

Fortschritte der Keramik und ihre Bedeutung für die chemische Industrie*).

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

Vorgetragen im Märkischen Bezirksverein des Vereins deutscher Chemiker in Berlin am 25. Mai 1925 und im Rheinischen Bezirksverein des V. d. Ch. in Köln am 14. November 1925.

(Eingeg. 9. März 1926.)

In den letzten Jahren ist im Anschluß an Spenglers Buch viel über den „Untergang des Abendlandes“ gesprochen und geschrieben worden. Man sah die Vernichtung unserer Kultur durch zukünftige Kriege, berücksichtigte hierbei jedoch eine direkte und akute Gefahr nicht, die zu einem Untergang des Abendlandes führen kann: die Gefahr des Rohstoffmangels. Die Verbrauchs- und Vorratsziffern von Kohle, Erdöl und Eisen, den zur Zeit wichtigsten Rohstoffen der Industrie, und ihre Verteilung auf die verschiedensten Kontinente und Länder sind bekannt, ebenso die Bestrebungen, die Schwermetalle durch Leichtmetalle zu ersetzen. Dieser Übergang kann wohl als ein Wendepunkt unserer technischen Kultur bezeichnet werden, zu dem die chemische Industrie maßgebend beigetragen hat. Sie benutzt an Stelle von Eisen nicht nur Aluminium, sondern auch Aluminiumsilicate in Form aller keramischen Produkte. Die Keramik hat daher alles Interesse, die Bedürfnisse der chemischen Industrie zu befriedigen und ihre Fortschritte in ihren Dienst zu stellen. Dadurch fördert sie sowohl die notwendige Abkehr von den Schwermetallen, als auch die Entwicklung unserer technischen Kultur¹⁾.

Die keramische Industrie hat im letzten Jahrzehnt manche Fortschritte erzielt, einmal durch wissenschaftliche Erkenntnisse und dann durch Rationalisierungen und andere wirtschaftliche Errungenschaften. Hierüber ist eingehend berichtet worden²⁻⁵⁾. Der Rahmen dieser Veröffentlichung ist enger gefaßt. Es wird versucht, im Anschluß an frühere Publikationen in dieser Zeitschrift⁶⁻⁸⁾ lediglich ein Bild über die Fortschritte der Keramik zu geben, soweit dieselben für die chemische Industrie von Bedeutung sind. Hierbei wird Wert auf einen Literaturüberblick gelegt.

Die umstehende Tabelle^{9a)} veranschaulicht, daß die keramischen Waren im wesentlichen in drei Gruppen gegliedert werden: in Irdengut mit porösem und nicht-durchscheinendem Scherben, in Sinterzeug mit dichtem Scherben und in Steatit mit ebenfalls dichtem Gefüge, wobei diese Gliederung der dichten keramischen Fabrikate in Sinterzeug und Steatit seine Ursache in der vollkommen verschiedenen, chemischen Zusammensetzung beider Fabrikatgruppen hat. Während die in der Gruppe „Sinterzeug“ zusammengefaßten Materialien „Steinzeug“ und „Porzellan“ im wesentlichen aus Tonerdesilicaten bestehen, enthält Steatit als plastischen Rohstoff weder Ton noch Kaolin, sondern das Magnesiumhydrosilicat Speckstein ($3\text{MgO} \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$).

I. Die Baumaterialien⁹⁾, Ziegeleierzeugnisse und feuerfesten Produkte gliedern sich in eine außerordentlich große Anzahl von Einzelgruppen, wie

Hintermauerungsziegel, Vormauerungsziegel, Loch- und Hohlziegel, Hourdis, Verblender, Ring- und Radialziegel, Bauterra-

kotten, poröse (Leicht-)Ziegel, Deckenziegel, Tonplatten, Dachziegel (Biberschwänze, Falzziegel, Pfannenziegel), Drainröhren.

II. Bei den feuerfesten Erzeugnissen unterscheidet man je nach den verwendeten Rohstoffen

1. Steine mit überwiegend tonigem Charakter, und zwar Tonsteine, gewöhnliche Schamottesteine und Schamottesteine mit besonderem Zuschlag von Tonerde oder tonerdereichen Stoffen.

2. Gemischte Tonquarzsteine, wie Quarzschamottesteine, Quarztonsteine (Sandtonsteine und Tondinas).

3. Quarzkalksteine (auch Dinas genannt), und zwar aus Findlingsquarzit hergestellte Silicasteine I und aus Felsquarzit oder Kohlesandsteinen hergestellte Silicasteine II.

4. Oxydische Steine sind Tonerdesteine (beispielsweise Dynamidon- und Korundsteine), Magnesitsteine, Dolomitsteine und Chromitsteine.

5. Aus aschefreiem Koks stellt man unter Benutzung von Teer als Bindemittel kohlenstoffhaltige Steine her.

6. Carborundum-(Siliciumcarbid-)Steine.

Diese feuerfesten Massen¹⁰⁾ dienen sowohl für die Herstellung sogenannter Vollware, massiver Steine und Formstücke aller Art, als auch zur Erzeugung poröser Steine, sowie für die Herstellung von Hohlware, Retorten, Muffeln, Tiegeln für metallurgische Zwecke und Häfen der Glasindustrie, Graphittiegeln usw. Für Tiegelnzwecke benutzt man auch besondere Massen, wie Kalk, Magnesia, Tonerde, Spinell, Korund, Carborundum, Zirkonoxyd usw.

III. Zu den Töpferwaren gehören im allgemeinen alle nicht weißbrennenden keramischen Produkte mit porösem, erdigem, feinkörnigem Bruch, wie gewöhnliches Töpfergeschirr, Blumentöpfe, Wasserkühler, Schamotte- oder Begußkacheln und Kochgeschirr, mit bleifreier oder bleihaltiger Glasur.

IV. Das im allgemeinen im täglichen Leben bekannte Steinzeug¹¹⁾ ist durch seinen weißen und porösen Scherben charakterisiert. Größtenteils trägt es Bleiglasur. Den Chemiker interessiert jedoch das Material in unglasiertem Zustande mehr, ganz speziell, wenn es für Tonzellen, Filterkörper, Diaphragmen dient. Man unterscheidet grundsätzlich drei Sorten von Steinzeugmassen:

1. Sogenanntes Tonsteingut,
2. Kalksteingut,
3. Feldspat- oder Hartsteingut.

Gewisse Sorten des letzten sind säurefest, während es basenbeständige, poröse Massen aus Steinzeug erst seit kurzem nach dem D. R. P. 416 901 *) aus Speckstein-Magnesia gibt. Andere säurefeste poröse Massen bestehen aus Kieselgur und entsprechenden Bindemitteln.

V. Steinzeug¹²⁾, das in der chemischen Industrie am häufigsten benutzte keramische Material, ist durch seinen dichten Scherben ausgezeichnet und unterscheidet sich durch seine nicht-weiße Farbe vom Porzellan. Es dient sowohl in massiver Form als Baumaterial, als auch in Hohlform für alle Arten von Gefäßen, Röhren usw. Folgende Baumaterialien werden aus Steinzeug hergestellt: Klinker (Keramikziegel und Eisenklinker), Fußbodenplatten (Fliesen), Kanalisationsröhren und sogenannte säurefeste Steine. Als Hohlgefäße dient Steinzeug für alle Geräte und Maschinen der chemischen Industrie, die säurebeständig sein müssen. Ihre Zahl ist Legion.

VI. Porzellan¹³⁾ besitzt neben vollkommen gesintertem Scherben eine erhebliche Transparenz und weiße Farbe. Es dient in allererster Linie neben der Herstellung von Gebrauchsgeschirr, Luxuswaren aller Art, Isolatoren, für die Fabrikation kleinerer Laboratoriumsgeräte für die chemische Industrie.

VII. Steatit¹⁴⁾ wird, wie bereits angeführt, aus Speckstein hergestellt und hat bisher fast ausschließlich Verwendung für die Herstellung von Brennern für Acetylenlicht und für Isola-

*) Den größten Teil der Literaturzusammenstellung (S. 1279) verdanke ich Herrn Dr. A. Weber, Berlin.

*) der Firma Deutsche Ton- u. Steinzeug-Werke A.-G., Charlottenburg.

Tabelle 1.

Einteilung der keramischen Erzeugnisse.

A. Irdengut.

Scherben porös und nicht-durchscheinend.

1. Baumaterial:		2. Geschirr:	
<i>a)</i> nicht-weißbrennend: Ziegel, Verblender, Bauterrakotten, Hohlziegel, poröse Steine, Drain- röhren, Dachziegel.	<i>β)</i> weißbrennend: Schamottesteine und -werkstücke, feuerfeste Erzeugnisse aus beson- deren Stoffen, feuerfeste Hohlware.	<i>a)</i> nicht-weißbrennend: Antike Geschirre, Töpfergeschirr, Blumentöpfe, Wasserkühler, Lack- ware, sog. ordinäre Fayence, Ofen- kacheln.	<i>β)</i> weißbrennend: Tonsteingut, Tonzellen, Tonpfeifen, Kalksteingut, Feldspat- oder Hart- steingut, Sanitätsgeschirr, Feuer- tonware.
<i>I. Ziegeleierzeugnisse.</i>	<i>II. Feuerfeste Erzeugnisse.</i>	<i>III. Töpfereierzeugnisse.</i>	<i>IV. Steingut.</i>

Irdenware (im weiteren Sinne).

B. Sinterzeug (Scherben dicht).

a) Scherben nicht oder nur an den Kanten durchscheinend (Steinzeug):

1. Baumaterial:		2. Geschirr:	
<i>a)</i> nicht-weißbrennend: (Klinkerware) Klinker, Fliesen, Kanalisations- röhren.	<i>β)</i> weißbrennend: Säurefeste Steine, Isolatoren.	<i>a)</i> nicht-weißbrennend: Wannen, Tröge, chemische Ge- fäße usw.	<i>β)</i> weißbrennend: Steinzeug, auch künstlich gefärbt, Feinterrakotten, Wedgewoodware, Chromolith usw.

V. Steinzeug.

b) Scherben durchscheinend (Porzellan):

1. Baumaterial:		2. Geschirr:	
Wandplatten, Futtersteine für Trommelmühlen usw. aus Hartporzellan, elektrotechnische Artikel.		Hartporzellan, Weichporzellan, Spezialitäten der Porzellantechnik.	

VI. Porzellan.

C. Steatit.

Scherben dicht und weiß, schwach transparent; Oberfläche hellgelb.

VII. Steatit.

tionsteile der Elektrotechnik gefunden. Da dieses Material ebenfalls säurefest ist und mechanisch eine außerordentlich viel größere Festigkeit besitzt als Steinzeug und Porzellan und sich erheblich genauer herstellen läßt als diese Materialien, hat es noch Aussicht, auch in der chemischen Industrie weitgehende Verwendung zu finden, besonders da auch schon der rohe Speckstein in verarbeitetem Zustande ungebrannt (also kein eigentliches keramisches Erzeugnis) bei einer im allgemeinen nur metallbearbeiteten Stücken eigenen Genauigkeit größte Säurefestigkeit besitzt.

Speckstein und Steatitfabrikate haben auch vor den übrigen dichten keramischen Fabrikaten noch den Vorzug einer etwas größeren Basenbeständigkeit. Leider besitzt Steatit infolge seines verhältnismäßig sehr großen Ausdehnungskoeffizienten keine sehr günstige Temperaturwechselbeständigkeit. Indessen ist bekannt, daß Steatit in Form von Auskleidungsplatten in großen Kesseln Verwendung zum Kochen mit basischen Lösungen fand und sich hierbei besser bewährte als Porzellan und Steinzeug. Obwohl also rein technisch oder keramisch die Möglichkeit besteht, aus Steatit die gleichen Gefäße herzustellen wie aus Porzellan und bedingt auch wie aus Steinzeug, hat dieses Material wegen seiner schlechten Temperaturwechselbeständigkeit nur Verwendung in Plattenform gefunden. Das Hauptabsatzgebiet für Steatit bleibt daher zunächst der Elektrotechnik vorbehalten, da dieses Material in seiner elektrischen Durchschlagsfestigkeit dem Porzellan gleichkommt, diesen Werkstoff jedoch in bezug auf seine mechanischen Eigenschaften bei weitem übertrifft und Fabrikate in einer Genauigkeit ermöglicht, die für Porzellan und Steinzeug zur Zeit noch nicht erreichbar ist. Beispielsweise lassen sich säurefeste Düsen herstellen, deren Löcher einen Durchmesser von $\frac{1}{10}$ mm haben und die auf $\frac{1}{100}$ mm genau gebohrt sind.

Fabrikate nach der vorstehend beschriebenen Einteilung keramischer Produkte gibt es bereits seit vielen Jahrhunderten bzw. seit sehr vielen tausend Jahren, da bekanntlich die keramischen Produkte aus den ersten technischen Betätigungen der Menschheit hervorgegangen sind. Als die chemische Wissenschaft bzw. die chemische Industrie daher säurebeständige Materialien bzw. Werk-

stoffe für Gefäße und Apparate benötigte, konnte sie ohne weiteres das bereits vorhandene Steinzeug benutzen. Die Entwicklung dieser Massen ist seit ihrer technischen Verwendung durch die Römer vielfach nur eine graduelle gewesen, während die keramische Industrie sich zur Zeit bemüht, darüber hinaus auch prinzipielle Fortschritte zu erzielen. Die Hauptbestrebungen der Keramik im Dienste der chemischen Industrie konzentrieren sich zur Zeit auf folgende Punkte:

1. Steigerung der mechanischen Festigkeit der keramischen Produkte;
2. Steigerung der chemischen Widerstandsfähigkeit der keramischen Fabrikate, speziell ihrer Basenbeständigkeit;
3. Steigerung der Feuerfestigkeit;
4. Steigerung der Temperaturwechselbeständigkeit;
5. Steigerung der Dichte ¹⁵⁾ der Fabrikate bzw. ihrer Porosität ¹⁶⁾;
6. Ausbildung von Spezialmassen und Spezialapparaturen ⁸⁾.

In der Chemie ist es vollkommen selbstverständlich, daß man von jedem neuen chemischen Körper die physikalischen Eigenschaften bestimmt und sich hierbei erst mit den Grenzen des Möglichen zufrieden gibt. In der keramischen Industrie ¹⁷⁾ war es bis vor wenigen Jahren üblich, lediglich einige wenige Eigenschaften mehr oder weniger genau zu bestimmen, alle übrigen Eigenschaften jedoch ziemlich empirisch oder gefühlsmäßig zu schätzen. Die sehr erklärliche Ursache hierfür liegt in der Tatsache, daß keramische Fabrikate, die unter Sammelbegriffen, beispielsweise „Steinzeug“, „Porzellan“ usw., zusammengefaßt sind, durchaus nicht einheitliche Produkte im Sinne chemischer Körper vorstellen; im Gegenteil ist eigentlich jedes Fabrikat mehr oder weniger eine Sache für sich. Aber auch jedes Fabrikat einer und derselben

Firma ist in seinen Eigenschaften verschieden, je nach der Sorgfalt der Aufbereitung der Rohmaterialien, ihrer Mahlfineinheit, der Formgebungsmethode, der Brenndauer, der Brennhöhe und der Abkühlungszeit. Man hat daher nur dann Porzellan gleicher Qualität vor sich, wenn alle Rohmaterialien und Fabrikationsbedingungen stets gleich bleiben. Da dies aber nicht immer der Fall ist, besteht die Notwendigkeit der exakten Prüfung der physikalischen Eigenschaften zu allernächst für den sorgfältigen Fabrikanten, der diese Prüfungen als Betriebskontrolle verwenden muß. In zweiter Linie ergibt sich aber durch einen Vergleich der verschiedenen physikalischen Eigenschaften mannigfacher keramischer Massen miteinander sofort in klarster Weise die Möglichkeit, eine Auswahl der besten Massen zu wählen, unter Ausschaltung der schlechteren bzw. unter Steigerung ihrer mechanischen Festigkeit usw. Für diesen Zweck war es zunächst notwendig, die Materialprüfungsbedingungen der Chemie und des Maschinenbaues auf die keramischen Produkte zur Anwendung zu bringen. Da es sich hier um verhältnismäßig spröde Stoffe und Stoffgemische handelt, war die Übertragung der Prüfungsmethoden nicht immer leicht. Beispielsweise gehört es in der Chemie im allgemeinen zu den einfachsten Arbeiten, den Schmelzpunkt eines Körpers zu bestimmen. Keramische Produkte haben in diesem Sinne überhaupt keinen Schmelzpunkt, sondern nur einen Erweichungspunkt, der nicht nur von der Höhe der Temperatur, sondern auch von der Dauer der Erhitzung und dem auf dem Material lastenden Druck abhängt. Die Messung des Erweichungspunktes der keramischen Massen ohne Belastung erfolgt nach sogenannten Segerkegeln. Dies sind kleine Probekörper wechselnder Zusammensetzung mit bekanntem Erweichungspunkt¹⁸⁾.

Während dichte keramische Fabrikate, z. B. Steinzeug, Porzellan und Steatit, in der Druckfestigkeit bei gewöhnlicher Temperatur dem Gußeisen nahekommen bzw. dieses Material hierin übertreffen, unterscheiden sich alle keramischen Fabrikate von den Metallen charakteristisch durch ihre verhältnismäßig große Sprödigkeit.

Diese ziffernmäßig zu erfassen, war mit einer recht schwierigen Aufgabe des keramischen Materialprüfungswesens¹⁹⁾. Dies wird vielleicht durch die Tatsache veranschaulicht, daß die Kerbschlagprobe in der Metallindustrie mit einem Pendelhammer von 100 mkg arbeitet, während die Prüfung keramischer Erzeugnisse mittels eines Pendelhammers mit einer lebendigen Kraft von 10 cmkg zu arbeiten gezwungen ist²⁰⁾. Nachdem aber die Prüfungsmethoden der Metallindustrie bzw. der Chemie eine sinngemäße und zweckmäßige Anwendung auf keramische Fabrikate gefunden haben, ist es möglich geworden, ziffernmäßige Vergleiche aller keramischen Fabrikate herbeizuführen, und in den nachstehenden Tabellen 2-6*) und graphischen Darstellungen (Figuren 1-19) sind die Resultate der mechanischen²¹⁾, wärmetechnischen²²⁾ u. ¹⁶⁾, elektrischen²³⁾ usw. Prüfungsmethoden veranschaulicht.

Zu den feuerfesten Produkten gehören nebegewöhnlichen Tonschamottmassen²⁴⁾, Magnesit- und Dolomitziegel²⁵⁾, Kohlenstoffsteine, Silica- und Dinassteine²⁶⁾, Chromitsteine²⁷⁾, hochfeuerfeste Erzeugnisse²⁸⁾, wie solche aus Zirkonoxymassen²⁹⁾, Silit, Tonerde³⁰⁾, Carborundum³¹⁾, Quarz³²⁾ usw., und alle diese Massen haben je nach ihrer chemischen Zusammensetzung und ihrer Verarbeitung verschiedene Eigenschaften³³⁾ und zeigen wesentliche Unterschiede in verschiedenster Beziehung.

*) S. Anhang.

Tabelle 2. Die physikalischen Eigenschaften von feuerfesten Erzeugnissen und Pyrotonmassen.

Masse	Spez. Gewicht	Raumgewicht	Porenraum	Porosität durch Wasseraufnahme	Druckfestigkeit	Zugfestigkeit	Biegefestigkeit	Elastizitätsmodul	Torsionsfestigkeit	Kugeldruckfestigkeit	Schlagbiegefestigkeit	Abnutzbarkeit Trommelprobe	Härte Sandstrahl- abnutzbarkeit	Skleroskop	Kegel- schmelzpunkt	Erweichungs- temperatur unter Belastung	Linearer Ausdehnungs- koeffizient	Wärmekapazität, spez. Wärme zwischen 17° u. 100° C	Wärmeleitfähigkeit kcal. m ⁻¹ . h ⁻¹ . Grad ⁻¹	Temperatur- leitfähigkeit Wärmeleitfähigkeit × spez. Wärme	Isolationswiderstand in Megohm (= 1 000 000 Ohm)	
Feuerfeste Erzeugnisse																						
Schamottmasse XX	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,33	—	—	—	33	—	—	—	0,205	—	—	—
Schamottbetonmasse.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,34	—	—	—	33	—	—	—	—	—	—	
Spezialmasse Z. 128	2,765	1,962	29,1	10,8	—	94	—	—	117	—	1,75	13,4	26,5	30	30	etwa 1400	5,5-10 ⁶	0,253 ¹⁾	0,396 ²⁾	—	137	
Z. 487 Magnesit	3,44—3,60	2,663	24—30	—	1037	122	246	8919	—	748	—	13,9	10,3	23-25	36	—	—	0,312 ¹⁾	—	—	—	
etwa 3	—	—	etwa 40	—	325	—	—	—	—	—	—	—	—	—	42	—	—	—	—	—	—	
Kohlenstoffsteine	2,5—2,7	1,9	15—35	—	70-300	—	—	—	—	—	—	—	—	—	32-35	1200	1,6-5,7-10 ⁶	0,190	0,432 ²⁾	—	137	
Norm. Schamottsteine	2,655	2,021	23,9	10,4	—	87	—	—	157	—	1,7	7,2	5,5	35	28	—	6,7-10 ⁶	0,1850	—	—	—	
Spezialmasse Z. 235	2,20—2,07	2,068	6,0	—	19800	—	—	6970-7260	300	—	—	—	—	—	31-32	—	0,55-10 ⁶	0,2777	0,9360	—	—	
Quarz	2,67—2,83	2,2	17,6	—	—	—	800-1200	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,19	—	—	—	
Silit	—	—	—	—	—	120	1085	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Alundum	3,91	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Silicasteine	2,32—2,5	—	18—43	—	100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	33-35	1600—1700	7,1-10 ⁶	0,219 ¹⁾	0,684 ²⁾	etwa 1,44	175	
Carborundumsteine	3,1—3,2	—	etwa 30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	42	1700	4,7-10 ⁶	—	8,64 ²⁾	—	127	
etwa 4	—	—	etwa 10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	37	etwa 1300	5,2-10 ⁶	—	—	—	—	
Chromitsteine	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Marquardtsche Masse.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Z. 890	—	—	—	—	560	—	90	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Pyroton	—	—	—	—	865	—	170	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Engl. M.	—	—	—	—	1070	—	191	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Lu 1004 ³⁾	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Lu 1706	—	—	—	—	1230	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

¹⁾ Zwischen 17° und 200°; ²⁾ Bei 200°; ³⁾ Mittel zwischen 0° und 1000°.

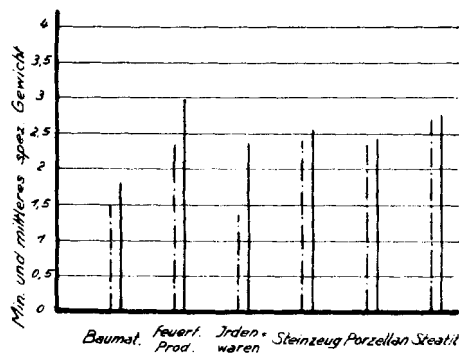


Fig. 1.

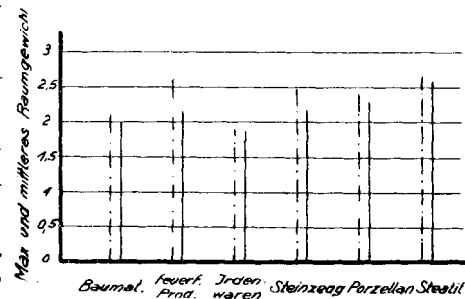


Fig. 2.

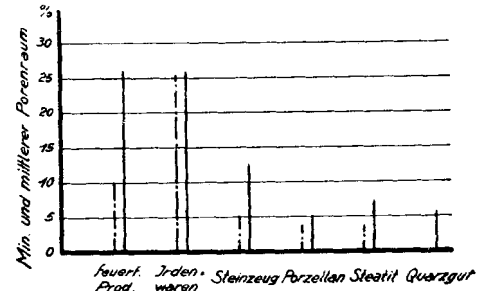


Fig. 3.

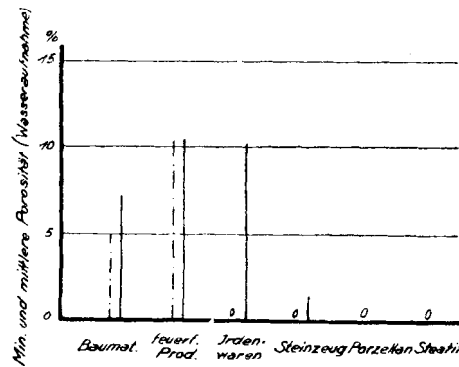


Fig. 4.

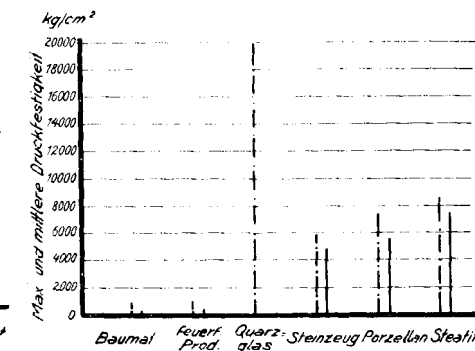


Fig. 5a.

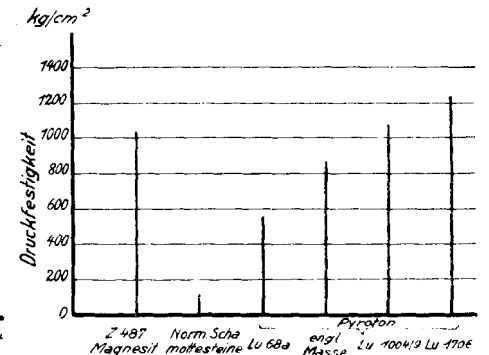


Fig. 5b.

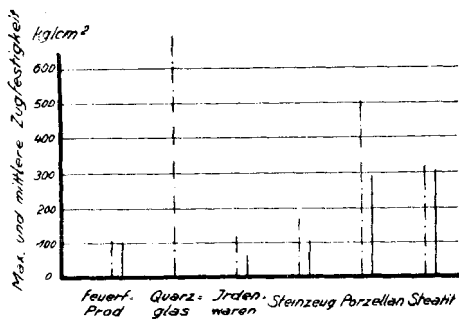


Fig. 6.

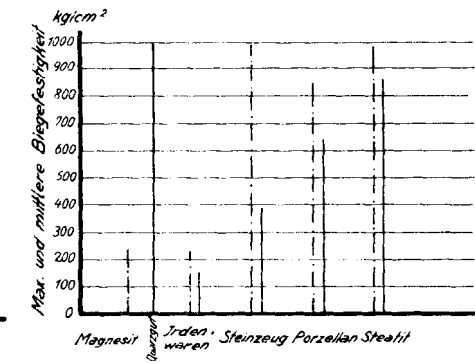


Fig. 7a.

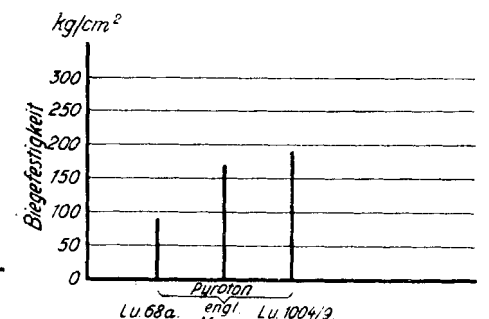


Fig. 7b.

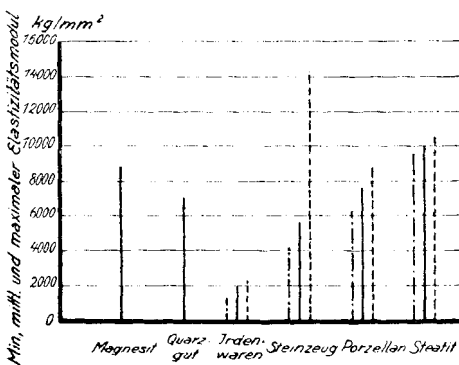


Fig. 8.

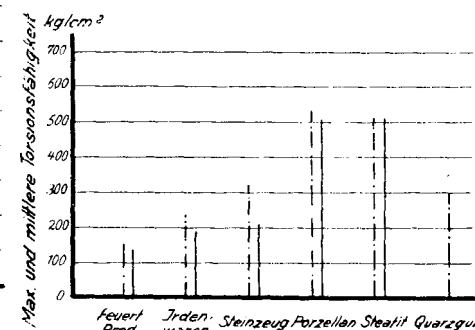


Fig. 9.

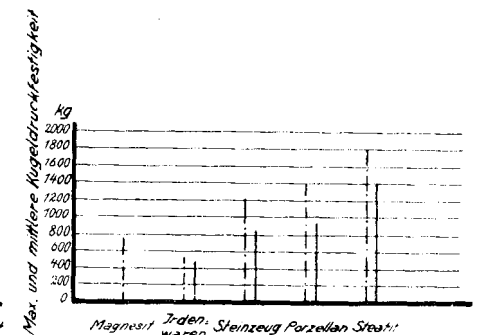


Fig. 10.

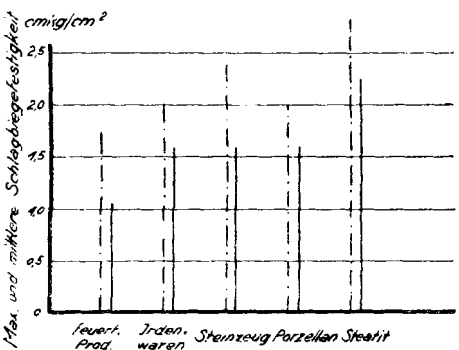


Fig. 11.

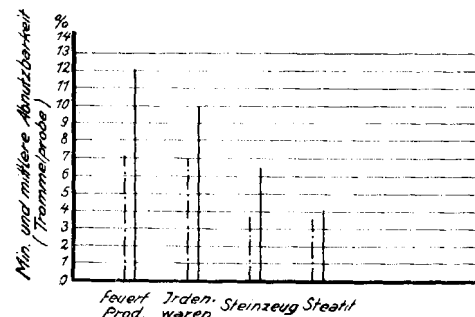


Fig. 12.

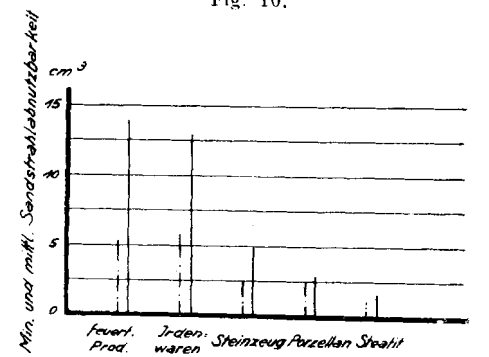


Fig. 13.

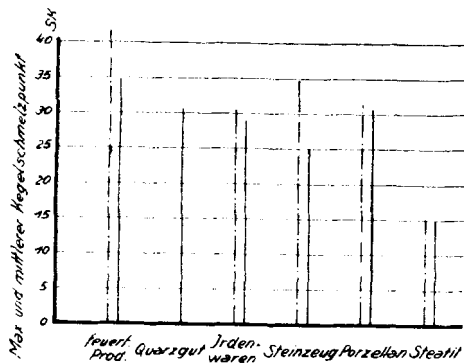


Fig. 14.

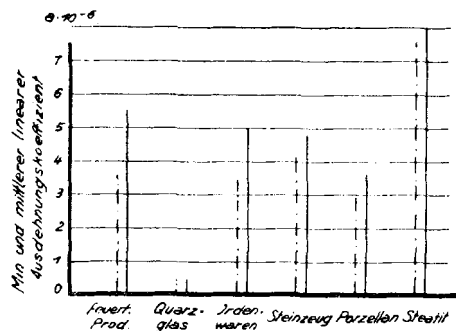


Fig. 15.

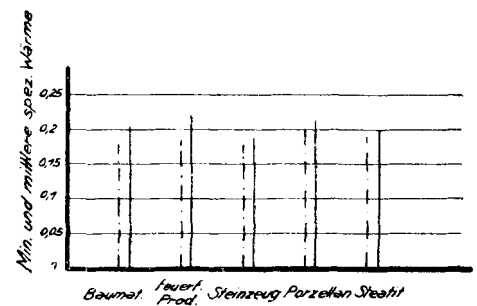


Fig. 16.

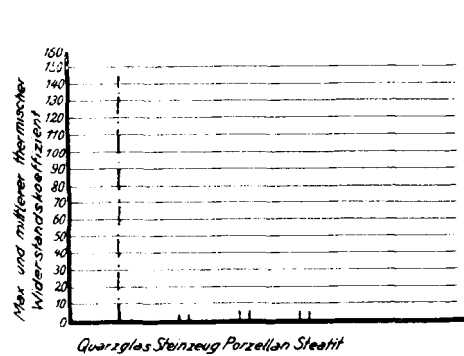


Fig. 17.

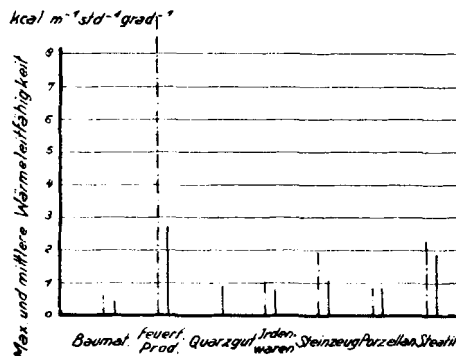


Fig. 18.

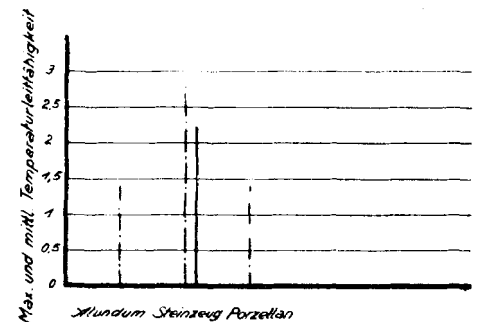


Fig. 19.

In allererster Linie werden sie verwendet, je nach der chemischen Angreifbarkeit der Produkte, die aus ihnen erzeugt werden sollen. Alle diese Fabrikate sind mehr oder weniger porös und durch einen verhältnismäßig hohen Schmelzpunkt gekennzeichnet³⁴⁾. Während gewöhnliche poröse Tonerde-Schamottesteine eine ziemlich große Temperaturwechselbeständigkeit haben, zeigen Magnesit- und Silicasteine trotz analog großer Porosität eine verhältnismäßig große Empfindlichkeit gegen analoge Beanspruchungen. Je nach der Dichte, der chemischen Zusammensetzung usw. schwanken die physikalischen Eigenschaften^{35a), b), c), d)} in ziemlich weiten Grenzen. Das Gleiche gilt von dem linearen Ausdehnungskoeffizienten und den beim Erhitzen auftretenden Volumenveränderungen³⁷⁾. Die Wärmekapazität³⁸⁾ aller dieser Fabrikate ist annähernd gleich, während der Unterschied der Wärmeleitfähigkeit³⁹⁾ ein außerordentlich großer ist, was aus den vorliegenden Zahlen deutlich hervorgeht.

Wie bereits oben ausgeführt, hat das für häusliche und sanitäre Zwecke ungemein verbreitete Steingut für industrielle Zwecke noch nicht die Verwendung gefunden, die es verdient und wahrscheinlich bei eingehenderer Untersuchung und Studium für Filter und Diaphragmen usw. finden wird. Aus den Veröffentlichungen⁴¹⁾ über dieses Arbeitsgebiet sei einiges hervorgehoben.

Aus einer geeigneten Mischung von Kaolinen verschiedener Lagerstätten hat P u k a l l³⁸⁾ in der K. P. M. Berlin Filter und Diaphragmen aus Hartsteingutmassen hergestellt, die sich vielfach gut bewährt haben.

Die „Gurocel-Filterplatten“³⁹⁾ zeigen eine größere Porosität als die gewöhnlichen Filterplatten, fast völlige Widerstandsfähigkeit gegen saure Angriffe und einen kleinen elektrischen Widerstand. Sie werden verwendet in der chemischen Industrie, in den Cellulose- und Papierfabriken und ähnlichen Betrieben.

Größere Verbreitung hat das Steinzeug in der chemischen Industrie gefunden⁴⁰⁾. Die folgende Tabelle 3 veranschaulicht die Untersuchungsziffern für eine größere

Anzahl von Steinzeugsorten, und zwar so, wie diese Massen früher bestanden haben⁴¹⁾. Erfreulicherweise läßt sich berichten, daß auf Grund dieser Vergleiche und der dadurch bedingten Feststellungen teilweise viel zu niedriger und schlechter mechanischer Eigenschaftszahlen viele dieser Massen bereits nicht mehr fabriziert werden, und zwar unter Wahl von anderen Massen, die die gewünschten Eigenschaften in höherem Maße besitzen. Charakteristisch für alle Steinzeugmassen ist die stets gleichbleibende Wärmekapazität. Dagegen schwanken alle übrigen physikalischen Eigenschaften in weiten Grenzen, und bei der Wahl für Sonderzwecke läßt sich mit Ausnahme der spezifischen Wärme sehr wohl jeweils diejenige keramische Masse aussuchen, die für den Sonderzweck besondere Eignung besitzt. Veranschaulicht wird dies durch die Tabelle 3 „Feinsteinzeug“, die bereits klar zeigt, wie wesentlich die einzelnen mechanischen Festigkeiten der verschiedenen keramischen Massen durch geeignete Auswahl der Rohstoffe, der Aufbereitung, der keramischen Fabrikationsbedingungen zu steigern sind. Das gleiche gilt für die nächste Tabelle 4, die die physikalischen Eigenschaften des Porzellans⁴²⁾ darstellt. Auf dem Gebiete der dichten keramischen Massen: Steinzeug, Porzellan und Steatit, wird zur Zeit am meisten Forschungsarbeit geleistet, und die bereits ziemlich umfangreiche Tabelle der vorliegenden Ziffern physikalischer Eigenschaften veranschaulicht am besten die Bestrebungen dieser Industrien, durch Schaffung exakter Unterlagen die Wünsche der Abnehmer, nämlich der chemischen Industrie und der Elektrotechnik, voll zu erfüllen, soweit dies im Rahmen der einzelnen Fabrikation überhaupt möglich ist (s. Spezialporzellan⁴³⁾).

Zu den Festigkeitsziffern der keramischen Massen ist grundsätzlich auszuführen, daß die festgestellten Zahlen dadurch nur Vergleichswert haben, daß sie an Probekörpern verhältnismäßig kleiner Abmessungen ermittelt wurden. Diese Ziffern werden in jedem Fall ungünstiger, wenn es sich um Stücke größerer Abmessungen handelt. Das Abfallen dieser Kurven ist noch zu wenig studiert,

Die physikalischen Eigenschaften von Porzellan.

Masse	Spez. Gewicht	Raumgewicht	Porenraum	Porosität durch Wasseraufnahme	Aufsaugfähigkeit unter Druck	Druckfestigkeit	Zugfestigkeit	Biegefestigkeit	Elastizitätsmodul	Torsionsfestigkeit	Kugeldruckfestigkeit	Schlagbiegefestigkeit	Härte		Kegelschmelzpunkt	Linearer Ausdehnungskoeffizient	Wärmekapazität, spez. Wärme zwischen 7° u. 100 °C	Thermischer Widerstandskoeffizient	Wärmeleitfähigkeit kcal · m ⁻¹ · h ⁻¹ · Grad ⁻¹	Temperaturleitfähigkeit = Wärmeleitfähigkeit / Dichte × spez. Wärme	Oberflächenleitfähigkeit	Dielektrische konstante	Dielektrischer Verlustwinkel	Isolationswiderstand in Megohm (= 100000 Ohm)	Durchschlagsspannung
													Sandstrahl-abnutzbarkeit	Skleroskop											
Porzellan																									
Porzellan A	2,464	2,269	7,9	0	0	—	204	656	—	—	674	1,75	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
B	2,459	2,299	6,5	0	0	—	161	688	—	—	731	1,77	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
"	2,473	2,345	5,2	0	0	—	231	570	—	—	960	1,80	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
C	2,440	2,341	4,1	0	0	—	199	696	—	—	955	1,83	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
D	2,446	2,310	5,6	0	0	—	239	777	—	—	1384	1,95	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
E	2,424	2,317	4,4	0	0	—	320	855	—	—	1376	1,99	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
F	2,449	2,298	6,2	0	0	—	250	686	—	—	986	1,88	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
G	2,495	2,376	4,8	0	0	—	265	690	—	—	1015	1,88	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
H	—	—	—	0	0	7428	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Z 152	—	—	—	0	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Isolatorenporzellan G	—	—	—	0	0	—	—	590	7800	481	—	0,90	2,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Isolatorenporzellan H	—	—	—	0	0	—	—	540	7835	500	—	0,95	3,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Tafelgeschirporzellan	—	—	—	0	0	—	261	640	8140	—	—	1,36	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Berliner Hartporzellan	—	—	—	0	0	—	—	855	8280	—	—	1,376	1,99	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Hartporzellanversuchs-	—	—	—	0	0	—	320	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
masse 6292	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Hermesdorfer Porzellan	2,3-2,5	—	—	0	0	bis 5600	—	520	7000-8000	480-600	—	0,08	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Laboratoriumporzellan	—	—	—	0	0	—	bis 360	bis 690	8880	500	—	1,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Weichporzellan 6833	—	—	—	0	0	—	—	410	8880	500	—	1,23	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Amerikanisches Porzellan	—	—	—	—	—	—	—	—	6840	—	—	1,00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Amnesisches Porzellan	—	—	—	—	—	2840-4614	106-887(?)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	500	—	6500	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

um exakt dargestellt zu werden, immerhin sprechen die bisherigen Beobachtungen für eine schematische Darstellung in Fig. 20, die lediglich prinzipiell veranschaulichen soll, daß zwar beispielsweise die Zugfestigkeit von

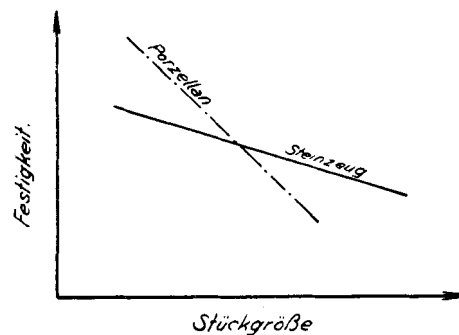


Fig. 20.

Steinzeug beim kleinen Prüfstück nur etwa halb so groß ist wie die von gutem Porzellan, daß der Abfall der Festigkeitsziffern mit steigender Abmessung beim Steinzeug außerordentlich viel langsamer erfolgt als beim Porzellan. Dies erklärt auch die allgemein bevorzugte Verwendung von Porzellan als Werkstoff für Laboratoriumsgeräte kleiner Abmessungen und die fast ausschließliche Benutzung von großen Steinzeuggeräten im industriellen Betrieb.

Literaturverzeichnis.

- ¹⁾ Vgl. „Untergang des Abendlandes durch Rohstoffmangel?“ von Dr. W. Peters in der „Technischen Rundschau“ Nr. 14 vom 8. April 1925, S. 98.
- ²⁾ Rieke, Neuere Fortschritte auf dem Gebiete der keramischen Chemie. Fortschritte der Chemie, Physik und physik. Chemie 1912, 6, Nr. 3, S. 141; Nr. 4, S. 185.
- ^{2a)} Marckwald in Kraus, Handwörterbuch der Werkstoffe 1921, S. 580 f.
- ³⁾ E. P. Bauer, Keramik, 1923; Verlag Theodor Steinkopff.
- ⁴⁾ W. Funk, Fortschritte der Keramik, 1923; Chem.-Z. Nr. 94, S. 673 ff., Chem.-Z. Nr. 99/100, S. 701 ff., Chem.-Z. Nr. 103/104, S. 717 ff., Chem.-Z. Nr. 107/108, S. 734 ff., Chem.-Z. Nr. 109/110, S. 742 ff.
- ⁵⁾ F. Singer, Die Keramik im Dienste von Industrie und Volkswirtschaft, 1923; Verlag Friedr. Vieweg & Sohn A.-G. in Braunschweig.
- ⁶⁾ Rieke, Die Eigenschaften des technischen Porzellans der Berliner Königlichen Porzellan-Manufaktur, 1915. Z. ang. Ch., S. 374.
- ⁷⁾ F. Singer, Über Rosenthalporzellan für chemische und technische Zwecke, 1918; Vortrag vor dem Verein Dtsch. Chemiker in Cassel am 28. September 1918.
- ⁸⁾ F. Singer, Die Keramik im Dienste der chemischen Industrie, 1921; Vortrag vor dem Verein Dtsch. Chemiker in Stuttgart am 22. Mai 1921.
- ^{8a)} F. Singer, Die Keramik im Dienste von Industrie und Volkswirtschaft, 1923; Verlag Friedr. Vieweg & Sohn A.-G. in Braunschweig, S. 248; ders., Fortschritte der Keramik und ihre Bedeutung f. d. Chemische Industrie. Vortrag, geh. v. d. Märkischen Bezirksverein d. V. D. Ch. i. Berlin am 14. XI. 1925. Ref.: Ker. R. 1925, S. 417.
- ⁹⁾ Tonwaren- und Ofenz. 1918, S. 27. — Tonz. 1919, S. 141. — Jacob, V. D. I.-Z. 1919, S. 118; Phys. Ber. 1920, S. 634. — Tuschhoff, Tonz. 1920, S. 729. — Hornung, J. Am. Cer. Soc. 1920, S. 865. — Knoblauch, Rausch u. Reiter, Ges.-Ing. 1920, H. 52; Cf. Bayr. Ind.-Gewerbebl. 1919, H. 49/50; 1920, H. 13/14; Tonz. 1920, S. 490. — Schroeder, Die Umschau 1920, S. 602. — Ber. d. D. K. G., 2, 1921, H. 3, S. 29/30; H. 2, S. 31, Literatur. — Lichtin, Chem. Met. Engin. 1921, S. 388; Chem. Zbl. 1922, II, S. 515. — Foster, J. Am. Cer. Soc. 1922, S. 788. — Arch. f. Wärmew. 1922, S. 24. — Burchartz, Tonz. 1922, S. 713. — Kondo, Jap. Cer. Assoc. 370, 283 [1923] — Chem. Met. Engg. 1924, S. 973. — Griffiths, Food

inv. board spec. report, 1924 (S. X). — Iron Tr. Rev. 1925, S. 151.

¹⁰⁾ Ditte, C. r. 1871, S. 108. — Keller, Über die Fabrikation und Anwendung ff. Ziegel, Berlin 1906. — The British Clayw. 1916, S. 347. — Ker. R. 1920, S. 511. — Kämpfer, Tonz. 1916, S. 536. — Arnold, Iron Tr. Rev. 1917, S. 1212. — Clayw. 1918, S. 137, 233, 324, 410, 504. — Bied, Chem. Ind. 1918, I, S. 579. — Kiln, La Cér. 1919, S. 147. — Kanolt, J. Franklin Inst. 1919, S. 489. — Newman, Tr. Cer. Soc. XIX, 1919/20, S. 132. — Bied, La Cér. 1919, S. 33; Tr. Cer. Soc. XIX, 1919/20, S. 134. — Purdy, J. Am. Cer. Soc. 1919, S. 865; J. Ind. Eng. Chem. 1919, S. 1151. — Nesbitt u. Bell, Proc. Am. Soc. Test. Mat. 1919, S. 619. — Böndel, Tonz. 1919, S. 1152, 1249. — Endell, Feuerfeste Materialien in der Zementindustrie, Charlottenburg 1919. — Washburn, J. Am. Cer. Soc. 1919, S. 3; Repr. Circ. Nat. Research Council. 1919, Nr. 3. — J. A., Tonz. 1919, S. 937. — Nesbitt u. Bell, J. Ind. Engl. Chem. 11, 1149. — Endell, Z. ang. Ch. 1920, S. 311, 356. — Eleöd, Pott. Gaz. 1920, S. 220. — Howe, Fortschritte in ff. Baustoffen 1919; The Blast Furnace and Steel Plant 1920, S. 59; Techn. Zsschau. 1920, Nr. 28, Bl. 8, Nr. 8191. — Metal. Ind. 1920, S. 369. — Tonz. 1919, S. 1152. — Geyer, Ber. d. D. K. G. 1, 33 [1920]. — Perdrijet, Ch. et Ind. 1920, S. 33. — Schulz, Tonz. 1920, S. 1097; Ber. Werkstoffaussch. V. d. Eisenh., Nr. 54. — Merlow, Soc. Chem. Ind. 1919, S. 114, 180; La Cér. 1920, S. 30. — Searle, The Chemical Age 1920, 2, 684, 3, 123; Techn. Zsschau. 1920, Nr. 35/36, 1, Nr. 90/91. — Techn. Bl. d. Dtsch. Bergwerksztg. 1920, S. 345. — Glückauf 1920, S. 804. — Ker. R. 1921, S. 16. — Rückblick über die letzten Arbeiten: Rev. Mat. Constr. Trav. Publ. 1921, Nr. 145, 152 B. — Tonz. 1921, S. 1350. — Tonz. 1921, S. 516. — Braesco, Chem. Zbl. 1921, S. 183. — Bradshaw u. Emery, Tr. Cer. Soc. XXI, 1921/22, S. 107. — Straßmann, B. d. D. K. G. 1, Bonn 1921. — Donald, J. West of Scotl. Iron and Steel Inst. 1917, S. 121. — Rochow, The Ceramist 1921, S. 181. — Rees, Tr. Cer. Soc. XXI, 1921/22, S. 69; Tonz. 1921, S. 117; Sps. 1922, S. 323. — Rebuffat, St. u. Eis. 1921, S. 954. — Schneider, Tonz. 1921, S. 405, 434, 452. — Straßmann, St. u. Eis. 1922, S. 24; Feuerf. u. hochfeuerfeste Stoffe, B. d. D. K. G., Bonn 1921. — Greaves-Walker, Tr. Cer. Soc. XXII, 1922/23, S. 358; Iron Coal Tr. Rev. 1923, S. 631. — Pike, J. Am. Cer. Soc. 1922, S. 554. — Münzinger, Techn. u. Ind. 1922, S. 40. — Moulton, J. Am. Cer. Soc. 1922, S. 823. — Hirsch, Tonz. 1922, S. 1037. — Brick, 1922, S. 867. — Ker. R. 1922, S. 107. — Tonz. 1922, S. 97, 98, 102, 108. — The Ceramist 1922, S. 205. — Smith, J. of the West of Scotl. Iron and Steel Inst. 1922, S. 8; Met. Engg. 1923, S. 121. — Drouot, Techn. Mod. 1923, S. 1, 37, 71, 104, 144, 170. — Tonz. 1923, S. 543. — Bouton, J. Am. Cer. Soc. 1923, S. 1190. — Williams, J. Am. Cer. Soc. 1923, S. 753; Foundry, 1923, S. 433. — Knight, Chem. Met. Engg. 1923, S. 1124. — Greaves-Walker, Iron Coal Tr. Rev. 1923, S. 631. — Endell, Stahlwerksausschußbericht Nr. 7; Ker. R. 1923, S. 439. — Hirsch, Tonz. 1923, S. 143, 152. — Ker. R. 1923, S. 131, 142. — Herringington, J. Am. Cer. Soc. 1923, S. 1193. — Harlow, J. Am. Cer. Soc. 1923, S. 1195. — Bales, Foundry 1923, S. 112. — Ferguson, The Iron Tr. Rev. 1923, S. 65; The Iron Tr. Rev. 1924, S. 22. — Bogitch, Chal. et Ind. 1923, S. 579. — Rees, Gas World 1923, S. 19; Met. Ind. 1923, S. 414. — Rieke, Gas- u. Wasserfach 1923, S. 34; u. Endell, Silicatz. 2 [1913], Sps. Kal. 1923, S. 105 (Einteilung der ff. Stoffe). — Thomas, St. u. Eis. 1923, S. 744; Gieß.-Z. 1924, S. 235. — Schurecht u. Douda, J. Am. Cer. Soc. 1923, S. 1232. — Howe, J. Am. Cer. Soc. 1923, S. 275. — Gozreau, Chem. Met. Engg. 1924, S. 696. — Tonz. 1924, S. 226. — Endell, Dtsch. Bergwerksztg. 1924, S. 401. — Booze, Chem. Met. Engg. 1924, S. 1063. — Green u. Theobald, Tr. Cer. Soc. XXIV, 1924/25, S. 124, 159. — Desmasure, Bull. Fédér. Ind. Chim. de Belg. 1924, S. 182, 238; Feuerfest 1925, S. 63. — Hougen, Chem. Met. Engg. 1924, S. 737; Sps. 1924, S. 627; Feuerfest 1925, S. 29 (Literaturzusammenstellung). — Endell, Zement 1924, S. 230. — Rees, Tr. Cer. Soc. XXIV, 1924/25, S. 23. — Dümmler, Tonz. 1924, S. 34. — Cornell, J. Am. Cer. Soc. 1924, S. 670. — Christman, The Ceramist 1924, S. 107. — Norton u. Porter, J.

Am. Cer. Soc. 1924, S. 575. — Loherr, Glückauf 1924, S. 1055. — Insley, J. Am. Cer. Soc. 1924, S. 583; Feuerfest 1925, S. 35. — Block, Feuerfest 1925, S. 77. — Schumann, Z. ang. Ch. 1925, S. 530. — Moser, Chem.-techn. Rundschau 1925, S. 358; s. a. Merkblatt der Staatl. Porz.-Man. Berlin. — Feuerfest 1925, H. 11. — The British Clayw. 1925, S. 291. — Feuerfest 1925, S. 82. — Feuerfest 1925, S. 115. — Zbl. d. Hüttenwalzwerke 1925, S. 469. — Kalpers, (Einteilung) Dingl. Polytechn. J. 1925, H. 15. — Richards, Gieß.-Z. 1925, S. 499. — Feuerfest 1925, S. 32. — Bodin, Fonderie mod. 1925, Aprilheft. Beil.: Ass. techn. de fonderie, S. 39; La Cér. 1925, S. 443; Tonz. 1925, S. 821. — Houldsworth u. Cobb, Tonz. 1925, S. 399. — Chem. Met. Engg. 1925, S. 442. — Tonz. 1925, S. 1156. — Feuerfest 1925, S. 96. — Schulz, Ber. Werkstoffaussch. V. d. Eisenh. Nr. 54; s. a. 24–34, 92–103, 104–103).

¹¹⁾ Ashley, Tr. Am. Cer. Soc. 1906, S. 147. — Harkort, Z. ang. Ch. 1911, S. 2348. — Purdy, Tr. Am. Cer. Soc. 1911, S. 86; Sps. 1912, S. 321. — Jakob, Ker. R. 1912, S. 309, 321, 334. — Williams, Tr. Am. Cer. Soc. 1915, S. 764. — Glixelli, Krak. Anz. 1917, S. 102; Phys. Ber. 1920, S. 546. — Bleininger, Brick 1918, S. 125. — Harkort u. Scherbius, Sps. 1919, Heft 34, 35 u. 36. — Rieke, Ber. d. Techn.-wiss. Abtlg. d. Verb. ker. Gew. 1919, S. 8. — Bleininger, The Danel, J. Am. Cer. Soc. 1920, S. 134. — Taylor, Mechanic. Eng. 1920, S. 8; Techn. Zsschau. 1920, Nr. 16, Bl. 8, Nr. 6689. — Heath u. Leese, Tr. Cer. Soc. XIX, 1919/20, S. 93; Sps. 1921, S. 381; 1922, S. 70. — Steinbrecht, Ker. R. 1920, S. 48; cf. Ker. R. 1922, S. 465, 471. — Ber. d. D. K. G. 2, 1921, H. 2, S. 31, H. 3, S. 29/30. — Raabe, Chem.-Z. 1921, S. 503. — Tonz. 1921, S. 187. — Ker. R. 1921, S. 182. — Regout, Ker. R. 1922, S. 131. — Moritz, Chem. Ind. 1922, S. 501. — Heath, Tr. Cer. Soc. XXII, 1922/23, S. 213; Ker. R. 1923, S. 372. — Hill, J. Am. Cer. Soc. 1922, S. 299. — Kohl, Ber. d. D. K. G. 3, 303 [1922]; Ber. d. D. K. G. 4, 137 [1923]. — Hüttig, Chem. Z. 1923, S. 782 (Glas); Ker. R. 1923, S. 394 (Glas). — Sproat, J. Am. Cer. Soc. 1923, S. 501; Tonz. 1923, S. 307. — Jenaer Glaswerk Schott & Gen., Z. ang. Ch. 1925, S. 686. — Z. ang. Ch. 1925, Nr. 35. — Tonz. 1925, S. 1228. — Ker. R. 1925, S. 779. — Keramos 1925, S. 510. — Moser, Chem.-techn. Rundschau 1925, S. 358. — Prausnitz, Chem. Z. 1925, S. 798; Z. ang. Ch. 1925, S. 1014. — Tonz. 1925, S. 1178. — Z. ang. Ch. 1925, S. 748. — Meyer, in „Achemajahrbuch 1925“, S. 146; s. a. 39), 39), 108), 160).

¹²⁾ Magnesiasztg. Tonz. 1907, S. 399. — Berdel, Sps. 1908, S. 1; Sps. 1909, S. 40, 581, 595; Sps.-Kal. 1923, S. 220; Sps. 1910, S. 591, 607; Sps. 1912, S. 30, 83, 99, 449; Ker. R. 1913, S. 185, 195, 205, 215; Ker. R. 1914, S. 264. — Pukall, Sps. 1910, S. 1, 17, 33, 47; 1912, S. 760, 775. — Ruff, Sps. 1911, S. 157. — Berge, Sps. 1911, S. 127. — Berdel, Sps. 1912, S. 161. — Breiterwieser, Ker. R. 1915, S. 201, 221, 233. — Wille, Tonz. 1916, S. 704; Z. ang. Ch. 1917, S. 33. — Whittaker, Brick 1918, S. 875. — Granger, Chem. Ind. 35, 243 [1918]. — Razous, Le Génie Civil 1919, S. 481; Sps. 1920, S. 533. — Greber, La Cér. 1920, 23. — Berge (Magnesiarmassen), Sps. 1920, Nr. 1 u. 2. — Jones, Chem. Met. Engg. 1921, S. 289. — Kleinlogel, Tonz. 1921, S. 460, 642. — Literaturübersicht Ber. d. D. K. G. 2, 26 [1921]; Beilage 23 [1921]. — Kallauner & Barta, Sps. 1921, S. 301. — Schmidt, Tonz. 1922, S. 434. — Pukall, Ber. d. D. K. G. 3, 280 [1922]. — Pohl, DTS-Sillimanit in F. Singer, Die Keramik im Dienste von Industrie und Volkswirtschaft 1923, S. 355. — Kaltenbach, Chem. Ind. 1922, S. 424. — Kingsbury, Chem. Tr. J. 1923, S. 35. — Urban, Ker. R. 1924, S. 229. — Tupholme, Manchester Guardian 1924, 18, III. — Brit. Clayworker 1924, S. 292. — Ill. Technik (Wochenbeilg. d. München. III. Presse) 7, II, 14 [1925]. (Abblättern), Tonz. 1926, S. 357; Schuen, Tonz. 1926, S. 419; Steinmann, Tonz. 1926, S. 703; s. a. 40), 41), 84), 108), 170), 173–177).

¹³⁾ Hussak, Feldspatporzellan, Sps. 1889, S. 153. — Friese, Isolatorenporzellan. Hermsdorf, 1904; Asbestporzellan Sps. 1904, 1611. — Watts, elektrotechn. Porz. Tr. Am. Cer. Soc. 1907, S. 600; Sps. 1909, S. 76 f. — Heinicke, Sps. 1909, S. 316. — Sieverts u. Krumhaar, Porz. b. hoh. Temp., Ztschr. f. phys. Ch. 74, 283 [1910]; Sps. 1910, S. 704. —

- Larchevêque u. Noble, Krätzigwerden. Cer. 1911, S. 122; Sps. 1911, S. 759. — Zimmermann, Chines. Porz. Ker. R. 1913, S. 33, 55, 70, 77; Biskuitporz., Sps. 1913, S. 3. — Pukall, Porz. niedr. Brenntemp., Sps. 1915, S. 130. — Watts, Tr. Am. Cer. Soc. 1914, S. 212; Sps. 1918, S. 56. — Dorfner, Porz. niedr. Brenntemp., Sps. 1914, S. 523; 1915, S. 312, 361. — Watkin, Chem. Porz. J. Soc. chem. Ind. 1917, S. 749; Z. ang. Ch. 1918, S. 317. — Elektrot. Porz., Revue gén. de l'Electr. 1917, S. 22, 58, 133, 180. — Singer, chem. Porz., Z. ang. Ch. 1918, S. 192, 221, 227, 232. Sonderdruck der Ph. Rosenthal A.-G. 1918 (Vortrag v. d. V. D. Ch. Hauptversammlung 1918 in Cassel); dazu Moser, Z. ang. Ch. 1918, S. 248. — A. N., Techn. Porz. Tonwaren- u. Ofenz. 1918, S. 6. — Lin, Porz. hoh. Brenntemp., J. Am. Cer. Soc. 2, 622 [1919]. — Porzellankegel, Sps. 1920, S. 354. — Watts, Verglasung, J. Am. Cer. Soc. 2, 400 [1919]. — Riddle, J. Am. Cer. Soc. 2, 812 [1919]. — Elektrotechn. Porz., Chem. und Met. Engg. 1920, S. 301. — Rosenthal u. Singer, Literaturübers. bis 1920; Ber. d. D. K. G. 1920, S. 47. — Funk, Meißener Porz., Z. ang. Ch. 1921, S. 127. — Klein, Tr. Am. Cer. Soc. 1916, S. 377. — Roth, Konstitution. Bücher d. D. K. G. 3 [1921]; Diss. T. H., Bln.-Charlottenbg. 1921. — Larchevêque, Cér. 1921, S. 127. — Roth, Sps. 1922, S. 533. — Funk, Ber. d. D. K. G. 3, 111 [1922]; Z. ang. Ch. 1922, S. 81; Porz. niedr. Brenntemp., Ber. d. D. K. G. 3, 270 f. [1922]. — vgl. Hertwig-Möhrenbach, Sps. 1920, S. 363; 1921, S. 445. — White, Chem. Porz. Tr. Cer. Soc. XXI, 1921/22, S. 320. — Boudouard, Einteilung, Chimie et Ind. 6, 5 [1921]; Ber. d. D. K. G. 3, 41 [1922]. — Binns u. Purdick, Porz. niedr. Brenntemp., J. Am. Cer. Soc. 5, 25 [1922]. — Riddle, Elektrotechn. Porz., Ker. R. 1923, S. 329, 335, 353. — Granger, Weichporz., Ker. R. 1923, S. 368, 382, 404, 413. — Eleöd, Am. Porz., Keramos 1924, S. 55. — Reichau, Hartporz., Ber. d. D. K. G. 4, 148 [1923/24]; Tr. Cer. Soc. XXIV, 1924/25, S. 279; Ker. R. 1924, S. 531. — Pazaussek, Chin. Porz., Ker. R. 1924, S. 87. — Rieke, Ber. d. D. K. G. 5, 177 [1924/25]. — Moser, Hartporz., Chem.-techn. R. 1925, S. 358. — Riddle, Chronotherm. Gesetz., Ker. R. 1925, S. 572. — Brennfarbe: Hope, Sitzungsber. d. D. K. G. 11, 494 [1909]. — Fleißner, Sps. 1910, S. 667. — Schäfer, Sps. 1910, S. 711. — vgl. Schmidt, Z. ang. Ch. 1925, S. 1150. — Rieke u. Betzel, Arch. f. phys. Ch. d. Gl. u. ker. Massen 1912, S. 45. — Rieke, in Doelter, Mineralchem. II, 2, 118 [1917]. — W. Funk, Ber. d. D. K. G. 2, 39 f. [1921]; 3, 77 f. [1922]. — cf. W. Ostwald, Phys. Farbenlehre, S. 80. — Transparenz: Priest, Tr. Am. Cer. Soc. 1915, S. 150 f. — Hertwig-Möhrenbach, Sps. 1918, S. 188; 1921, S. 11. — Nowak, Sps. 1918, S. 279. — Steger, Ber. d. D. K. G. 2, 97, 63 f. [1921]; 3, 50 f. [1922]. — Parmelee u. Lowrance, J. Am. Cer. Soc. 6, 630 [1923]; s. a. 42), 43), 85), 86), 178).
- ¹⁴⁾ Hecht, Ker. R. 1920, S. 522 (Melalith). — F. Singer, Die Keramik im Dienste von Industrie und Volkswirtschaft 1923, Verl. Vieweg & Sohn A.-G., S. 395/407. — Ker. R. 1924, S. 233. — Greiner, Isolith „Der Bosch-Zünder“ 1924, S. 190.
- ¹⁵⁾ Rieke, Ker. R. 1917, S. 259. — Tonz. 1918, S. 138. — Shaw, J. Am. Cer. Soc. 1919, S. 481. — Crawford, J. Am. Cer. Soc. 1922, S. 394. — Schall, Ker. R. 1923, S. 293. — McLeod, Tr. Faraday Soc. 19, 38 [1923]. — Hugill u. Rees, Tr. Cer. Soc. XXIV, 1924/25, S. 70; Engg. 118, 482 [1924]; Feuerfest 1925, S. 35.
- ¹⁶⁾ Zehnder, Ann. Phys. 10, 40 [1903]; 15, 328 [1904]. — Treadwell, Sps.-Arch. 1912, S. 41. — s. a. Bollenbach, Laboratoriumsbuch f. d. Tonindustrie, S. 57, Halle 1910. — Tr. Am. Cer. Soc. 1911, S. 103. — Ker. R. 1913, S. 144. — Walker, Tr. Cer. Soc. 1916, S. 444. — Rieke, Ker. R. 1917, S. 259; Fachbücher d. Ker. R. 1918, Bd. 10. — Bertrand u. Boulanger, La Cér. 1920, S. 77; Sps. 1920, S. 443; Sps.-Kal. 1923, S. 137. — Goodner, J. Am. Cer. Soc. 1921, S. 288. — Washburn, Proc. Nat. Acad. Sc. Washington 1921, S. 115; Koll.-Z. 1923, S. 53; J. Am. Cer. Soc. 1921, S. 916. — Washburn & Footitt, J. Am. Cer. Soc. 1921, S. 961. — Washburn & Bunting, J. Am. Cer. Soc. 1921, S. 983; 1922, S. 48; 1922, S. 112; 1922, S. 527. — Kallauner, Barta u. Simane, Sps. 1922, S. 42, 45, 57; s. a. 42), 167).
- ¹⁷⁾ Mitt. Mat.-Prüf.-Amt, Bln.-Lichterf.-W., 1912, S. 116, 302. — Peck, J. Am. Cer. Soc. 1919, S. 695. — Zweig, Sps. 1920, S. 169, 183. — Bertrand, La Cér. 1920, S. 50. — Chem. Met. Engg. 1920, S. 928. — Ker. R. 1921, S. 265. — Schurecht, J. Am. Cer. Soc. 1922, S. 3. — J. Am. Cer. Soc. Year Book 1922, S. 31. — Roth, Büch. d. D. K. G. 3, Berlin 1922. — Singer, Ber. d. D. K. G. 4, 164 [1923/24]. — Glastechn. Ber. 1923, I, S. 50. — Lorenz u. Herz, Z. anorg. Ch. 125, 205 [1923]. — Ker. R. 1924, S. 769. — Entwürfe neuer Betriebsbl. 1924, Heft 27. — Tonz. 1925, S. 1213. — Hauser, Ker. R. 1925, S. 813; s. a. 15), 16), 18–23), 35–37), 41), 42), 44), 84), 104–103), 106–107).
- ¹⁸⁾ Segers ges. Schriften. Berlin 1908, S. 432, 433. — Rolle in Singer, Die Keramik 1923, S. 233–34. — Searle, The Chemistry and Physics of Clays. London 1924, S. 379, 380. — s. a. Sps.-Kal. 1922, S. 85 ff. — Merkl. d. St. P. M. Berlin. — Knuth, Miehr, Stephan, Ker. R. 1925, S. 760; Tonz. 1925, S. 1234; Sps. 1925, S. 725. — Rieke, Ker. R. 1925, S. 761; Tonz. 1925, S. 1235; Sps. 1925, S. 759. — Knuth, Miehr, Stephan, Ker. R. 1925, S. 882; Tonz. 1925, S. 1441; Sps. 1925, S. 867. — Rieke, Ker. R. 1926, S. 5; Tonz. 1926, S. 18; Sps. 1926, S. 2. — Klug, Sps. 1926, S. 21, 43. — Lagerfeldt, Sps. 1926, S. 93.
- ¹⁹⁾ Singer, Über die Zähigkeit keramischer Massen. B. d. D. K. G. 1921. — Singer, Über die Zähigkeit keramischer Isolierstoffe der Elektrotechnik. Elektro-Journal, Aprilheft. — Singer, Vortrag a. d. Jahresversammlung d. D. Bunsenges. (14. V. 1926). Z. f. Elektrochemie 1926, S. 382. Ref.: Z. ang. Ch. 1926, S. 773, Glasindustrie 1926, S. 256.
- ²⁰⁾ Rosenthal-Singer, E. T. Z. 1920, Heft 36. — Singer-Rosenthal, Ber. d. D. K. G. 1920.
- ²¹⁾ Müller v. Ujlak, Tonz. 1913, S. 1510. — Harkort u. Scherbius, Sps. 1919, S. 34. — Rosenthal, Ber. d. technisch-wiss. Abtlg. d. Verb. ker. Gew. in Dtschl. 1919, S. 23; Diss. T. H. Berlin-Charlottenburg 1915. — Steger, Ker. R. 1919, S. 113. — Singer, Büch. d. D. K. G. 2 [1921]. — Demuth, E. T. Z. 1920, S. 891. — Peaslee, J. Am. Inst. El. Eng. 39 [1920]; Ber. d. D. K. G. 1, 45 [1920]; Boudouard, La Cér. 1921, S. 378; Ker. R. 1921, S. 496. — Dupny, Rev. de Mat. 1922, S. 672; Ker. R. 1923, S. 355. — Gary u. Rieke, Ber. d. D. K. G. 3, 5 [1922]. — Sortwell, J. Am. Cer. Soc. 1922, S. 276. — s. a. Lunge-Berl, Chem.-techn. Untersuch.-Meth., S. 926. Berlin 1922, Springer. — Foster, J. Am. Cer. Soc. 1923, S. 623. — Lees, Tr. Cer. Soc. XXII, 1922/23, S. 241. — Gary, Sps. 1923, S. 429. — Ker. R. 1923, S. 104. — Glastechn. Ber. 1923, I, Heft 1. — Sortwell, J. Am. Cer. Soc. 1923, S. 349. — Gary, Sps. 1923, S. 429. — Engg. 1924, Nr. 3550, S. 45. — Steinhoff u. Hartmann, Ber. d. Fachaussch. d. V. d. Eisenhüttenl. Werkstoffausschuß-Ber. Nr. 49, 1924. — Tonz. 1925, S. 846, 1066; s. a. 17), 19), 20), 166).
- ²²⁾ Wologdine, Sps. 1909, S. 611, 627; Sps.-Kal. 1923, S. 228. — Steger, Silikat-Z. 1914, S. 51, 203. — Sps.-Kal. 1923, S. 226. — Heyn, Bauer, Wetzel, Mitt. d. Mat.-Prüf.-A. 1914, S. 89; Sps. 1919, S. 499; Sps.-Kal. 1923, S. 224. — Williamson, Adams, Phys. Rev. 1919, S. 99; Phys. Ber. 1920, S. 115. — Jakob, Heyn, Mitt. d. Mat.-Prüf.-A. 1919, S. 335. — Hottinger, Arch. f. Wärmew. 1921, S. 173. — Späte, Glastechn. Ber. 1923, I, Heft 1. — Kallam, Mech. Engg. 1923, S. 479. — Tschaplowitz, Feuerungstechnik 1923, S. 106; Sps. 1923, S. 104. — Mouren, Dufraisse, Landrieu, C. r. 1923, S. 1513; Chem. Ztrbl. 1924, I, S. 364. — Sps. 1923, S. 104. — Steger, Sps. 1924, S. 310. — Génie Civil 1924, S. 43. — Green u. Edwards, Tr. Cer. Soc. XXIV, 1924/25, S. 228. — Cauley, J. Am. Cer. Soc. 1925, S. 493. — Ber. Wärmest. V. d. Eisenh. Mitt. Nr. 51. Außerdem ¹⁷⁾ u. ¹⁶⁶⁾.
- ²³⁾ Grüneisen u. Giebe, Verh. d. Dtsch. Phys. Ges. 1914, Nr. 20. — Ludwig in „Lunge-Berl, Chem. techn. Untersuch.-Meth.“, Berlin 1922, S. 720. — Weicker, Diss. Berlin 1910. — Kinnison, Tr. Am. Cer. Soc. XVII, 1915, S. 421; Sps. 1921, S. 421. — Earhart, Ohio J. of Sc. 1916, S. 81. — Treischel, J. Am. Cer. Soc. 1919, S. 96. — Silsbee u. Honaman, 1919, Report Nr. 53 of the Nat. Advis. Com. f. Aeronautics, S. 1; La Cér. 1920, S. 124. — Feder, J. Am. Inst. E. E. 1920, S. 803. — Ryan, Electr. World 1920, S. 254. — Wal-

lich, Techn. Rundschau 1921, 18./XI. — Demuth, Die Materialprüfung der Isolierstoffe der Elektrotechnik, Berlin 1921. — Hunt, Electr. World 1922, S. 966. — Schob, Festigkeitsuntersuchung, Mitt. Mat.-Pr.-A. 40, 156 [1922]. — Ritter, Allg. Glas- u. Keramind. 1922, 1. Heft. — Schwaiger, E. T. Z. 1922, S. 875. — Roth, Bücher d. D. K. G. 3, 39, Berlin 1922. — Meyer, E. T. Z. 1923, S. 10. — Bucksath, E. T. Z. 1923, S. 943. — Dahl, Motorisolator, Elektrotechnik u. Maschinenbau 1924, S. 361. — Wallich, Techn. R. 1925, Nr. 15. — s. a. d. Mittlg. d. Porz. Fabr., Hermsdorf-Schomburg, Ph. Rosenthal, der A. E. G. u. d. Siemenskonzerns. — Pfeiffer, Ker. R. 1925, S. 775; s. a. 42), 85), 86).

²⁴⁾ Montgomery u. Fulton, Tr. Am. Cer. Soc. 1915, S. 436; Sps. 1921, S. 535. — Schurecht, J. Am. Cer. Soc. 1920, S. 556. — Fischer, Tonz. 1920, S. 1170, 1247, 1270. — Howe u. Phelps, J. Am. Cer. Soc. 1921, S. 119. — Braundau, Tonz. 1921, S. 164. — Chem. Ztbl. 1923, IV, S. 198. — Howe, J. Am. Cer. Soc. 1923, S. 275. — Aulich, Gieß. 1923, S. 370. — Tonz. 1923, S. 130. — Iron Age 1923, S. 402. — Gerend, Power 1924, Heft 20; Feuerfest 1925, S. 35. — Theobald u. Green, Tr. Cer. Soc. XXIV, 1924/25, S. 159. — Booze u. Phelps, J. Am. Cer. Soc. 1925, S. 361; s. a. Sps. 1925, S. 59. — Booze, J. Am. Cer. Soc. 1925, S. 227, 686. — Tonz. 1925, S. 1323. — Dahl, Heft 3 d. Vortr. d. Ker. Fachgr. i. d. sch. Hauptverb. d. Ind. in Aussig; s. a. 10).

²⁵⁾ Watts, Tr. Am. Electrochem. Soc. 1907, S. 279. — Vaitz, Der Weltmarkt 1915/16, Nr. 34. — Sen, Mines and Geolo. Dpt. Mysore State, Records 1916, S. 158. — Sps. 1918, S. 69; 1907, S. 92; 1922, S. 200 auch Bauxitsteine. — Pott, Gaz. 1918, S. 318. — Dowell u. Howe, J. Am. Cer. Soc. 1920, S. 185. — Tonz. 1920, S. 519; 1921, S. 442. — Laird, Iron Age 1920, S. 574. — Backheuer, St. u. Eis. 1921, S. 954. — Schurecht, J. Am. Cer. Soc. 1921, S. 127; Tonz. 1921, S. 780. — Blast. Furn. 1922, S. 499. — Tonz. 1922, S. 469. — Schurecht, J. Am. Cer. Soc. 1923, S. 278. — Spotts-McDowell, J. Am. Cer. Soc. 1923, S. 280. — Engan, Berg u. Hütte, 5. Folge, 1, 155 [1924]. — Moser, Chem.-techn. Rundschau 1925, S. 358. — Heinrich, St. u. Eis. 1925, S. 1360. — Bronn, Ker. R. 1926, S. 112; ders., Chem. Z. 1925, S. 1024; Metall u. Erz 1926, S. 91. — Andrews, Bole, Withrow, Sps. 1926, S. 207. — Ralston, Pike, Duschak, Ker. R. 1926, S. 112; s. a. 10).

²⁶⁾ Grum-Grzimailo, St. u. Eis. 1911, S. 224. — Holmquist, Tonz. 1911, S. 1323. — Endell, Ber. über d. 32. Hauptvers. d. V. d. Fabriken fl. Produkte 1912, S. 68. — Spotts-McDowell, Tr. Am. Inst. Min. Eng. 1917, S. 1999. — Bied, La Cér. 1918, S. 132. — Tonz. 1919, S. 50, 75. — Ross, Ff. Baust. aus Kiesels.-anh. Bur. of Stand. Techn. Pap. 1919, S. 116. — Belladen, L'Industrie 1919, S. 168. — Bradshaw u. Emery, Tr. Cer. Soc. XIX, 1919/20, S. 73. — Tonz. 1920, S. 336 (Literaturzusammenstellung). — Brit. Clayw. 1919, S. 179. — Tonz. 1920, S. 324. — Gas J. 1919, S. 240. — Wernicke, St. u. Eis. 1920, S. 432. — Ungebrannte Quarzsteine, Tonz. 1920, S. 18, 33, 60, 180, 369. — Sps. 1920, S. 456. — St. u. Eis. 1921, S. 258. — Klein u. Ramsdell, J. Am. Cer. Soc. 1921, S. 805. — Rebuffat, Tr. Cer. Soc. XXI, 1921/22, S. 66; Tonz. 1921, S. 1127; Sps. 1922, S. 253; Ber. d. D. K. G. 3, 42 [1922]; Tr. Cer. Soc. XXIII, 1923/24, S. 14; Ber. d. D. K. G. 5, 98 [1924]. — Fenner, Z. ang. Ch. 1914, S. 133. — Brick and Pot. Tr. J. 1918, S. 167. — Fenner, J. Soc. Glass. Techn. 1919, S. 116. — Washburn, J. Am. Cer. Soc. 1919, S. 1007. — Houldsworth u. Cobb, Tr. Cer. Soc. XXI, 1921/22, S. 227. — s. a. Singer, Die Keramik im Dienste von Industrie u. Volkswirtschaft, S. 428. — Perrier u. de Mandrot, C. r. 1922, S. 622. — Ray, Proc. Royal Soc. (L) (101) 1922, S. 509. — Sosmann, J. Frankl. Inst. 1922, S. 194. — Robson, J. Am. Cer. Soc. 1922, S. 670. — Hugill u. Rees, Tr. Cer. Soc. XXIII, 1923/24, S. 304; XXIV, 1924/25, S. 305. — Sps. 1923, S. 1. — Parravano, Roselli del Turco, Gaz. Chim. Ital. 1923, S. 249; Feuerfest 1925, S. 20. — Ramos 1924, S. 311. — Bragg, Sps. 1925, S. 578. — Ross, J. Am. Cer. Soc. 1921, S. 65. — Bluebel, Gas J. 1922, S. 251. — Tonz. 1922, S. 458. — Endell, J. Am. Cer. Soc. 1922, S. 897. — Sandlund, Jernk. Ann. 1923, S. 45. — s. a. Aulich,

Gießerei 1923. — McGee, J. Am. Cer. Soc. 1923, S. 285. — Foundry Trade J. 1923, S. 330. — Iron Coal Trades Rev. 1923, S. 539. — Middleton, Tr. Cer. Soc. XXII, 1922/23, S. 169. — Hougén u. Müller, Chem. Met. Engg. 1923, S. 662. — Schilling, Chem.-Z. 1924, Nr. 130; Feuerfest 1925, S. 33. — Trostel, J. Am. Cer. Soc. 1924, S. 452; Feuerfest 1925, S. 63. — Rees, Tr. Cer. Soc. XXIV, 1924/25, S. 62. — Heubling, Tonz. 1924, S. 34. — Feuerfest 1925, S. 21. — Sandlund, Jernk. Ann. 1925, S. 358. — Junius, Silicasteine u. ihre Lebensdauer, Brennstoff-Chem. 1925, S. 139; Robinson, Chem. and Ind. 1926 nach Gieß.-Z. 1926, S. 190. s. a. 10), 33c), 103).

²⁷⁾ Spotts-McDowell, Robertson, J. Am. Cer. Soc. 1922, S. 865 (Vollst. Liter.); Ker. R. 1923, S. 71. — Griffith, Brick 1922, S. 180. — Spotts-McDowell, Robertson, J. Am. Cer. Soc. 1922, S. 865; J. Am. Cer. Soc. 1923, S. 277. — Bogitch, Chal. et Ind. 1923, S. 579. — Griffith, J. Am. Cer. Soc. 1924, S. 690; s. a. 10).

²⁸⁾ Heinicke, Tonz. 1908, Nr. 37. — Endell, Chem.-Z. 1915, S. 421. — Purdy, J. Am. Cer. Soc. 1919, S. 865; J. Ind. Ing. Chem. 1919, S. 1151. — s. a. Tonz. 1919, S. 1152. — Smith, J. of the West of Sc. Iron and Steel Inst. 1922, S. 87; Mech. Engg. 1923, S. 121; Iron Age III, 1923, Nr. 12. — Malinowsky, J. Am. Cer. Soc. 1920, S. 40. — Sachse, Tonz. 1920, S. 1096. — Greaves-Walker, J. Soc. Chem. Ind. 1922, S. 13; Rev. Met. 1923, Nr. 4 (Extr.). — Waeser, Chem.-Z. 1922, S. 113. — Anderson, Norw. geolog. Untersuch. Nr. 101 (Veröffentlich. des Staatl. Rohstoffaussch.). — Anderson, Chem. Ztbl. 1923, I, S. 225. — (Monolithmasse). Iron Tr. Rev. 1923, S. 462; Iron Coal Tr. Rev. 1923, Nr. 2896, S. 296; Iron Age 112, 404 [1923]. — Ker. R. 1924, S. 562. — Beck (Thermonit), Feuerungstechnik 1924, S. 97. — Ker. R. 1924, S. 434. — Buss, Ker. R. 1924, S. 742. — Peck, J. Am. Cer. Soc. 1925, Heft 7. — Moser, Chem.-techn. Rundschau 1925, S. 358. — Twells, J. Am. Cer. Soc. 1925, Heft 8. — (Struktolit), Tonz. 1925, S. 1011. — Searle, Feuerfest 1925, Heft 9. — Tonz. 1925, S. 1027. — Ztbl. d. Hütten- u. Walzwerke 1925, S. 469. — Feuerfest 1925, S. 32 (Herstellung von hochfeuerfesten Stoffen). — Bach, Ztbl. d. Hütten- u. Walzwerke 1926, Nr. 21/22; s. a. 10).

²⁹⁾ Ruff u. Lauschke, Sps. 1914, S. 403; Sps. 1916, S. 313, 322. — Z. anorg. Ch. 1914, S. 198 ff. — Podszus, Z. ang. Ch. 1917, S. 17. — Spengel, Tonz. 1917, S. 175. — Chem. Tr. J. 1918, S. 284. — Arnold, Chem.-Z. 1918, S. 413. — Washburn, Graf E. Libman, J. Am. Cer. Soc. 1920, S. 634. — Chem. Tr. J. 1921, S. 1745. — Sheppard, J. Am. Cer. Soc. 1923, S. 294. — The Ceramist 1924, S. 165. — Stephenson, Chem. Met. 1924, S. 131. — Ker. R. 1925, S. 418 (Ein neues Schuttmittel gegen Zerstörung der Ofenauskleidungen). — Liepus, Sps. 1926, S. 405. D. R. G. M. 939 930 (G. Kallen); s. a. 10).

³⁰⁾ La Cér. 1918, S. 173. — Tonz. 1921, S. 1135. — Gran-ger, The Bricks and Pot. Tr. J. 1922, S. 243. — Crawford, J. Am. Cer. Soc. 1923, S. 290. — Beecher, J. Am. Cer. Soc. 1923, S. 292. — s. a. Bauer, Keramik 1923, S. 91. — Chem.-Z. 1925, S. 191. — Hutchinson (Prüfung), Tr. Am. Inst. min. Eng. 1913, S. 1039; s. a. 10).

³¹⁾ Ruff u. Lauschke, Sps. 1916, Nr. 36 f., Z. anorg. Ch. 97, 73 [1916]. — Linbarger, Brick 1918, S. 705. — Hartmann, Tr. Am. Soc. Steel Treat 1, 601 [1920/21]. — Moore, Tr. Cer. Soc. XX, 1920/21, S. 92; Sps. 1921, S. 21. — Metallbörse 1921, S. 1422. — Peters, J. Am. Cer. Soc. 1922, S. 181; Sps. 1923, S. 163. — Waeser, Chem.-Z. 1922, S. 847. — Geiger, J. Am. Cer. Soc. 1923, S. 301. — Endell u. Steger, Metall u. Erz 1923, S. 321. — Seibert, Chem.-Z. 1924, S. 553. — Barreitt, Gas World 1924, S. 588. — Kleinschmidt, Tonz. 1925, S. 1277; Ztbl. d. Hütten- u. Walzwerke 1926, S. 79. — Ruff, Z. ang. Ch. 1926, S. 773.

³²⁾ Thomas, Chem.-Z. 1912, S. 25. — Jones, Die fl. Kiesels.-Anhydr.-Baustoffe von South-Wales mit besonderer Bezugnahme auf den Einfluß der Textur. Tr. Cer. Soc. XXI, 1921/22, S. 358. — v. Hirschberg in Ullmann, Enzyklopädie d. techn. Chemie 1921, S. 303 f.; ders. in Singer, Keramik 1923, S. 289 f. — Flusin, Verre 1922, S. 193. — Schuen, Tonz. 1922, S. 155; Ker. R. 1922, S. 457; Tonz. 1923, S. 237;

Ker. R. 1923, Nr. 2; Chem.-Z. 1923, S. 192. — Thomson, General Electr. Rev. XXVI, 1923, S. 68. — Chem. Age 1924, S. 116. — Chem. Trade J. 1924, S. 153. — Keramos 1924, S. 315. — Grün, Die Umwandlung von Flint in amorphen Quarz, St. u. Eis. 1924, S. 883. — Berry, Chem. Tr. J. 1924, S. 707. — v. Hirschberg, Z. ang. Ch. 1924, S. 99. — Hellberger, V. D. I.-Z. 1925, S. 884. — Feuerfest 1925, S. 94. — s. a. die zusammenfassende Darstellung von B. Alexander-Katz, Quarzglas und Quarzglas, Sammlung Vieweg, 46, 45 [1919]. — D. R. P. 157 464, 159 361, 164 619, 168 574, 169 958, 170 234, 172 466, 174 509, 175 885, 175 867, 190 226, 203 712, 204 537, 204 853, 204 854, 206 545, 209 421, 224 917, 226 809, 237 817, 241 260, 245 908, 246 179, 246 912, 248 985, 250 167, 250 265, 250 918, 256 659, 258 351, 276 255, 277 341, 279 128, 288 417, 310 134, 310 831, 315 589, 317 421, 319 895, 322 956, 338 250, 379 245, 380 948, 385 404, 395 450, 409 859, 409 963, 428 654; s. a. ⁴⁴⁾ u. ⁸⁸⁾.

³³⁾ Pott, Gaz. 1918, S. 464, 868. — Howe, Brick. 1918, S. 1063. — Bodin, Sps. 1919, S. 890. — Le Chatelier u. Bogitch, C. r. 1919, S. 495; La Cér. 1920, S. 132; Phys. Ber. 1920, S. 277. — Schurecht, J. Am. Cer. Soc. 1919, S. 594. — Tarrant, Engg. 1919, S. 875. — Hartmann u. Hougén, Tr. Am. Electr. Soc. 1920, S. 707, 349; Chem. Ztrbl. 1921, IV, S. 643; Tonz. 1920, S. 739; The Iron and Coal. Tr. Rev. 1920, S. 53. — Travers, J. Soc. Glass Techn. 1920, S. 138. — Howe u. Sheppard, J. Am. Cer. Soc. 1921, S. 206. — Geller, J. Am. Cer. Soc. 1921, S. 608. — Ritter (Druckfestigkeit), Wärme- u. Kältetechnik 1922, Nr. 16. — Mellor, Tr. Inst. of Gas Engin. 1917/18; Ker. R. 1922, S. 527. — Rees, Chem. Tr. J. and Chem. Eng. 1922, S. 262; Tonz. 1922, S. 593. — Hancock u. King, Tr. Cer. Soc. XXII, 1922/23, S. 317; The British Clayworker 1923, Nr. 376; Ker. R. 1923, S. 388. — Firth und Turent, The Brit. Clayw. 1922, S. 359; Tonz. 1922, S. 509. — Ker. R. 1922, S. 527. — Howe, Phelps, Ferguson, J. Am. Cer. Soc. 1922, S. 107. — Rieke, Gas- u. Wasserfach 1923, S. 33, 53, 66. — Howe, J. Am. Cer. Soc. 1923, S. 296. — Ker. R. 1923, S. 469. — La Cér. 1923, Nr. 424. — Ker. R. 1923, S. 430. — Geller, J. Am. Cer. Soc. 1923, S. 1098; Tonz. 1924, S. 234. — Bogitch, Chal. et Ind. 1923, S. 579. — Buckner, J. Am. Cer. Soc. 1924, S. 19; s. a. ¹⁰⁾, Hougén. — Techn. Bl. 1924, S. 65. — Geller, Ber. d. D. K. G. 5, 174 [1924]. — Henry, J. Am. Cer. Soc. 1924, S. 764. — Steinhoff u. Hartmann, St. u. Eis. 1925, S. 337; V. D. I.-Z. 1925, S. 1574. — Geller u. Pendergast, J. Am. Cer. Soc. 1925, S. 441; Ber. d. D. K. G. 6, 135 [1925]. — Geller, J. Am. Cer. Soc. 1925, S. 1098. — Norton, J. Am. Cer. Soc. 1925, S. 29; Feuerfest 1925, S. 82. — Grum-Grzimailo, Feuerfest 1925, S. 2, 19. — The Brit. Clayw. 1925, S. 293. — Weber, Feuerfest 1925, S. 27. — Sherman, Helser, Brooks u. Bole, Power 1925, S. 234. — Rieke, Vortr. v. d. Keram. Fachgr. im dtsh. Hauptverb. d. Ind. in Aussig, Heft 2. — Booze, Ztrbl. d. Hütten- u. Walzwerke 1926, S. 249. — Seich, Ztrbl. d. Hütten- u. Walzwerke 1926, S. 79. — Hartmann, St. u. Eis. 1926, S. 524; d. ers. Werkstoffausschuß d. V. d. Eisenhüttenl. Ber. Nr. 80, 1925. — An., Tonz. 1926, S. 706.

³⁴⁾ Dana, Bull. Am. Inst. Mining Met. Engg. 1919, S. 3153. Dana u. Foot, Chem. a. Met. Engg. 1920, S. 63; Glückauf 1920, S. 201. — Ingberg u. Griffin, Techn. Pap. Bur. St. 1921, S. 154. — Carpenter, Chem. Met. Engg. 1921, S. 569; Chem. Ztrbl. 1921, II, S. 297. — Ker. R. 1924, S. 434.

^{35a)} Prüfung und Eigenschaften von Schamotte. Steger, Ber. d. D. K. G. 3, 250 [1922]. — Green u. Theobald, Tr. Cer. Soc. XXIV, 1924/25, S. 124. — Theobald u. Green, Tr. Cer. Soc. XXIV, 1924/25, S. 105. — Booze, J. Am. Cer. Soc. 1925, S. 655. — Pechtold, Sps. 1925, S. 853. — Geller u. Pendergast, Ber. d. D. K. G. 6, 135 [1925]; J. Am. Cer. Soc. 1925, S. 441. — Sps. 1925, S. 422.

^{35b)} Prüfung u. Eigenschaften von Magnesia- u. ähnl. Erz. Kanoll, U. S. Bur. St. Techn. Pap. 10 [1912]. — Mellor, Tr. Cer. Soc. XVI, 1916/17, S. 85. — Pott-Gaz. 1918, S. 318. — Tonz. 1918, S. 486. — Green, Tr. Cer. Soc. XXII, 1922/23, S. 393. — Jakob, V. D. I.-Z. 1923, S. 126. — Mitchell, J. Chem. Soc. 1923, S. 1055, 1887. — Green, Chal. et Ind. 1924, S. 262; Feuerfest 1925, S. 8.

^{35c)} Prüfung u. Eigenschaften von Silica- u. Dinassteinen.

Endell, St. u. Eis. 1912, Heft 10. — Le Chatelier u. Bogitch, Revue d. Mét. 1918, S. 511; Tonz. 1918, S. 80. — Philippon, Rev. de Mét. 1918, S. 487. — Dauphins, Gas J. 1919, S. 700. — Steinhoff, Mittlg. Versuchsanstalt Dortmund-Union 1922, S. 61. — Endell, J. Am. Cer. Soc. 1922, S. 209. — McGee, J. Am. Cer. Soc. 1922, S. 888. — Hirsch, Tonz. 1922, S. 185. — Chem. Ztrbl. 1923, IV, S. 198. — McGee, J. Am. Cer. Soc. 1922, S. 888. — Zugfestigkeit: Ker. R. 1923, S. 58. — Hirsch, Tonz. 1923, S. 411, 421. — Harvey u. McGee, J. Am. Cer. Soc. 1924, S. 895. — Rees, Tr. Cer. Soc. 1924, S. 66. — Steinhoff, St. u. Eis. 1924, S. 1277. — Huggill u. Rees, Tr. Cer. Soc. XXV, 1925/26, S. 89. — Endell u. Harr, Werkstoffausschuß d. V. d. Eisenh. Ber. Nr. 79 (1926). — Travers u. Goloubinoff, Rev. Met. 1926, S. 24, 100; s. a. ¹⁰⁾, ²⁶⁾, ¹⁰³⁾.

^{35d)} Prüfung von Carborundumfabrikaten. Hartmann u. Westmont, Tr. Am. Electroch. Soc. 1924, S. 287, 485. — Hull, Phys. Rev. (2), 292 [1919]; Phys. Ber. 1920, S. 674. — Endell u. Steger, Metall u. Erz 1923, S. 321. — Hartmann u. Westmont, St. u. Eis. 1925, S. 952; J. Am. Cer. Soc. 1925, S. 259; vgl. Iron Tr. Rev. 1925, S. 822. — Green, Tr. Am. Electroch. Soc. 1922, S. 394; Gas J. 1924, S. 167; s. a. ³³⁾, ³⁴⁾, ^{35a)}, b. c. d. ³⁶⁾, ³⁷⁾, ⁹²⁾, ¹⁶³⁾.

³⁶⁾ Poensken, Forschungsarb., Hrsg. V. D. I. 3, 25 [1912]. — Wilson, Holdcroft, Mellor, Tr. Cer. Soc. XII, 1912/13, S. 279; Sps. 1914, S. 306. — Heyn, Bauer u. Wetzel, Mittlg. d. Mat.-Prüf.-Amts Berlin-Lichterfelde 1914, S. 538. — van Rinsum, Forschungsarbeiten auf dem Gebiete d. Ingenieurwesens, H. 228 (1920); V. D. I.-Z. 1918, S. 601; Phys. Ber. 1920, S. 1440. — Sprechsaal 1919, S. 499. — Emerich, J. f. Gasbel. u. Wasservers. 1919, Nr. 21. — Bradshaw u. Emery, Tr. Cer. Soc. XIX, 1919/20, S. 84; St. u. Eis. 1920, S. 1020; Sps. 1921, S. 519. — Heyn, Mitt. d. Mat.-Pr.-A. Bln.-Lichterfelde-West 1919, S. 266. — Heyn-Jakob, Mitt. d. Mat.-Pr.-A. Bln.-Lichterfelde-West 1919, S. 335, 712; Tonz. 1920, S. 614. — White, Sill. J. (4), 44 [1919]; Phys. Ber. 1920, S. 861; J. Chem. Soc. 116 (2), 133 [1919]. — Jakob u. Heyn, V. D. I.-Z. 1919, S. 1042; Phys. Ber. 1920, S. 61. — Schulz, Brennst. u. Wärmew. 1920, Nr. 7. — Hottinger, Arch. f. Wärmew. 1921, S. 173. — Green, Tr. Cer. Soc. XXI, 1921/22, S. 394. — Howe u. Ferguson, J. Am. Cer. Soc. 1921, S. 32. — Tadokow, Rep. Research-Labor. Imp. Iron Works 1922, Nr. 2. — Ritter, Feuerung 1922, S. 26. — Terres u. Schaller, Gas- u. Wasserfach 1922, S. 761, 780, 800, 818, 832. — Watts u. King, J. Am. Cer. Soc. 1923, S. 1075; Ker. R. 1923, S. 464. — Green, Gas World 1922, S. 554; Chem. Ztrbl. 1923, II, S. 846. — Jakob, V. D. I.-Z. 1923, S. 126. — Green, Tr. Cer. Soc. XXIII, 1923/24, S. 271. — Lent, Wärme 1924, S. 24, 33, 45. — Glastechn. Ber. 1924, II, S. 123. — Beecher, J. Am. Cer. Soc. 1924, S. 19. — Hersey u. Butzler, The Ceramist 1924, S. 36; Feuerfest 1925, S. 63. — J. Am. Cer. Soc. 1924, S. 19. — Gilard, Rev. un. des Mines 1924, 1. X.; Génie Civil 1923, S. 123. — Sprechsaal 1924, S. 539. — Feuerfest 1925, Heft 9. — Arch. f. Wärmewirtsch. 1925, S. 302. — Feuerfest 1925, S. 70. — Steger, Tonz. 1925, S. 1000; St. u. Eis. 1925, S. 249. — Rice u. Sherman, Ber. d. D. K. G. 1925, S. 207. — Phelps, J. Am. Cer. Soc. 1925, S. 648. — Kanz, Werkstoffausschuß d. V. d. Eisenh. Ber. Nr. 78 (1925). — Bragg, Keramos 1926, Heft 3. — An., Ker. R. 1926, S. 208.

³⁷⁾ Hodsmann u. Cobb, J. Soc. Glass Techn. 1919, S. 201; Gas J. 1920, Nr. 2985, S. 184; J. f. Gasbel. 1920, S. 728; Glastechn. Ber. 1923, I, S. 80. — Houldsworth u. Cobb, J. Soc. of Glas Techn. 1921, S. 16. — Loomis, U. S. Bur. St. Techn. Pap. 1920, S. 159. — Braesco, Ann. Ph. 14, 5 [1920]; s. a. Houldsworth & Cobb. — Bogitch, C. r. 1921, S. 1358; Chem. Ztrbl. 1922, II, 1049. — Bodin, La Cér. 26, 113 [1923]; Chem. Ztrbl. 1923, IV, S. 406. — Houldsworth u. Cobb, J. Am. Cer. Soc. 1923, S. 645; Tonz. 1923, S. 563, 577; Ker. R. 1923, S. 423, 433. — Hirsch, Vortrag v. d. D. K. G. in Coburg 1925; Ber. d. D. K. G. 7 [1926/27].

³⁸⁾ Ber. Dtsch. Chem. Ges. 1893, S. 1159. — Jahresber. d. chem. Techn. 1893, S. 412, 1189; s. a. ¹¹⁾.

³⁹⁾ Hansa-Filterwerke 1924; s. a. ¹¹⁾.

⁴⁰⁾ Tonwarenindustrie 1892, 1, XIV. — Rabe, Z. ang. Ch.

1900, H. 10. — Lindner, V. D. I.-Z. 1905, S. 1301. — Hoffmann, Tonz. 1906, S. 2004. — Barth (Stoßdichtung v. Steinzeugröhren) „Gesundheit“ 1911, Nr. 5. — Pistorius, Tonz. 1912, S. 1506. — Jacob, Tonz. 1912, S. 1459. — Kajet, Städte-Ztg. 1912, S. 327, 337. — Tonz. 1920, S. 666, 870. — Wulf, Sps. 1920, Heft 42. — Müller, Z. ang. Ch. 1921, S. 291. Pohl, Tonz. 1921, S. 45, 1053, 1073. — Lauser, Ker. R. 1921, S. 82; Tonz. 1921, S. 87. — Singer, Vortr. geh. auf d. Hauptversammlung d. V. D. I. in Stuttgart 22. V. 1921. Sonderdruck d. V. D. I.-Z.; Techn. Rundschau 1922, Nr. 25. — Tonind.-Ztg. 1922, S. 1194. — Funk, Ber. d. D. K. G. 3, 111 [1922]. — Singer, Chem.-Z. 1923, Nr. 64. — Binz, Z. ang. Ch. 1923, S. 285. — Spitzer, Z. ang. Ch. 1923, S. 287. — Rolle, Allg. Glas- u. Keramind. 1923, Heft 5. — Müller, Z. ang. Ch. 1923, S. 445. — Manning, Chem. Met. Engg. 1923, S. 504; Chem. Ztrbl. 1924, I, S. 224. — Schurecht, J. Am. Cer. Soc. 1923, S. 831; Chem. Ztrbl. 1924, IV, S. 644. — Grasbon, Baumarkt 1923, S. 337. — Singer, Elektro-Journal, Januar 1924. — Singer, V. D. I.-Z. 1925, Nr. 23. — Brick and Clay Record 1925, Nr. 7. — Petry, Tonz. 1925, S. 957. — Tonz. 1925, S. 1158. — Achema-Jahrbuch 1925. Ber. über die Nürnberger Ausstellung für chem. Apparateswesen, Tonz. 1925, S. 1176. — Singer, Achema-Jahrbuch 1925, S. 44. — Wüstenfeld, Die deutsche Essig-Industrie 1926, Heft 17, 18. — An. (Isolatoren aus Stzg.), Ker. R. 1920, S. 317. — Meyer (Salzsäuretourill), Chem.-Z. 1926, S. 8. D. R. P. 353 553, 378 559, 425 234 (Beisetzungsrohren); s. a. ¹²⁾, ⁴¹⁾, ⁸⁴⁾, ¹⁷⁵⁾, ¹⁷⁷⁾.

⁴¹⁾ Feinker, Tonz. 1916, S. 336. — Nesemann, Tonz. 1916, S. 380. — Nielsen u. Garrow, Chem. Tr. J. 1918, S. 157, 179, 225, 399. — Ker. R. 1920, S. 29, 48. — Schurecht, J. Am. Cer. Soc. 4, 366 [1921]. — Singer, Z. ang. Ch. 1921, S. 270. — Singer, Z. ang. Ch. 1923, S. 285; V. D. I.-Z. 1923, Nr. 24. — Schuen, Ker. R. 1921, S. 142. — Parmelee, J. Am. Cer. Soc. 5, 538 [1922]. — Marckwald, Sps. 1925, Nr. 39. — Singer (Fortschrittsbericht), Chem. App. 1925, Heft 6; Ker. R. 1925. — Druckfestigkeit: Lindner, V. D. I.-Z. 1905, S. 1301. — Rosenthal, Ber. d. techn.-wissensch. Abtlg. d. V. K. G. in Dtschl. 5, 27 [1919]. — Abnutzbarkeit: Buß, Sps. 1925, S. 625; s. a. ¹²⁾, ⁴⁰⁾, ⁸⁴⁾, ¹⁶⁸⁾, ¹⁷⁷⁾.

⁴²⁾ Rieke, Z. ang. Ch. 1915, S. 374. — Binns, Met. Chem. Engg. 1917, S. 395; Z. ang. Ch. 1918, S. 110. — Chem. Tr. J. 1918, S. 303. — Wright u. Sewell, J. Am. Cer. Soc. 2, 282 [1919]. — Singer, Dingl. Polytechn. J. 1920, S. 335. — Rosenthal u. Singer, Ber. d. D. K. G. 1, 47 [1920]; Ker. R. 1921, S. 81, 93 f., 368 f.; Elektrot. Z. 1920, S. 705; Phys. Ber. 1920, S. 1375. — Engl. Prüfungsvorschriften, Pott. Gaz. 1920, S. 1203; Tonz. 1920, S. 1088; Ker. R. 1920, S. 470; Tonz. 1922, S. 831. — Schob (Festigkeitsprüf. Mitt. Mat.-Pr.-A.), 40, 156 [1922]. — Boudouard, Cér. XXIV. 1921, S. 79; Ker. R. 1921, S. 496. — Singer in Kraus, Werkstoffe. Barth, Leipzig 1921, S. 721–740 (Literatur). — Gary u. Rieke, Ber. d. D. K. G. 3, 5 [1922]. — Gerold, Ker. R. 1924, S. 225. — Hirsch, Ber. d. D. K. G. 6, 123 [1925/26]. — Gerold, V. D. I.-Z. 1925, S. 1122. — A. S. T. M.-Norm. D. 116–24 Taus „Zwanglose Mittlg. d. dtsh. Verb. f. d. Mat.-Prüf. d. Techn.“ 1925, Nr. 5. — Pfeiffer, Ker. R. 1925, S. 775. — Porosität: Schrader, Electr. J. 1922, S. 118. — Pfeiffer, Ker. R. 1925, S. 551. — Druckfestigkeit: Ker. R. 1923, S. 335. — Zugfestigkeit: Ker. R. 1922, S. 493. — Riddle u. Laird, J. Am. Cer. Soc. 5, 385 [1922]; Tonz. 1922, S. 1178. — Rosenthal, Techn. wissenschaftl. Abtlg. d. V. K. G. in Dtschl. 5, 27 [1919]. — Schlagbiegefestigkeit: Schramm, J. Am. Cer. Soc. 1922, S. 136; Tonz. 1922, S. 489. — Ausdehnungskoeffizient: Purdy, Tr. Am. Cer. Soc. 1913, S. 499; Sps.-Kal. 1923, S. 142. — Elastizitätsmodul: Steger, Ker. R. 1919, S. 113. — Elektrische Eigenschaften: Radcliffe, Tr. Am. Cer. Soc. 1912, S. 575; Sps. 1913, S. 366. — Rosenthal, Diss. Berlin-Oldenburg 1915, G. Stelling; Ber. d. techn. wissenschaftl. Abtlg. d. V. K. G. 1919, S. 23; Sps. 1915, S. 446. — Silsbee u. Honaman, Phys. Rev. 1919, S. 197; Phys. Ber. 1920, S. 336. — Kinnison, Tr. Am. Cer. Soc. 1915, S. 421 ff. — Sps. 1921, S. 574. — Burmester (Dielektrizitätskonst.), Arch. f. Elektrotechnik 1924, S. 146; s. a. ¹³⁾, ¹⁵⁾, ¹⁷⁾, ^{19–23)}, ⁴³⁾, ⁸⁶⁾.

⁴³⁾ Heinicke, Tonz. 1908, Nr. 37. — Watts, J. Am. Cer. Soc. 2, 488 [1919]. — Geller u. Woods, J. Am. Cer.

Soc. 4, 842 [1921]; Chem. Ztrbl. 1922, II, S. 625; Keramos 1924, S. 241. — Boudouard, Chimie et Ind. 6, 5 [1921]; Ber. d. D. K. G. 3, 41 [1922]. — Libman, J. Am. Cer. Soc. 5, 488 [1922]; Sps. 1923, S. 449. — Twells u. Linn, J. Am. Cer. Soc. 4, 195 [1921]; Keramos 1924, S. 239. — s. a. Watts, Tr. Am. Cer. Soc. 1905, S. 204; Ker. R. 1906, S. 559, 584, 609. — Berdel, Fluoritporzellan, Z. f. d. keram. Glas- und verw. Ind. 1910, Nr. 6; Sps. 1910, S. 75. — Mellor (Knochenporzellan), Ker. R. 1920, S. 281, 305. — Talk-, Magnesia-, Beryll-Porzellan: Hertwig-Möhrenbach, Tonz. 1909, S. 187; Sps. 1919, S. 395. — Berge, Sps. 1920, S. 1; Sps.-Kal. 1923, S. 115. — Twells, J. Am. Cer. Soc. 5, 228, 675 [1922]; Tonz. 1923, S. 131; Sps. 1923, S. 113. — Watts, Tr. Am. Cer. Soc. 1917, S. 453. — Chem. Age 11, 193 [1924]. — Watkin, Tr. Cer. Soc. XXIII, 1923/24, S. 185; Ber. d. D. K. G. 5, 276 [1924/25]; Ker. R. 1925, S. 365. — Porzellau für künstliche Zähne: Watts, Tr. Am. Cer. Soc. 1915, S. 90; Sps. 1920, S. 383. — Eisenlohr, Ber. d. D. K. G. 1922, S. 347. — Zündkerzenporzellan: Automobile Industries 1920, S. 66. — Bleininger u. Riddle, J. A. Cer. Soc. 2, 564 [1919]; Ber. d. D. K. G. 2, 21 [1921]. — Urban, Ker. R. 1923, S. 335; s. a. ¹³⁾.

(Fortsetzung folgt.)

Zur Kenntnis der Konstitution der sogenannten „Pervanadinsäure“.

Von JULIUS MEYER und ANTON PAWLETTA.

Anorgan. Abteilung des Chem. Institutes der Universität Breslau. Vorgetragen auf der Hauptversammlung des Vereins deutscher Chemiker in Kiel in der Fachgruppe für anorganische Chemie.

(Eingeg. 15. Juni 1926.)

Nachdem Barreswil 1847¹⁾ gefunden hatte, daß Lösungen von Vanadinsäure und von Vanadaten durch Wasserstoffperoxyd rot gefärbt werden, zeigte Werther 1861²⁾, daß diese Reaktion sich gut zum Nachweis von Spuren von Vanadin verwenden läßt. Denn eine wässrige Lösung von 1 Teil Vanadinpentoxyd in 84 000 Teilen Wasser wird in Gegenwart von Schwefelsäure durch Wasserstoffperoxyd noch deutlich rosa gefärbt. Da Scheuer³⁾ und andere aus den braunroten Lösungen durch Zusatz von Alkalien Salze erhielten, denen die Formel MeVO_4 zukommt, so nahm man bisher an, daß die braunrote Farbe der schwefelsauren Lösungen auf das Vorhandensein einer Pervanadinsäure HVO_4 zurückzuführen sei, die jedoch niemals isoliert werden konnte.

Gegen die Annahme einer Pervanadinsäure HVO_4 lassen sich jedoch Einwände erheben. So sind die Pervanadate MeVO_4 und ihre Lösungen kanariengelb gefärbt, während die Lösung der sogenannten Pervanadinsäure rotbraun ist. Nach unsern heutigen Anschauungen ist aber mit einem derartigen Farbenwechsel auch ein Wechsel der Konstitution verbunden. Läge ferner der Rotfärbung die Pervanadinsäure HVO_4 zugrunde, so müßte das Maximum der Rotfärbung bereits auf Zusatz von einem Äquivalent Säure zu den Pervanadaten eintreten. Indessen zeigten uns colorimetrische Versuche, daß das Maximum der Rotfärbung bei einer gelben Pervanadatlösung erst auf Zusatz von etwa 18 Äquivalenten Schwefelsäure erreicht wird. Noch weniger läßt sich durch Annahme des Auftretens einer Pervanadinsäure HVO_4 folgende merkwürdige Beobachtung erklären. Versetzt man eine wässrige Lösung von Isopolyvanadinsäure, die aus Vanadinpentoxyd durch Einwirkung und darauf folgende katalytische Zersetzung von Hydroperoxyd gewonnen ist, und die eine charakteristische, satt-

¹⁾ Barreswil, Ann. chim.-phys. (3) 20, 364 [1847].

²⁾ Werther, J. pr. Ch. 83, 195 [1861].

³⁾ Scheuer, Z. anorg. Ch. 16, 284 [1898].