CHIMIA

Volumen 5 Fasc. 12 1951 Pag. 269–292

Steinzeug in der chemischen Industrie und angrenzenden Arbeitsgebieten

Von Dr. A. Ebert, Ing.-Chem., Basel

Die Verwendung von keramischen Baustoffen für chemische Apparaturen läßt sich bis in die Arbeitsräume der Alchimisten zurückverfolgen. So sieht man auf den erhalten gebliebenen bildlichen Darstellungen der damaligen Zeit vielfach Tiegel, Retorten, Schalen u. dgl. mehr aus Steinzeug, dessen Beständigkeit gegenüber Chemikalien ebenso bekannt war wie die Tatsache, daß das Steinzeug weder die Farbe, noch den Geruch oder den Geschmack der verarbeiteten Produkte veränderte. Von diesen Erkenntnissen ausgehend, darf festgestellt werden, daß sowohl die chemische Industrie wie zahlreiche weitere angrenzende Gebiete ihre seitherige ausgedehnte Entwicklung zu einem großen Teile dem Steinzeug als Werkstoff für Apparaturen und Einrichtungen zu verdanken haben, zumal es der Steinzeugindustrie in Fortentwicklung der gewonnenen praktischen Erfahrungen gelungen ist, flüssigkeits- und gasdichte Apparate zu bauen, welche sehr hohen Ansprüchen Genüge leisten.

Die Ausgangsmaterialien und ihre Eigenschaften

Grundstoffe für die Fabrikation von Steinzeugwaren sind die *Tone*, d. h. Verwitterungsprodukte ortsfremder Gesteine, welche, sich in stillen Gewässern absetzend, hier mehr oder weniger mächtige Schichten gebildet haben. Ein gemeinsames Merkmal aller Tone ist ihr Gehalt an Tonerde, Kieselsäure und chemisch gebundenem Wasser. Die unterschiedliche Zusammensetzung der Tone wird nicht nur durch das Ursprungsgestein bedingt. Sie enthalten noch in wechselnden Mengen Beimischungen, die dem Urgestein entstammen, und ferner Fremdkörper verschiedener Art, welche unter dem Einflusse der Transportwege oder auch während der Ablagerung in die Tonmasse gelangt sind.

Die Tone besitzen die wertvolle Eigenschaft der *Plastizität*, d. h. das Vermögen, mit Wasser formbare Massen zu bilden, welche ihre Gestalt auch nach dem Entzuge des Wassers behalten. Ohne hier auf Einzelheiten einzutreten, läßt sich festhalten, daß die Plastizität hauptsächlich auf die Anwesenheit von Stoffen in kolloidaler Form zurückzuführen ist. Sie bildet einen Maßstab für die Verformbarkeit der Tone. Als *fette Tone* werden die besonders bildsamen Ausgangsprodukte bezeichnet. Den Gegensatz hierzu stellen die *mageren Tone* dar mit nur geringen plastischen Eigenschaften.

Es gibt wohl kaum einen Naturton, der in jeder Hinsicht den mannigfaltigen Ansprüchen genügen würde. Aus diesem Grunde werden verschiedene Rohtone mit unterschiedlichen Eigenschaften miteinander gemischt und zudem der Masse noch weitere Zusätze beigefügt.

Für die Qualitätswaren, welche die chemische Industrie und die an dieses Arbeitsgebiet angrenzenden Betriebe verlangen, werden im allgemeinen fette Tone benutzt, deren relativ hoher Kieselsäure- und Alkaligehalt beim Brennen einen dichtgesinterten Scherben liefert. Darüber hinaus soll der zu verwendende Ton feuerfest sein, d. h. sein Schmelzpunkt soll möglichst weit vom Sinterungspunkte entfernt liegen, weil andernfalls leicht Formveränderungen eintreten würden, welche die Ware unbrauchbar machen. Der Zusatz von gewissen Flußmitteln, wie Feldspat u. dgl., sowie die Beimischung von Magerungsmitteln, wie Quarzsand, Schamotte usw., erweisen sich nicht selten als wertvoll, um dem Ton die gewünschte Konsistenz zu erteilen. Die Zusammensetzung solcher Mischungen ist ein streng gehütetes Geheimnis der Steinzeugfabrikanten, und es braucht langjährige praktische Erfahrungen, eine ständige Kontrolle des Rohmaterials und endlich eine sorgsame Betriebsüberwachung, um ein durchwegs gleichmäßiges Fertigprodukt zu erzeugen. Mit Genugtuung darf festgestellt werden, daß auch in diesem Arbeitsbereiche die schweizerischen Erzeugnisse auf den nationalen und internationalen Märkten zu den Spitzenprodukten gezählt werden.

Aufbereitung der Steinzeugmasse

Grundlegend für die Gewinnung eines einwandfreien Rohmaterials ist die Abwesenheit von gröberen Sand- und Kiesteilchen. Diese würden beim Brennen durch Zersplitterung oder durch die Vergrößerung des Volumens die Gleichmäßigkeit des Scherbens zerstören. Ebenso schädlich wirken Eisenverbindungen von der Art der Schwefelkiese, ferner Carbonate, insbesondere kohlensaurer Kalk, und endlich organische Verunreinigungen in der Tonmasse. Zur Beseitigung der störenden Bestandteile wird der Rohton durch Sortierung, nasses Mahlen in Kugelmühlen, Feinsieben und Schlämmen aufbereitet bzw. homogenisiert. Mit Filterpressen wird überschüssiges Wasser entfernt, und endlich unterwirft man die Masse dem «Maukprozeß», d. h. man läßt sie während geraumer Zeit in preßfeuchtem Zustande lagern. Über die Vorgänge beim Mauken herrschen verschiedene Ansichten; soviel steht jedoch fest, daß die gelagerte Ware eine weitaus größere Bildsamkeit und Gleichmäßigkeit aufweist als solche, die nicht gemaukt wurde. Aller Wahrscheinlichkeit nach treten beim Mauk-

prozeß innere Umsetzungen auf, welche auf kolloidem Gebiete liegen.

Die Formgebung

Die gesteigerte Bildsamkeit der aufbereiteten Steinzeugmasse erleichtert deren Verformung. In altbewährter Weise können die gewünschten Steinzeugkörper auf der Töpferscheibe von Hand aufgedreht werden. Da aber diese Handarbeit nicht immer den unerläßlich gleichmäßigen Ausfall der Arbeitsstücke sicherstellt, wird die Töpferscheibe vielfach durch die maschinell angetriebene Drehscheibe ersetzt. Hier wird die Formgebung nicht mehr allein durch die menschliche Hand bedingt, sondern es wird mit Schablonen die erforderliche Gleichförmigkeit der Erzeugnisse gesichert. Endlich wird die Tonmasse in auswechselbare Gipsformen «eingeschlickert». Die hierfür erforderliche Schlickermasse besteht aus einem Tonbrei, der durch Zusätze von wäßrigen Alkalien gießfähig gemacht worden ist. Die Gipsformen nehmen das überschüssige Wasser auf, und es gelingt dergestalt die erforderliche dichte und gleichmäßige Gefäßwandung zu erzielen, welche besonders für die chemischen Apparaturen verlangt wird.

Zylindrische Gebilde, wie Röhren u. dgl., werden in der Regel mit Pressen geformt. Demgegenüber stellt man große, dickwandige und komplizierte Formkörper hauptsächlich durch «Einstreichen» von dickflüssigem Tonbrei in die Formen her, die gegebenenfalls aus mehreren Stücken zusammengesetzt werden müssen. Die Formgebung gehört somit zu den Arbeitsgängen bei der Steinzeugfabrikation, welche äußerste Sorgfalt mit weitgehender Materialkenntnis und Erfahrung verbinden.

Der Trocknungsprozeß

Die Steinzeugformlinge sind zwar standfest, sie enthalten aber noch mechanisch gebundenes Anmachewasser, das nun im anschließenden Trocknungsprozesse entfernt wird, der sich über Wochen und Monate erstrecken kann. Hierbei schwindet die Masse, da sich die Tonteilchen mehrheitlich in dem Raum ausbreiten, welchen das Wasser eingenommen hatte. Mit dieser Schwindung ist sowohl eine Gewichtsverminderung verbunden wie auch eine Abnahme des Volumens der geformten Stücke. Die mittlere Trockenschwindung von 5–6 % linear, entsprechend 14–17 Volumprozenten, muß selbstredend schon bei der Formgebung berücksichtigt werden, wenn die fertigen Erzeugnisse maßhaltig sein sollen. Unsere Steinzeugindustrie ist denn auch in der Lage, durch Vervollkommnung ihrer Arbeitsmethoden und ganz besonders durch Nachschleifen Präzisionsstücke herzustellen, welche – aus mehreren Teilen zusammengesetzt – sowohl flüssigkeitsdicht wie gasundurchlässig sind. Es ist dies ein bemerkenswerter Vorzug des Steinzeugs als Baustoff für die chemische Industrie wie für die angrenzenden Gebiete, der von vielen anderen Konstruktionsmaterialien nicht so leicht erreicht wird.

Das Trocknen der Formkörper geht von außen nach innen mit abnehmender Geschwindigkeit vor sich, daher muß der Trocknungsprozeß bei einer sorgfältigen Temperaturkontrolle und erforderlichenfalls durch Wärmezufuhr (Abwärme der Brennöfen, Dampfheizung usw.) sowie Regelung der Luftbewegung mit Ventilatoren unter gleichzeitiger Überwachung der Raumfeuchtigkeit mit dem Hygrometer geführt werden.

Die Behandlung im Brennofen

Die lufttrockenen Formlinge werden nunmehr in den Brennofen gebracht. Hierbei dürfen die – oft groß dimensionierten – Stücke beim Transporte keine Beschädigungen erleiden. Im Ofen müssen sie völlig horizontal aufgestellt werden, um ein mögliches Verziehen zu verhindern. Durch untergelegte Schamotteplatten vom gleichen Schwindungsgrade wie derjenige der Formlinge wird die ebene Lagerung gesichert.

Der gefüllte Ofen wird zugemauert, unter Aussparung von Schaulöchern, und angefeuert. Um die Wärme der Heizgase tunlichst auszunützen und um eine gleichmäßige Durchwärmung des Einsatzes sicherzustellen, werden die Gase zunächst um die äußeren Ofenteile herumgeführt und von oben her über die eingesetzten Steinzeugkörper geleitet. Der Fachmann nennt diese Art des Brennens «mit überschlagender Flamme». Diese Ofenführung bietet den Vorteil, daß die Ware im ganzen Raume gleichmäßig erhitzt wird, was wesentlich für den einwandfreien Ausfall des Fertigproduktes ist. Durch zahlreiche Schlitze im Boden des Ofens werden die Abgase mit Ventilatoren oder durch Kaminzug abgesaugt.

Um zu vermeiden, daß sich Ruß und Asche auf dem Einsatz im Ofen ablagern, wird zunächst bis zu einer Temperatur von etwa 1000° mit einem starken Luftüberschuß geheizt. Der Temperaturanstieg muß anhand der bekannten Segerkegel sorgsam überwacht werden, denn wenn die Temperatur zu rasch in die Höhe getrieben wird, so schließen sich die äußeren Poren der Steinzeugformlinge vorzeitig und verwehren dergestalt dem noch im Inneren der Masse befindlichen Wasser, das chemisch gebunden ist, den Abzug. Verformungen, Risse in den Steinzeugwandungen und möglicherweise Zersprengungen der Stücke wären unausbleiblich.

Unter Steigerung der Temperatur auf rund 1300° kommt der Ofeneinsatz zur Weißglut. Das Steinzeug verringert sein Volumen im gleichen Ausmaße wie bei der Trockenschwindung. Diese Abnahme des Volumens ist aber nicht nur auf den Verlust des chemisch gebundenen Wassers zurückzuführen, sondern auch auf chemische Umlagerungen in der Masse, welche zum völligen Verschluß der Poren, d. h. zur Sinterung, führen. Der Scherben weist demzufolge die gewünschte gleichmäßige Dichte auf.

Im Brennofen wird den Formstücken eine gefällige, leicht genarbte Oberfläche verliehen, indem eine Salzglasur aufgebrannt wird. Zu diesem Zwecke wird Kochsalz in den Ofen eingestreut, das bei der hohen Temperatur verdampft und in Gegenwart der Feuchtigkeit der Ofengase Salzsäure abspaltet. Gleichzeitig bilden sich

Tab. 1. Physikalische Mittelwerte

		Steinzeug	Eisen	Kupfer	Blei
Spezifisches Gewicht	kg/dm³	2,5	7,88	8,5–8,9	11,34
Wasseraufnahme	Gew. %	0,0–ca. 4			
Druckfestigkeit	kg/cm²	2000–5000	2500–6000	6000	500
Zugfestigkeit	kg/cm²	80–200	2800–3600	1600–2000	180–200
Biegefestigkeit	kg/cm²	260–440	3000		
Linearer Ausdehnungskoeffizient	mal 10^{-6}	4–5	11,0	17	29
Wärmeleitzahl	$\frac{kcal}{h \cdot m \cdot °C}$	ca. 1,0	170	260–340	30

mit der im Steinzeug vorhandenen Kieselsäure und der Tonerde Natrium-Aluminium-Silikate, welche den Formkörpern eine bessere Widerstandsfähigkeit gegenüber mechanischen wie chemischen Einwirkungen verleihen. Zudem bildet die Glasur eine zusätzliche porendichtende Decke auf dem Steinzeuge. Je länger die Temperatur nach dem Salzen aufrechterhalten wird, desto ebenmäßiger ist der Überzug, der durch den Eisenoxydgehalt des Tons eine rotbraune Färbung besitzt.

Man überzeugt sich an Proben, die dem Ofen entnommen wurden, vom befriedigenden Ausfall der Ware, dichtet dann die Feuerungen ab und läßt den Ofen allmählich auskühlen, wobei sich die Spannungen, welche im Steinzeug noch vorhanden sein können, auszugleichen vermögen. Die Dauer des Brenn- und Kühlprozesses kann von vierzehn Tagen bis zu einem Monat währen. Bei ungünstiger Witterung und beim Brennen von dickwandigem Steinzeug, wie solches für chemische Zwecke manchmal Anwendung findet, wird diese Zeitspanne vielfach wesentlich überschritten.

Nachbearbeitung des Steinzeugs

Bei Apparaten und anderen Bauteilen aus Steinzeug, welche aus mehreren Stücken zusammengesetzt werden müssen, ist häufig eine so genaue Passung der Verbindungsstellen notwendig, daß diese durch die Formung allein nicht erreichbar ist. Die Stücke können aber durch maschinelles Schleifen nachbearbeitet werden, wodurch die erforderliche Paßgenauigkeit erreicht wird. Als Schleifmittel dienen Aluminiumoxyde und Siliciumcarbide von verschiedenen Härtegraden, welche sowohl naß wie trocken als Pulver oder auch in Form von Schleifscheiben anwendbar sind.

Physikalische und chemische Eigenschaften des Steinzeugs

Auf den chemischen Gebieten und den angrenzenden Industrien wird von den Baustoffen für die Apparate und Einrichtungen im allgemeinen nicht nur eine weitgehende Korrosionsbeständigkeit, sondern auch ein genügender Widerstand gegenüber Temperaturschwankungen sowie eine hinreichende mechanische Festigkeit verlangt.

Das Steinzeug vermag diesen vielseitigen Ansprüchen in bedeutendem Maße gerecht zu werden unter der Voraussetzung, daß dem Steinzeugfabrikanten die Arbeitsbedingungen bekanntgegeben werden, denen das Material unterworfen werden soll. Er kann durch die entsprechende Mischung des Ausgangsmaterials und durch die Art seiner Verarbeitung die Eigenschaften des fertigen Erzeugnisses in tragbaren Grenzen zweckentsprechend gestalten.

In Tab. 1 sind die wichtigsten physikalischen Mittelwerte des Steinzeugs denjenigen einiger gebräuchlicher metallischer Werkstoffe gegenübergestellt.

Aus den Angaben der Tabelle interessiert hier insbesondere die *Druckfestigkeit* des Steinzeugs. Sie wurde in einem Falle durch die EMPA zu 3890 kg/cm² ermittelt und entspricht den üblichen Anforderungen an die Baustoffe für chemische Apparate. Demgegenüber dürfen die geringe Zug- und Biegefestigkeit des Steinzeugs hinsichtlich übermäßiger Beanspruchungen nicht außer acht gelassen werden.

Auch der geringe *lineare Ausdehnungskoeffizient* des Steinzeugs verdient Beachtung. In einer Größenordnung von nur 4–5mal 10^{-6} tritt er bei Temperaturschwankungen bedeutend weniger in Erscheinung, als es bei den vergleichsweise angeführten Metallen beobachtet wurde.

Einer der wesentlichsten Vorzüge des Steinzeugs ist jedoch seine *Unempfindlichkeit* gegenüber den Angriffen durch Säuren. Wie die Dechema-Werkstofftabelle 1948 darlegt, ist das Steinzeug korrosionsbeständig gegen alle gasförmigen und flüssigen Säuren mit Ausnahme der Flußsäure (Fluorwasserstoffsäure) und der Kieselflußsäure (Siliciumfluorwasserstoffsäure), welche bekanntlich die Silikate angreifen.

Von *Laugen* und anderen alkalischen Flüssigkeiten wird das Steinzeug überhaupt nicht angegriffen, sofern nicht gewisse Temperaturen überschritten werden. Für besonders hochkonzentrierte Laugen stellt übrigens unsere schweizerische Steinzeugindustrie Apparate und Einrichtungen aus Spezialsteinzeug her.

Einrichtungen und Apparate aus Steinzeug

Eine Anzahl von Beispielen soll die vielfachen Anwendungsmöglichkeiten des Steinzeugs dartun, ohne daß damit das Gebiet völlig erschöpft würde[1]. Es erscheint

[1] Wir verdanken die Abbildungen 1–15 der Schweizerischen Steinzeug-Fabrik AG. in Schaffhausen, die Abbildungen 16–18 der Firma Krebs & Co. AG. in Zürich.

uns zugleich im Interesse der Benutzer von Steinzeug zu liegen, wenn einige Fingerzeige über dessen Behandlung hier folgen.

Im *Laboratorium* und in ähnlichen Arbeitsräumen dient das Steinzeug mit Vorteil für Boden- und Wandbeläge, zu Tür- und Fenstereinfassungen sowie als Treppenverkleidungen. Alle diese Flächen sind ja in besonderem Maße der schädlichen Einwirkung aggressiver Gase, Dämpfe und Flüssigkeiten ausgesetzt. Die Beständigkeit des Steinzeugs gegen die Angriffe von Chemikalien bewährt sich hier in der nämlichen Weise wie bei seiner Verwendung für Tische, Kapellen, Dunstabzüge, Ventilationsleitungen, Spül- und Ausgußbecken (Abb. 1).

Zahlreiche *Betriebe* der verschiedensten Arbeitsgebiete wären heutzutage geradezu undenkbar ohne Steinzeugeinrichtungen. Erwähnt sein mögen hier die Apparate für die Chlorentwicklung, Nutsch- und Druckfilter, Perkolatoren, Schmelztiegel, Gießtöpfe, Trichter, Beizereien, Kugelmühlen (Abb. 2) usw., d. h. die vielen Vorrichtungen, welche entweder chemisch angegriffen werden oder deren Baustoffe auf die zu verarbeitenden Materialien schädliche Einflüsse ausüben.

Die *Rohrleitungen* zählen zu den Sorgenkindern von Ingenieur und Techniker, weil sie ständig überwacht werden müssen, soll ihre Beschädigung nicht Betriebsstörungen verursachen. Die korrosionsfesten Steinzeugröhren verdienen daher besondere Beachtung. Je nach der Anordnung der Leitungen wird man Rohre mit Muffen, Flanschrohre oder solche mit Schlauchtüllen vorziehen. Sie werden in Baulängen von 20-100 cm hergestellt mit einem Innendurchmesser von 60–600 mm.

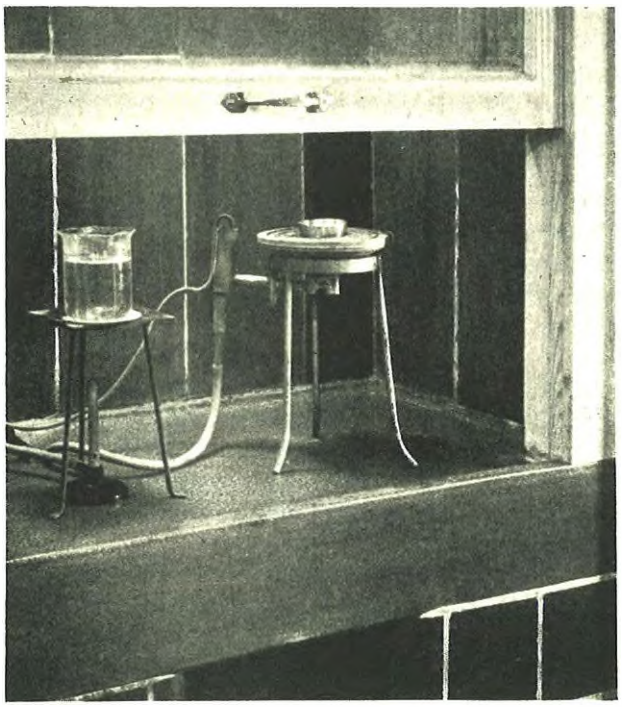

Abb. 1. Die Kapelle aus Steinzeug ist unempfindlich gegen die Angriffe von Chemikalien und zudem weitgehend feuersicher

Die *Muffenrohre* mit ein- oder beidseitiger Muffe werden sowohl glattwandig wie gerillt geformt, wobei die Rillen dazu dienen, den Dichtungen zwischen den Einzelstücken einen zuverlässigen Halt zu gewähren. Zur Abdichtung eines freien Rohrendes in der sorgfältig gesäuberten Muffe der nachfolgenden Röhre wird ein paßgenauer, mit Paraffin oder Chlorkautschuk getränkter

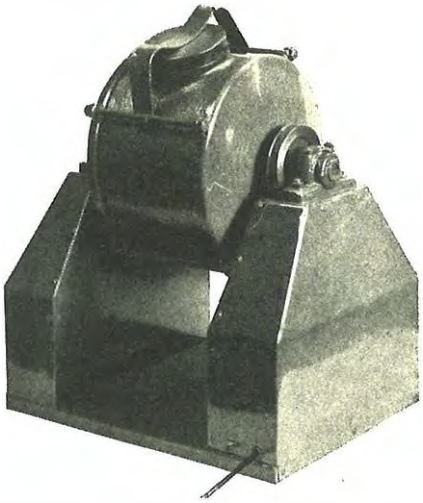

Abb. 2. Naßkugelmühle aus Steinzeug, Bauart P. Abend

Asbestring in die Muffe eingelegt, auf den einige Windungen von ebenso behandelter Asbestschnur bis zu etwa einem Drittel der Muffenhöhe folgen, die mit einem Holzstemmer (Eisenstemmer könnten die Steinzeugwandungen beschädigen!) in die mit der Lötlampe vorgewärmte Muffe eingedrückt werden. Auf diese Unterlage folgt eine Schicht von höchstens 10 mm Dicke eines Breies aus säurefestem Kitt mit Wasserglas. Wird diese Schicht zu hoch aufgetragen, so besteht die Gefahr des Reißens für das Steinzeug. Nach erfolgtem Erhärten des Kittes streicht man die überstehende Innenwandung der Muffe mit einem Spezialasphaltlack aus und füllt sie mit einem elastischen Kitt oder einem Spezialzement auf.

Flanschrohre dienen vorzüglich für den Bau von Leitungen, welche unter Druck gesetzt werden sollen. Die Steinzeugflanschrohre sind daher beidseitig mit plangeschliffenen Kegelflanschen versehen, welche man mit verschraubbaren Eisenschellen gegeneinanderpreßt (Abb. 3).

Mit gerillten *Schlauchtüllen* versehene Steinzeugrohre bewähren sich sowohl für Druck- wie für Vakuumleitungen und erlauben es, die Leitungsteile elastisch miteinander zu verbinden. Der zulässige Betriebsdruck wird durch die Widerstandsfähigkeit der verwendeten Gummimanschette bestimmt.

Richtungsänderungen im Verlaufe der Leitungen ermöglichen Bogen- und Kniestücke aus Steinzeug. Soll eine Leitung in verschiedene Zweige verteilt werden oder will man anderseits diese zu einer Sammelleitung vereinigen, so verwendet man Abzweigungsstücke, welche

in Winkelmaßen von 45 oder von 90 Graden geliefert werden. Ihren besonderen Vorzug besitzen die in Abb. 4 dargestellten Abzweigungsstücke, die eine Putzöffnung besitzen. Durch diese Öffnung können Verunreinigungen entfernt werden, welche die Leitungen zu verstopfen drohen. Die Vereinigung von Leitungen mit unterschiedlichen Querschnitten bewerkstelligt man unter Zuhilfenahme von entsprechend dimensionierten Übergangsstücken.

Die *Verlegung* der Steinzeugröhren verlangt einige Vorsichtsmaßnahmen. Die Leitungen können sowohl über Flur wie unterirdisch verlegt werden.

Oberirdische Steinzeugleitungen müssen insbesondere vor Erschütterungen sowie vor mechanischen Beschädigungen bewahrt werden. Man verlegt daher in der Regel horizontal verlaufende Leitungen an festen Wandungen, welche einen entsprechenden Schutz bieten. Werden die Rohrleitungen höher als der Erdboden geführt, so unterstützt man die Schüsse der einzelnen Rohre unterhalb der Muffen mit sattelförmigen Unterlagen aus Holz, sofern man es nicht vorzieht, die ganze Leitung auf einem gemauerten Wandsockel unterzubringen. Müssen die horizontalen Leitungen von einem Bau zum anderen geführt werden, wobei z. B. die Fahrbahn zwischen zwei Gebäuden zu überbrücken ist, so werden entsprechend hohe Traggestelle in solider Bauart errichtet.

Senkrecht aufsteigende Steinzeugleitungen befestigt man mit Rohrschellen an den Gebäudewandungen (Abb. 5) oder an den Gerüsten von Apparaturen. Durch elastische Einlagen in den Rohrschellen lassen sich

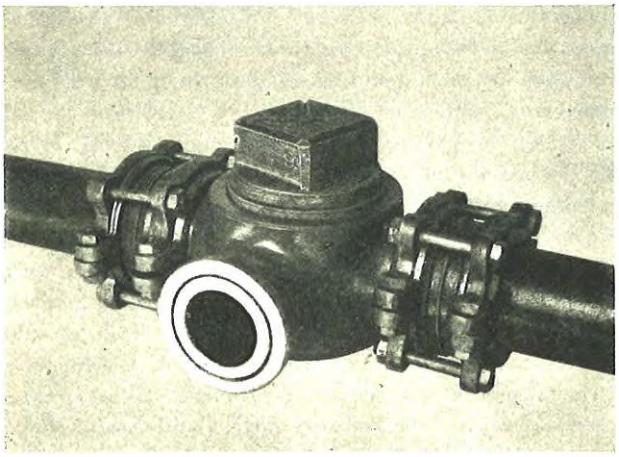

Abb. 3. Steinzeugflanschenrohre mit Hahn und geschliffenen Enden für Druckleitungen

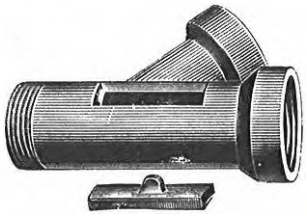

Abb. 4. Steinzeugröhren mit Putzöffnungen erlauben es, Verunreinigungen aus den Leitungen zu entfernen

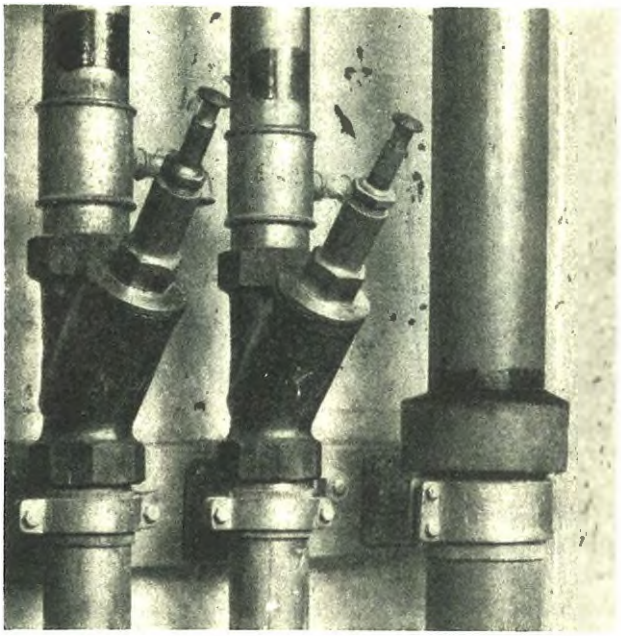

Abb. 5. Aufsteigende Steinzeugröhren werden mit Rohrschellen unter Verwendung von elastischen Zwischenlagen befestigt

Spannungsunterschiede zwischen dem Metall und dem Steinzeug ausgleichen. Gegen das Eindringen von atmosphärischen Niederschlägen versieht man die aufsteigenden Leitungsmündungen mit einem Dunsthut oder einem Kaminaufsatz.

Die Steinzeugleitungen, welche *unter Flur* verlaufen, bringt man vorteilhafterweise in begehbaren Kanälen unter, was eine ständige Kontrollmöglichkeit bietet. Sollen die Rohre unmittelbar in den Erdboden gelegt werden, so empfiehlt sich die Schaffung einer festen Unterlage, um der möglichen Bruchgefahr der Steinzeugrohre zu begegnen. In der Praxis haben sich auch die Sohleneinlagen aus Steinzeug vorteilhaft erwiesen, welche in Kanäle mit Eiformprofilen eingebaut werden können (Abb. 6). Je nach dem zu erwartenden Niveaustand der durchlaufenden Flüssigkeit können die Sohleneinlagen im Ablaufrohr entsprechend seitlich in die Höhe gezogen werden. Man erreicht auf diesem Wege, daß der Beton der Rohrleitung nicht durch aggressive Flüssigkeiten angegriffen und zerstört wird. In der Mehrzahl der Fälle dürfte es sich wohl empfehlen, das ganze Rohrsystem aus Steinzeug zu erstellen.

In den Glasgefäßen des chemischen Laboratoriums läßt sich der Verlauf einer Reaktion durch die durchsichtigen Wandungen der Behälter verfolgen. Diese Annehmlichkeit muß man im Betriebe entbehren, trotzdem gerade hier eine unablässige sorgsame Überwachung notwendig ist, da mit größeren Ansätzen gearbeitet wird. Gute Dienste leisten immerhin die *Steinzeuglaternen*, durch deren Fenster der Strom von Flüssigkeiten beobachtet werden kann, welche in die Reaktion eintreten. Durch einen Hahn, welcher zunächst der Laterne angebracht ist, läßt sich der Flüssigkeitslauf regulieren. Dieselbe Anordnung wird man auch treffen, wenn es sich

Abb. 6. Sohleneinlagen aus Steinzeug schützen die Betonröhren vor der Zerstörung durch aggressive Flüssigkeiten (Bauaufnahme)

darum handelt, zwei spezifisch unterschiedliche Flüssigkeiten voneinander zu trennen oder, wenn es notwendig ist, einen Bodensatz von der darüberstehenden Flüssigkeit abzuziehen. Mit Schaugläsern, die in die Steinzeugleitungen eingebaut werden, kann die Zuggeschwindigkeit in den letzteren beobachtet und ein Gasstrom durch Drosselklappen reguliert werden.

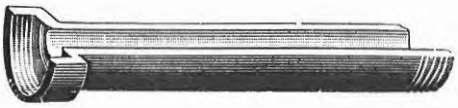

Abb. 7. Ablaufrinnen aus Steinzeug werden bündig mit dem Fußboden verlegt und sicherheitshalber zugedeckt

Einen Übergang von den oberirdischen Leitungen zu denjenigen unter Flur bilden die *Steinzeugrinnen* (Abb 7). Sie werden bündig zur Bodenfläche verlegt und in der Regel bedeckt. Solche beidseitig salzglasierte Rinnen ermöglichen es, Flüssigkeiten fortzuführen, deren chemische, physikalische oder physiologische Natur es verbietet, sie ohne Vorbehandlung in das allgemeine Kanalisationsnetz zu leiten. Die Rinnen sind sowohl druck- wie auch korrosionsfest und gewähren dank der glatten Innenseite einen stockungsfreien Ablauf der Flüssigkeiten. Die offene Bauweise ermöglicht es zudem, diese Rinnen erforderlichenfalls von mitgeschwemmten oder hineingefallenen festen Anteilen zu reinigen.

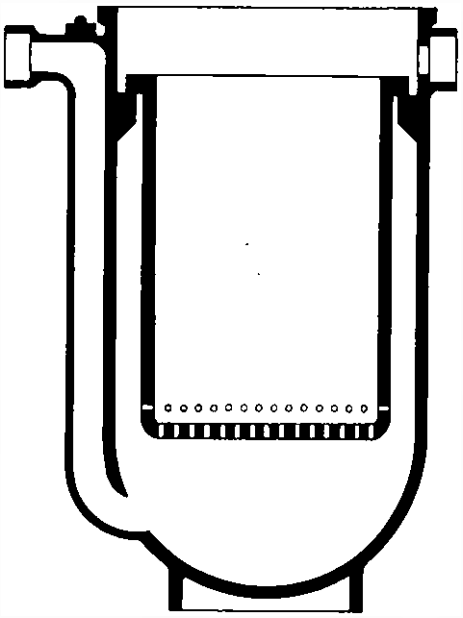

Abb. 8. Steinzeugsinkkästen dienen zur Neutralisierung von sauren Abwässern. Sie können zudem als Sammler für feste Stoffe in den Abläufen dienen

Zur Neutralisation saurer Abwässer baut man an die Rinnen *Steinzeugsinkkästen* (Abb. 8) an, deren Siebeinsatz mit säurebindenden Mitteln gefüllt ist. In ähnlicher Weise werden mit Schlammfängern aus Steinzeug größere Mengen von festen Anteilen oder von Sinkstoffen beseitigt.

Für die Fortbewegung von aggressiven Flüssigkeiten leisten *Steinzeugpumpen* vortreffliche Dienste. Sie haben sich gleich gut bewährt wie die *Ventilatoren* aus demselben Material, die zur Fortleitung von störenden Dämpfen oder von gesundheitsschädlichen Gasen unentbehrlich sind.

Es geht nun nicht immer an, solche Gase und Dämpfe einfach in die Atmosphäre austreten zu lassen, da sie eine Belästigung der Umwelt verursachen würden. Man leitet daher solche Dämpfe und Gase in *Steinzeugtürme*, welche mit Füllkörpern aus Steinzeug beschickt wurden (Abb. 9). Die Türme werden aus mehreren Teilen zusammengesetzt, wobei die normale Bauhöhe eines jeden Teilstückes 1 m beträgt. Durch seitliche Stutzen im Unterteil des Turmes werden die anfallenden Gase bzw. Dämpfe eingeführt, während Verteiler von zweckentsprechender Form eine geeignete Absorptionsflüssigkeit von oben her nach dem Gegenstromprinzip über die eingelagerten Füllkörper (Abb. 10/11) rieseln lassen. Je nach der zu bewältigenden Leistung wird die Höhe der Türme festgelegt, und ebenso muß die Menge der einzulagernden Füllkörper dementsprechend bemessen werden. Die Steinzeugtürme dienen aber nicht nur für die Beseitigung von Abfallprodukten, sie werden auch benötigt bei der Herstellung von verschiedenen Säuren, ferner zum Trocknen von korrodierenden Gasen und endlich zur Kondensation von Dämpfen, welche man nicht ungenutzt entweichen lassen will. Es ist selbstverständlich, daß die Leitungsrohre, Turille usw., welche zum Betriebe der Türme gehören, aus Steinzeug bestehen.

Besonderes Augenmerk darf den *Steinzeughähnen* geschenkt werden, da vielerorts noch zu wenig bekannt ist, daß diese Hähne in der verschiedensten Formen fabriziert werden. Man kann Kegelflanschhähne mit glattem oder gebogenen Auslauf bzw. mit Unterlauf als Einsteckhahnen oder auch als Dreiweghähne verwenden. Die eingeschliffenen Hahnküken dichten gut ab. Sie lassen sich trotzdem ohne Schwierigkeit bewegen, wenn man erforderlichenfalls ein geeignetes Schmiermittel verwendet. Die Hähne werden mit Drahtverbindungen bzw.

Abb. 9. Die Steinzeugtürme werden aus mehreren Teilen zusammengesetzt

Abb. 10. Die lose geschichteten Füllkörper aus Steinzeug in den Steinzeugtürmen dienen der intensiven Durchmischung von Gasen und Flüssigkeiten

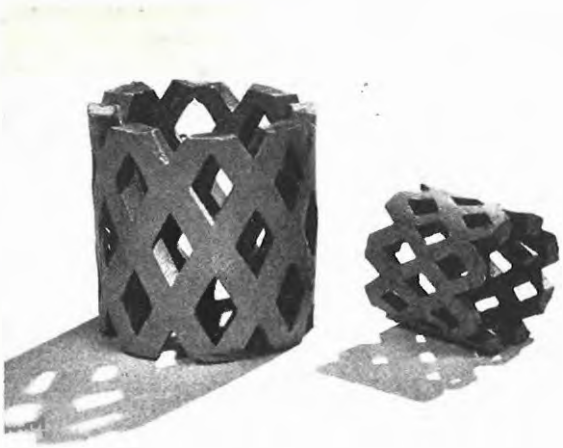

Abb. 11. Eine besonders große und wirksame Oberfläche bietet der netzartige Aufbau der «Intos-Ringe»

mit Rohrschellen gegen eine mögliche Lockerung und gegen mechanische Beschädigungen geschützt, wie die Abb. 12 zeigt.

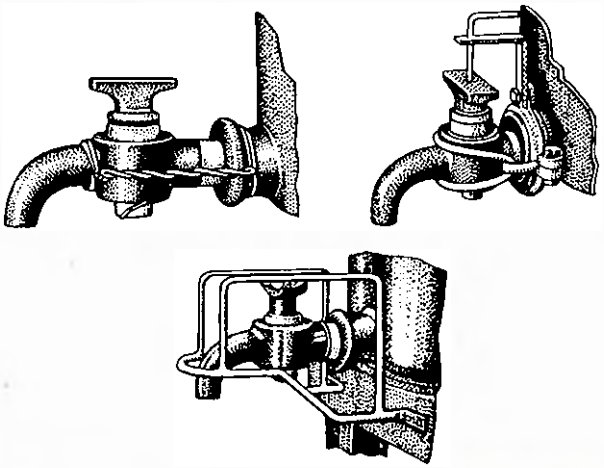

Abb. 12. Verschiedene Sicherungsvorrichtungen für Steinzeughähne gegen unbeabsichtigte Lockerung und gegen Beschädigungen

Zur *Aufbewahrung* von Flüssigkeiten aller Art bedient man sich der Behälter und Gefäße der verschiedensten Bauarten, so der zylindrischen, konischen und flaschenförmigen Standgefäße, welche mit einem Fassungsvermögen von 10–2000 Liter erhältlich sind. Je nach dem Verwendungszwecke werden diese Behälter mit Deckeln und mit Hahntüllen versehen. Vortrefflich haben sich die Säuretransportgefäße aus Steinzeug bewährt, die einen Nenninhalt von 900–1200 Liter aufweisen. Durch die Anordnung von gewölbten Böden und von Versteifungsrippen wird die mechanische Festigkeit dieser Transportgefäße ganz wesentlich gesteigert. Gegenüber 5000 kg Säure in gläsernen Korbflaschen können auf einem Eisenbahnwagen in solchen Steinzeugbehältern etwa 15000 kg Säure untergebracht werden (Abb. 13). Die geringe Gefahr des Bruches – verbunden mit möglichen daherigen Schäden durch ausfließende Säure –, die niedrigen Transportkosten und die sauberere Handhabung rechtfertigen die Verwendung von Steinzeugbehältern, deren Füllung und Entleerung unter Zuhilfenahme von Steinzeugpumpen zudem nur wenige Arbeitskräfte beanspruchen.

Steinzeugwannen und -tröge werden in zahlreichen industriellen Klein- und Großbetrieben verwendet, so z. B. zum Wässern oder zum Spülen in Beizereien, Metallätzereien, als Phototanks, für die elektrolytische Chlordarstellung, als Akkumulatorenbehälter usw. Sie werden gemäß den gestellten Erfordernissen mit oder ohne Ablauf bzw. Überlauf gebaut. Die Tröge bzw. Wannen können bei Horizontallagerung unter günstigen Umständen durch Einfügen von mehreren Zwischenstücken nach Belieben verlängert werden. Man verlegt die Teilstücke dicht aneinander stoßend in Betonwannen und verstreicht die Fugen mit einem säurefesten Kitt.

Hinsichtlich der *Wärmefestigkeit* des Steinzeugs darf als allgemeine Wegleitung gelten, daß das übliche Ma-

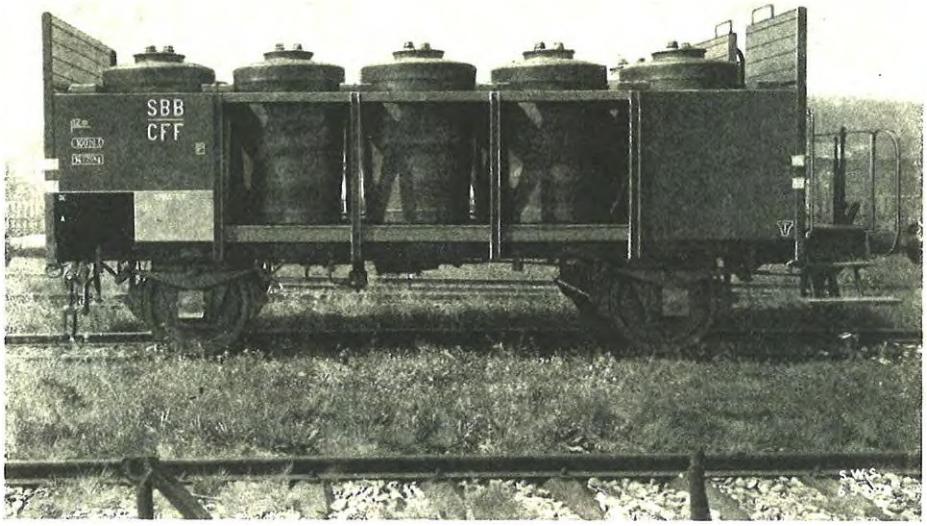

Abb. 13. In den Steinzeugbehältern können auf einem Eisenbahnwagen bis zu 15000 kg Säure befördert werden

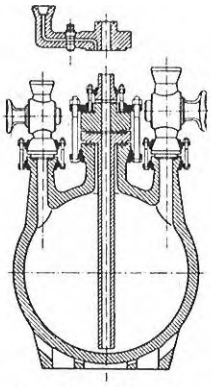

Abb. 14. Schnitt durch eine Druckbirne aus Steinzeug

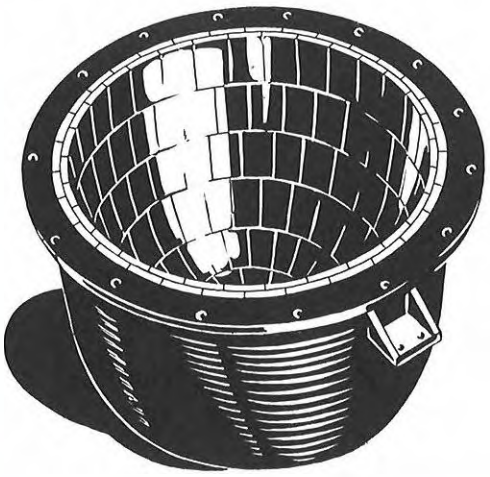

Abb. 15. Metallkessel werden gegen die korrosiven Angriffe mit Steinzeugplatten geschützt und gas- und flüssigkeitsdicht verkleidet

terial Temperaturen von höchstens 40–50° ohne Schaden ausgesetzt werden kann. Durch die Verwendung von Heizbädern, welche die Hitzewirkung zeitlich und örtlich ausgleichen, läßt sich die Gebrauchsfähigkeit des Steinzeugs noch weiter steigern. Schließlich ist unsere schweizerische Steinzeugindustrie in der Lage, Spezialsteinzeuge zu liefern, welche Temperaturen von 120–130° ertragen. Außerdem sind Entwicklungsarbeiten im Gange, die es erlauben, Apparate aus Steinzeug herzustellen, welche eine Temperaturbeständigkeit von *mehreren Hunderten von Graden* aufweisen.

Druckgefäße (Druckbirnen, Abb. 14) zum Heben von Flüssigkeiten mit Druckluft werden vorzugsweise in einen sandgefüllten Behälter eingebaut, um möglichen Temperaturbeanspruchungen zu begegnen, oder man versieht sie mit einem Netzwerk aus Stahldraht bzw. einem Gußeisenmantel, um die Gefahr des Zerspringens bei Überdrücken zu bannen. Dieselben Vorsichtsmaßnahmen sind bei den *Vakuumgefäßen* aus Steinzeug ratsam, welche dank den sorgfältig ausgeführten Anschlußschliffen einem Unterdruck von 680 mm Hg standzuhalten vermögen.

Eine weitere Steigerung der mechanischen Festigkeit des Steinzeugs läßt sich durch die Umkleidung mit *metallischen Armaturen* erreichen. Hierbei hat das Metallgerippe die statischen Beanspruchungen aufzunehmen, währenddem das Steinzeug den chemischen Einflüssen widersteht. Sollen jedoch die Apparate aus Steinzeug besonders hohen Zugspannungen ausgesetzt werden, denen sie nicht gewachsen sein könnten, so bringt man eine «Vorspannungspanzerung» an, welche mit dem Steinzeug verkittet wird. Die Kittschicht gleicht die

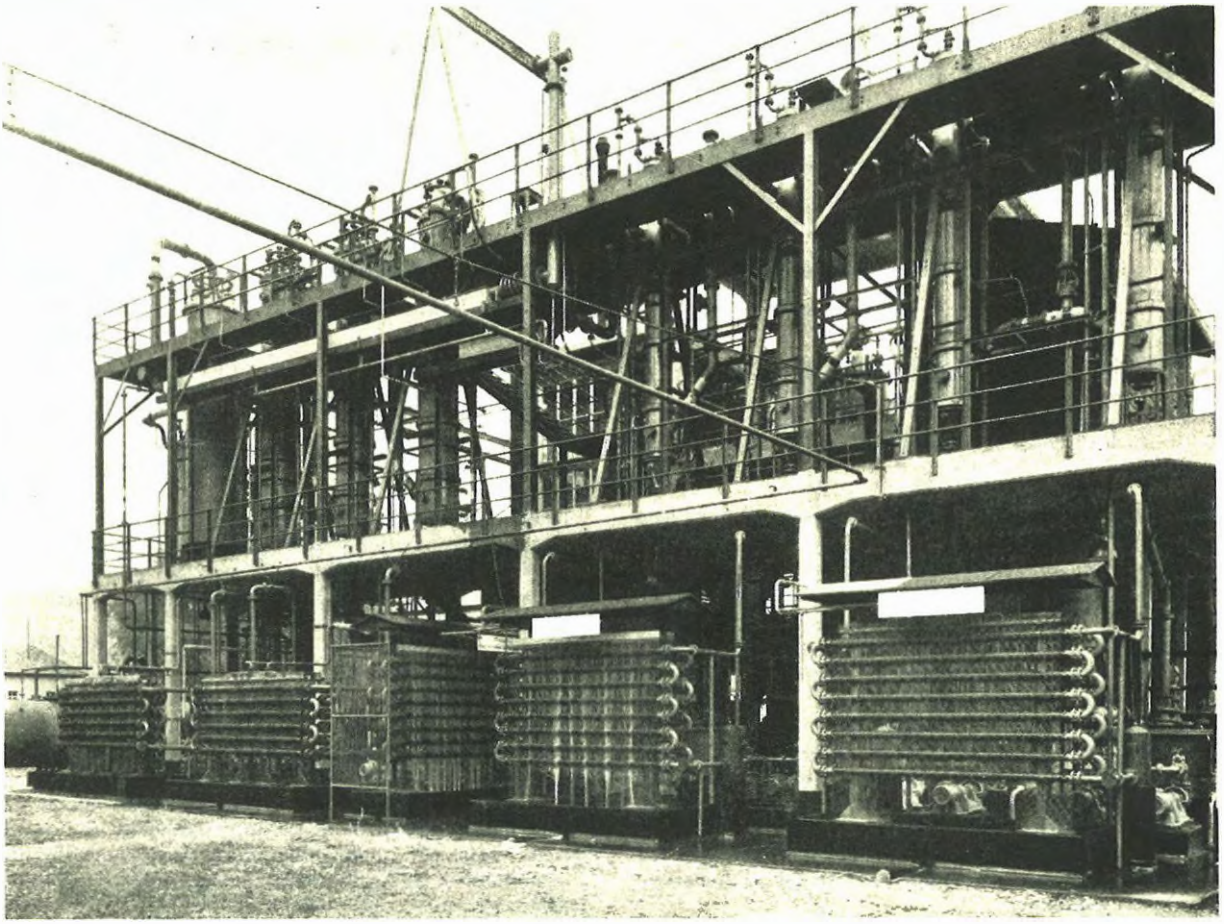

Abb. 16. Neuzeitliche Anlage zur Herstellung von Schwefelsäure unter Verwendung von zahlreichen Steinzeugelementen

voneinander abweichenden Spannungen der beiden Baustoffe aus. Solche Vorspannungspanzerung wird insbesondere bei umlaufenden Apparaturen, wie z. B. bei Steinzeugzentrifugen verwendet, wo die Fliehkraft eine übermäßige Beanspruchung des Steinzeugs verursachen könnte.

Bei Behältern und Apparaten, deren ungewöhnliche Formen oder deren bedeutende Ausmaße die Anwendung eines einzigen Steinzeugkörpers verunmöglichen, werden Metallapparate mit den entsprechend geformten Steinzeugplatten ausgelegt und diese mit der Hülle flüssigkeits- und gasdicht vereinigt (Abb. 15).

Wir zeigen in den drei letzten Abbildungen noch je

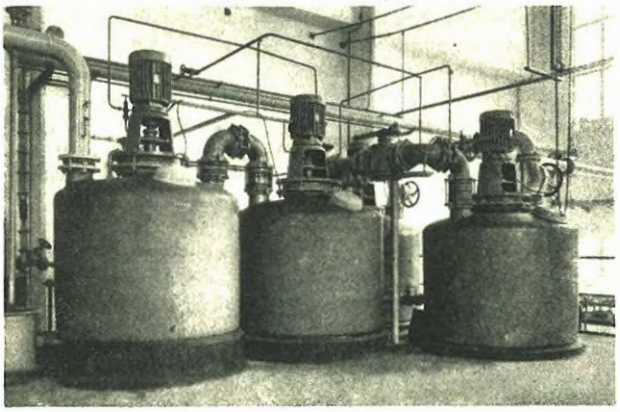

Abb. 17. Steinzeugapparate für die Trocknung von Chlorgas

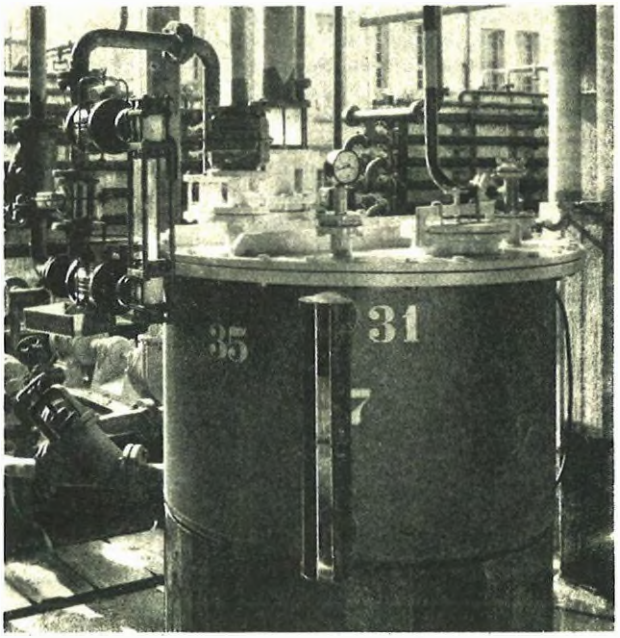

Abb. 18. Steinzeugarmaturen in einer chemischen Großanlage

eine neuzeitliche Anlage zur Herstellung von Schwefelsäure unter Verwendung von Steinzeugelementen sowie eine kürzlich aufgestellte Großanlage für die Trocknung von Chlorgas, schließlich verschiedene Armaturen, wie Hähne, Pumpen und Kühler, aus Steinzeug in einer chemischen Anlage. Die Bilder geben einen anschaulichen Begriff von der vielfachen Anwendungsmöglichkeit dieses Baustoffes. Es ist aber den wertvollen praktischen Erfahrungen unserer Steinzeugfabrikanten zu verdanken, daß sie im Zusammenarbeiten mit den Verbrauchern ständig neuauftretende Fragen erfolgreich zu lösen vermögen.