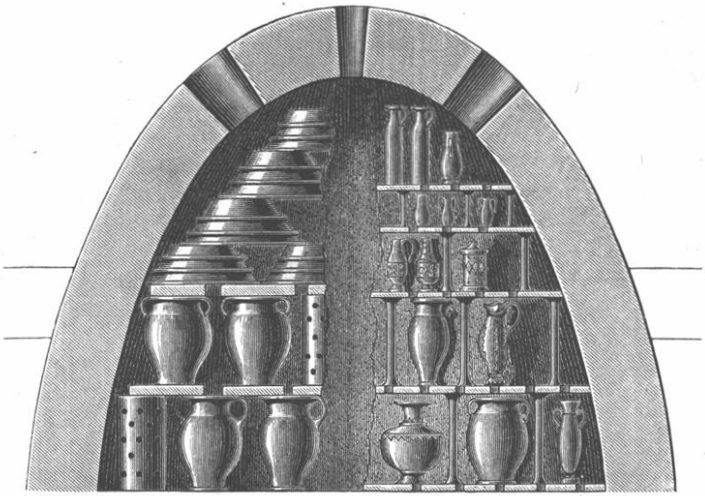
*) Die Alkalien sind nicht mitgerechnet.

lauer Geschirre, vulkanische Fossilien und dergleichen mehr, sind das Material. Die Glasur wird durch Eintauchen oder durch Bestäuben der frischen Geschirre aufgetragen und in einem Brande mit dem Scherben gar.

Einsatz.

Der Einsatz der Waare ohne Kapseln zwischen Thonplatten, ist Fig. 196 näher verdeutlicht.

Fig. 196.



Englische Fabrikation.

In England hat sich die Fabrikation des gemeinen Steinzeugs in technischer Beziehung viel weiter entwickelt, als in Deutschland, nicht sowohl in Bezug auf die Güte der Waare, als vielmehr auf die Herstellung. So wie in Deutschland die Hauptartikel Steinkrüge, Bierkrüge, Haushaltungsgeschirr, so sind es in England die meist in sehr grossen Dimensionen auftretenden Geräthe für chemische Fabriken, Wasserfilter, dann die Röhren zu Wasserleitungen. Die Einführung dieses Zweiges verdankt England den Gebrüdern Elers von Nürnberg in einer ziemlich späten Periode. Sie wanderten 1688 in Staffordshire ein und umgaben ihre Anstalt mit dem tiefsten Geheimniss *) 20 Jahre lang. Nachdem ihnen demungeachtet ihr Verfahren durch Astbury den Aeltern entfremdet worden, siedelten sie 1710 nach Lambeth bei London über und wurden so die Gründer der dortigen grossartigen Steinzeugindustrie. Anfangs noch klein (16 Oefen von $2^1/_2$ Meter Durchmesser) und auf die kleineren Artikel beschränkt, nahm sie den grossen Aufschwung mit der Beseitigung des Salzmonopols, mit der Einführung der Eisenbahnen so-

*) Sie war angeblich mit hohen Mauern umgeben und wurden nur Blödsinnige als Arbeiter beschäftigt.

wie der Röhren und Artikel für chemische Fabriken. In Lambeth stehen heutzutage etwa 70 Oefen von 4 Meter Durchmesser im Betriebe, welche jährlich 20,000 Tons Thon und eben so viele Kohlen verbrauchen.

Wie in Deutschland, besteht die Masse der englischen Waaren aus einem Gemisch von feuerfestem Thon mit Sand und glasirt man mit Salz. Thone.

Die verarbeiteten Thone kommen theils von Farnham (Surrey), hauptsächlich aber von Devonshire und Dorsetshire, mit Thonen anderer Gattung geschichtet, z. B. in folgender Art:

3 bis 12	Meter	Abraum an der Erdoberfläche;
0,9	„	sehr thonerdereicher zäher (tough) Thon;
1,2 bis 1,5	„	Thon zu gemeiner Töpferwaare;
1,2 bis 1,5	„	Thon, nur zum Weissmachen beim Scheuern der Steintreppen gebraucht;
3 bis 4,8	„	Plastischer Thon zu Steinzeug; unter diesem ein früher zu Pfeifen gebrauchter Thon.

Die besten Pfeifenthone finden sich in 6 bis 15 Meter Tiefe und werden durch Abteufen von Schächten und Stollen gewonnen. Man sticht sie in Stücken von 13 bis 14 Kilogr. aus und versendet sie, nachdem sie einigermassen abgetrocknet sind.

In den Töpfereien kommen die bezogenen Thonstücke, noch weiter getrocknet bis zum weiss-harten Zustand, unter die Mühlen, wo sie zu gröblichem Pulver zermahlen werden. Kleine Waaren werden aus einem einzigen Thon von weisslicher Farbe gemacht. Für grössere Artikel ist geeignete Gattirung unerlässlich, namentlich Versatz mit Sand (von Wolwich), Chamotte und mit sandreichem Thon. Die Gattirung wird mit dem gemahlenen trocknen Gut vollzogen, die Mischung dann mit Wasser unter innigem Verarbeiten angemacht. Es geschieht dies theils durch Treten und längere Zeit weichen lassen, in der Regel aber in den grösseren Anstalten durch den Thonschneider, 2 Meter hoch und 0,5 Meter weit, der die Masse zum Drehen fertig liefert. Unter allen Umständen ist die Masse von dem Dreher vor der Verarbeitung noch durch Umschneiden mit dem Draht und Schlagen (wedging) gleichmässig und blasenfrei zu machen. Eine letzte Vorbereitung empfängt die sorgfältig geschlagene Masse im Augenblick des Verarbeitens auf der Scheibe noch durch Aufziehen und Niedertreiben. Die Masse.

Die Dreher arbeiten soweit möglich auf mit Maschinenkraft bewegten Scheiben (string wheels) statt der Tretscheiben (kickers). Eingeübte Arbeiter gewinnen eine ungemeine Fertigkeit auf denselben und vermögen ihre Leistung durch Ersparung der Kraft zum Bewegen der Scheibe wenigstens zu verdoppeln, namentlich wenn sie ein und denselben Gegenstand in Accord liefern. Es giebt Arbeiter, die in einer Stunde 160 Stück Krüge zu Sodawasser fertig bringen, also zu einem Stück nicht volle 3 Minuten brauchen. Für grosse Arbeitsstücken — und es kom- Formen.

men solche vor bis zu 1400 Liter Inhalt — ist die Tretscheibe schwerer durch die Maschinenscheibe ersetzbar. Stücke der Art auf einmal aufgedreht, würden sich nicht tragen, insofern ihr Gewicht zu gross ist für die Weichheit der Masse; sie werden daher absatzweise aufgedreht in der Art, dass man den vorhergedrehten Theil jedesmal bis auf einen gewissen Grad abtrocknen, also einen gewissen Grad von Steifigkeit gewinnen lässt, ehe man den nächstfolgenden aufsetzt und so fortfährt. Bei ganz grossen Stücken kommen oft bis zu sechs Absätzen vor. Wie sich von selbst versteht muss grosse Vorsicht angewendet werden zur dichten Verbindung der Theile, damit keine im Feuer aufgehenden Fugen entstehen.

Viele Waaren werden im halbtrocknen Zustande, leberhart, mit schneidendem Geschirr auf dem Holzfutter einer Drehbank ähnlich der der gewöhnlichen Drechsler (turning lothe) abgedreht, um ihnen eine möglichst saubere Oberfläche zu geben.

Glasuren. Die chemischen Geräthe für Fabriken, Abtritt- und Wasserleitungsröhren u. s. w., kurz die meisten und wichtigsten Artikel erhalten Salzglasur, weil sie den besten Widerstand gegen chemische Einflüsse bietet und bei grossen Arbeitsstücken allein ohne Schwierigkeit anzubringen ist. Kleinere Artikel für anderweitigen Gebrauch erhalten eine Glasur durch Eintauchen, aus Cornish stone, Bleiglas und ähnlichen Zuthaten; sie giebt den Waaren durch bessern Fluss und grössere Glätte ein schöneres Ansehen, ist aber weniger haltbar.

Mit dem Auftragen der Glasur letzterer Art verbindet man öfter gewisse Verzierungen. So giebt man manchen Waaren (double glaze) auswendig eine andere oder anders gefärbte Glasur als inwendig. Einen ähnlichen Contrast erzielt man durch theilweises Glasiren, so dass die Oberfläche an gewissen Stellen den nackten Scherben, an anderen den glasirten zeigt, jeden mit seinem eigenthümlichen Ansehen und Glanz. Denn die Farbe des Scherbens erscheint unter Glasur immer dunkler und frischer, als ohne Glasur. Auch durch andere Hülfsmittel statt der Glasur bringt man derartige Wirkung hervor, z. B. durch theilweises Eintauchen in geschlämmten zu Schlicker angemachten Ocker; das hierdurch entstehende Braun sticht dann in ansprechender Weise gegen den hellern mehr gelben Scherben ab.

Brennen. Die fertigen und getrockneten Waaren erfahren eine verschiedene Behandlung beim Brande. Alles, was Salzglasur erhält, wird nackt oder doch nur mit Thonplatten eingesetzt, die grossen Stücke oben auf. Die Röhren am besten stehend, indem sie dann gleichmässigeres Feuer empfangen und weniger zum Verziehen neigen. Die mit Glasur durch Eintauchen versehenen Waaren kommen, wie das Porzellan, in Kapseln.

Oefen. Die Oefen sind niemals liegende, sondern stets runde stehende, für Steinkohlenfeuer mit einer grössern Anzahl Schüren am Umfang. Im Princip den Porzellanöfen gleichend, kommen sie in den Einzelnheiten der Einrichtung mit den beim Fayence zu beschreibenden Oefen überein.

Man unterscheidet dreierlei Oefen: die zum Brennen der Waare in Kapseln (saggar kiln) für die glasirt einzusetzende Waare; die zum Einsetzen mit Thonplatten (slab kiln) für die Waare zu Salzglasur; endlich die neueren verbesserten Oefen für gleichen Zweck, mit besserer Ausbeutung des Raumes und mit Rauchverzehrung. Oefen.

Wie bei den Fayenceöfen, so gestattet man auch bei den beiden ersteren Steinzeugöfen der von den Schüren in den Ofen eintretenden Flamme keinen unmittelbaren Anprall gegen die nächststehenden Theile des Einsatzes. Die Flamme wird vielmehr an jeder Schüre durch eine Art kurzer an der Innenseite der Ofenwand anschliessender Kamine, die „*Feuerwächter*“, aufgenommen, und darin senkrecht in die Höhe geführt, so dass sie erst in einer hohen Region austritt und sich von da über den Einsatz verbreitet. Meist sind ausserdem zur bessern Vertheilung der Hitze Kanäle unter der Sohle, die einen Theil der Flamme nach der Mitte des Ofens leiten, wo sie münden.

Bei den verbesserten Oefen sind die einzelnen Feuerwächter zu einer in einem gewisssen Abstande von der Wand des Ofens rund um laufenden ringförmigen Schutzmauer verschmolzen, so dass ein ringförmiger Zwischenraum bleibt, durch welchen das Feuer in den Ofen gelangt. In regelmässigen Abständen in der Ofensohle nach der Mitte hin angebrachte Löcher stehen mit Kanälen unter derselben in Verbindung. In dem Ofen selbst sind diese Füchse mit Feuerwächtern überbaut. Wie der ringförmige Raum das Feuer nach dem Umfang, so bringen diese das Feuer nach der Mitte des über 4 Meter weiten Ofens. Die Rauchverzehrung wird durch Luftzutritt zu der auf beiderlei Wegen in den Ofen eingetretenen Flamme bewirkt.

Der Brand dauert in den einfacheren älteren Oefen etwa 30 Stunden, in den verbesserten rauchverzehrenden weit länger, bis 80 Stunden. Man rechnet durchschnittlich 9 Proc. Bruch. Farbe des Steinzeugs.

Das salzglasurte Steinzeug verschiedenen Ursprungs ist im Scherben wenig verschieden, heller oder dunkler grau, bald feiner, bald gröber und körniger in der Masse; die Glasur bildet nur einen dünnen Anflug von kaum messbarer Stärke. Oberflächlich dagegen erscheint es zum Theil von der Farbe des Scherbens, grau wie die Koblenzer Waare, zum Theil anders gefärbt und braun, wie die Mehrzahl der englischen Waaren. Die braune Farbe hat ihren Sitz nur in der äussersten Oberfläche und geht nicht oder kaum tiefer als die Glasur. Die Bedingungen, von denen die Farbe der Waare abhängt, verdienen nähere Untersuchung. Feuerfeste Steine aus Pfeifenthon nehmen ebenfalls äusserlich eine braune, innerlich eine graue Farbe an; an der Berührungsfläche zweier aufeinander stehender Steine erhält sich die graue Farbe des Innern. Die braune Farbe rührt demnach von einer Reaction des Feuers her; höchst wahrscheinlich entsteht sie erst beim Ausbrennen, wenn die Luft auf die von der Flamme nicht mehr geschützte hochglühende Waare einwirkt. Es scheint übrigens, dass noch andere Ursachen bei der Entstehung der

braunen Farbe vorliegen, namentlich die häufige Gewohnheit der Brenner, nach dem Einwerfen des Salzes noch fortzubrennen und sogar Birkenrinde einzuwerfen. Glasartige Flüsse und Glasuren färben sich durch Kohle und russige Flamme gelbbraun bis braun. — Endlich wird der Natur des Thons ein Einfluss zugeschrieben: strengere Massen kieselerdereichen Thons entsprechen dem Grauen, weniger strenge dem Braunen. Steinkrüge als Flaschen sind daher immer braun, Bierkrüge etc. immer grau. — Die braune Farbe ist in der Regel in der Richtung des Flammentriebs im Ofen ungleich, zuweilen noch grau auf einer Seite, an der entgegengesetzten Seite dunkel von der Farbe der Brodrinde und von da in helleren Ton verwaschen.

Die nicht mit Salz glasirten Steinzeugwaaren entfernen sich, auch abgesehen von der Glasur, in ihrem sonstigen Verhalten oft ziemlich stark von den Koblenzer und Englischen und bilden dann schon Uebergänge zu anderen Gattungen, zum Fayence und zur gemeinen Töpferwaare. Der bekannteste Fall der Art sind die in Norddeutschland sehr verbreiteten Bunzlauer Geschirre, die sich namentlich durch ihre Beständigkeit gegen Temperaturwechsel unterscheiden und als Kochgeschirr, Kaffeezeuge etc. dienen. Die Masse besteht aus einem sehr sandigen, ziemlich feuerfesten Thon von Tillendorf bei Bunzlau, erscheint grob und körnig, aber fest und hart und lässt sich in dünnen Scherben ausarbeiten. Man pflegt die in liegenden Oefen gebrannte Waare in der Regel mit zweierlei Glasur zu versehen. Für die Aussenfläche dient ein blutrother ockriger Thon (von Neuland), für geringere Waare roh, für bessere geschlämmt. Die innere Fläche glasurt man mit einer Glasur aus Bleiglätte und einem hellen gelben Thon, dem man auch wohl Feldspath und Bleiglätte zusetzt. Die Aussenfläche nimmt bei dieser Behandlung einen glatt geflossenen angenehm braunen Ueberzug an, die innere Fläche erscheint unrein weiss. Zuweilen erhält auch der äussere braune Ueberzug noch Bleiglasur, so wie die innere Fläche manchmal mit blosser Glätte glasurt wird und dann heller, reiner weiss erscheint. — Der Scherben der Bunzlauer Geschirre ist nicht so dicht und geflossen wie bei den übrigen Gattungen, sondern mehr lose, der Bruch mehr erdig und ohne Schweiss. Mit dieser Beschaffenheit des Scherbens steht die Beständigkeit gegen Temperaturwechsel in innigem Zusammenhang.

Bunzlauer Geschirr.

Die meisten Arten Steinzeug stehen unverändert im Porzellanbrand, andere erweichen.

Chemischer Bestand.

Der chemische Bestand der gebrannten Steinzeugwaare kann natürlich nicht wesentlich von dem des gebrannten plastischen Thons abweichen und lehren die Analysen insofern nicht eben viel. Salvetat fand in Proben verschiedener Gattungen nachstehendes:

	Unglasirt				
	Frankreich: Saveignies	China	Japan	Amerika: Baltimore	England: Wedgwood
Kieselerde	65,80	62,00	62,04	67,40	66,49
Thonerde	27,64	22,00	20,30	29,00	26,00
Eisenoxyd	4,25	14,00	15,58	2,00	6,12
Kalk	1,12	0,50	1,08	0,60	1,04
Bittererde	0,64	Spur	Spur	—	0,15
Alkalien	0,24	1,00	Spur	0,60	0,20
	99,69	99,50	99,00	99,60	100,00
Masse:	hellbraun	tief rothbraun, fein		weisslich, fein	gelblich, fein

	Mit Salz glasirt		
	England: Vauxhall	Dänemark: Helsingborg	Frankreich: Voisinlieu
Kieselerde	74,00	74,60	74,30
Thonerde	22,04	19,00	19,50
Eisenoxyd	2,00	4,25	3,90
Kalk	0,60	0,62	0,50
Bittererde	—	Spur	0,80
Alkalien	1,06	1,30	0,50
	99,70	99,77	99,50
Masse:	fein, weiss	grob	weisslich

Chemischer Bestand.

	Glasur durch Eintauchen	
	Frankreich:	
	Frechen	St. Amand
Kieselerde	64,01	75,00
Thonerde	24,50	22,10
Eisenoxyd	8,50	1,00
Kalk	0,56	0,25
Bittererde	0,92	Spur
Alkalien	1,42	0,84
	99,91	99,19
Masse:	dunkelbraun	gewöhnlich

Bei den beiden letzten Gattungen ist nicht angegeben, ob sie mit oder ohne Glasur analysirt sind. — Von den 10 Gattungen standen 7 im Porzellanfeuer vollkommen, die von China und Japan erweichten stark, die von Frechen mässig.