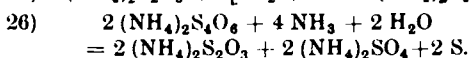
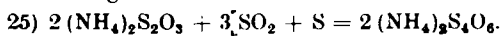
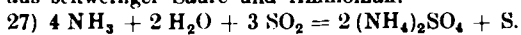


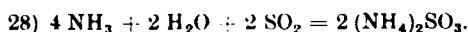
Bei näherer Betrachtung der Reaktionen 15 bis 24 wird man finden, daß mittels dieser die Überführung des mit Ammoniak ausgewaschenen Schwefelwasserstoffs in schwefelsaures Ammonium durchgeführt wird ohne Benutzung eines anderen Oxydationsmittels, als des zur Verbrennung des Schwefels zu schweflige Säure dienenden Luft-sauerstoffs. Tatsächlich ist die Überführung des Ammoniaks und der zu dessen Bindung benutzten schwefligen Säure in Ammoniumsulfat überhaupt kein Oxydationsvorgang im strengen Wortsinn. Die Sulfatbildung ist ein durch die schweflige Säure vermittelter und bewirkter Umlagerungsvorgang. Läßt man die Rolle des Schwefelwasserstoffs ganz bei Seite, um die Wirkung der schwefligen Säure auf das Ammoniak zu betrachten, so haben wir es mit folgenden Reaktionen zu tun:



Zieht man diese Reaktionen zusammen, unter Auslassung des zurückgebildeten Thiosulfats, so ergibt sich folgende Endreaktion für die Sulfatbildung aus schwefliger Säure und Ammoniak:



Vergleicht man diese Reaktion mit der bekannten Reaktion der Sulfidbildung aus schwefliger Säure und Ammoniak



so liegt der ganze Unterschied in einer kleinen, aber schwerwiegenden Änderung des Molekularverhältnisses der beiden Komponenten. Während bei der Sulfidbildung 2 Mol. schweflige Säure auf 4 Mol. Ammoniak reagieren, muß man, um das Ammoniak vollständig zu binden und in Sulfat überführen zu können, 3 Mol. schweflige Säure auf 4 Mol. Ammoniak reagieren lassen. Das dritte Atom des zur Sulfatbildung nötigen Sauerstoffs liefert, unter Abscheidung von Schwefel, das dritte Molekül schweflige Säure.

Durch diese Änderung im Molekularverhältnis der Komponenten wird es möglich, die Bildung von Ammoniumsulfat zu umgehen und Ammoniak und schweflige Säure über Thiosulfat und Polythionat, d. h. über Schwefel abgebende Substanzen, direkt in Sulfat überzuführen, unter vollständiger Vermeidung aller Nachteile, welche bei Anwendung des einfachen Molekularverhältnisses auftreten.

Für die Gewinnung von Ammoniumsulfat aus Kohlendgasen ersetzt bei diesem Verfahren der Ofen, der die schweflige Säure liefert, vollständig die Schwefelsäurefabrik.

Daß das gleiche einfache Verfahren auch die so oft, aber bisher vergebens versuchte Lösung des Problems der nassen Schwefelwasserstoffauswaschung ergeben hat, gibt demselben eine erhöhte Bedeutung.

Weitere Veröffentlichungen über das Verhalten der in Betracht kommenden chemischen Verbindungen und deren Reaktionen, sowie über die Einzelheiten und Ergebnisse des praktischen Betriebes, behält sich Vf. vor.

[A. 5.]

Die Theorien der Erhärtung der hydraulischen Bindemittel, geprüft an den neuesten Beobachtungen.

Vortrag, gehalten im Bezirksverein an der Saar am 8./11. 1911.

VON FERD. M. MEYER.

Meine Herren! Ehe ich in eine Besprechung der Theorien über das Erhärten der hydraulischen Bindemittel gegenüber den neuesten Beobachtungen eintreten kann, muß ich in aller Kürze die Entwicklung derselben und den augenblicklichen Stand Ihnen mitteilen; dann möchte ich Sie mit den Ergebnissen meiner Untersuchungen bekannt machen, um nun in eine Kritik eintreten zu können.

Die Geschichte der Theorie der Erhärtung von hydraulischen Mörteln ist einfach.

Der Tatbestand, daß Kalk durch Mischen mit Sand befähigt werden kann, als Bindemittel zwischen Steinen zu erhärten, ist bekanntlich sehr alt; in Troja finden wir bereits Fußböden aus Kalkmörtel. Auch die Eigenschaft gewisser Kalke, allein oder nach Zusatz von vulkanischer Asche in Wasser zu erhärten, ist bereits den Römern bekannt gewesen.

Der erste, der eine Erklärung über die Gründe des hydraulischen Erhärten gegeben hat, war meines Wissens Bergmann. Er nimmt an, daß der Gehalt an Magnesia im Kalk jene Eigenschaft bedinge. Dieselbe Ansicht hat später auch Guyton de Morveau vertreten. Der Engländer Smee ist wohl der erste gewesen, der in einem Gehalte des zu brennenden Rohmaterials an Ton die richtige Ursache der Hydraulizität erkannt hat; er hat seine Beobachtungen 1756 veröffentlicht. Praktisch verwendet hat er dieselben beim Bau des Leuchtturmes von Edystone. 1786 stellte Saussure fest, daß der Kalk von Chamonix hydraulisch erhärte, aber keine Magnesia enthalte, daß die Erhärtung ausschließlich bedingt sei durch den Gehalt an Ton. Ganz scharf erkannte den richtigen Zusammenhang dann Colets-Descotils, der 1813 schrieb, daß der Gehalt des Kalksteins an einer größeren Menge, in dem Gewebe der Steine (dans le tissu de la pierre) feinst verteilter, kiesel-säurehaltiger Substanz die hydraulische Erhärtung bedinge. Dann sind es besonders die Franzosen gewesen, die, unterstützt von der Regierung, in umfassendstem Maße die neue Fabrikation ausbildeten. Ich erinnere nur an die Arbeiten von Berthier, besonders aber an den erfolgreichsten Pionier, an Vicat. Letzterer hat unzählige Untersuchungen in ganz Frankreich gemacht und nachgewiesen, daß ein zur Herstellung von hydraulischem Kalk geeignetes Rohmaterial sich an sehr vielen Orten Frankreichs findet. Er teilte die Produkte ein, je nach dem Gehalte an Ton in Weißkalke, magere Kalke, schwach hydraulische Kalke, hydraulische Kalke. Von den ersteren hat er bereits 1828 veröffentlicht, daß aus ihnen kein Mörtel herzustellen sei, der dem Regen widerstehen könnte. Erst in allerneuester Zeit fangen unsere Bauordnungen an, von dieser Erkenntnis Nutzen zu ziehen im Interesse der Sicherheit der Bauten. Zweifelloos verdankt Frankreich die hohe Blüte seiner Kalkindustrie,

die weit über der deutschen steht, diesen durch den Staat weitsichtig geförderten Untersuchungen.

In Deutschland ist es dann von Fuchs gewesen, der in eingehender Weise sich mit dem Gegenstande beschäftigt hat; später kam noch als fleißiger und erfolgreicher Forscher Feichtinger hinzu für Süddeutschland. Im allgemeinen ist das Verhalten der Kalke in Deutschland wenig bearbeitet; hier stand die Portlandzementindustrie im Vordergrund des Interesses. Daher ist es denn wohl andererseits gekommen, daß wir auf dem Gebiete eine viel glänzendere Entwicklung erlebt haben und noch erleben, als die Franzosen. Dort entwickelt sich die Kalkbrennerei viel schneller, als die Zementherstellung; bei uns ist der Verlauf gerade umgekehrt. Ob volkswirtschaftlich unser Vorgehen richtig ist, besonders für die weitere Zukunft, muß ich bezweifeln. Der teure Portlandzement dürfte, wenn wir geeigneten Kalk zur Verfügung hätten, sehr oft durch diesen ersetzt werden können. Dadurch würden die Energien, die jetzt in Form von Kohlen, Arbeitslohn, Kapital im Zement in großen Mengen gebunden werden, für die Volkswirtschaft frei bleiben, ohne daß das Bauen dadurch verschlechtert wird.

An dieser Stelle muß ich darauf hinweisen, daß Knapp das Abbinden und Erhärten der Mörtel als einen rein physikalischen Vorgang bereits vor 50 Jahren aufgefaßt und erklärt hat. Erst in jüngerer Zeit hat unser größter Forscher auf diesem Gebiete, der leider vor kurzem verstorbene Prof. Michaelis sich der Erforschung der hydraulischen Kalke wieder zugewandt. Er gibt eine sehr hübsche Darstellung, die Sie eingehend in einer Monographie von Michaelis und in dem Werke von Dr. Kiepenheuer: „Wasserkalk“, dargelegt finden. Der Theorie der Ver kittung schließe ich mich völlig an. Unbegreiflich erscheint mir die Ansicht Michaelis, daß Kieselsäure und Tonerde in Lösung gehen müssen. Er beruft sich auf die Ausführungen von von Weimarn, nach denen eine feste Phase in Form von Suspension, Gallerte oder Hydrogel entsteht, wenn ein schwer lösliches Produkt aus stark übersättigter Lösung sich abscheidet. Hiernach muß ich doch unbedingt voraussetzen, daß eine Lösung vorhanden sein muß, sonst kann sich doch keine feste Phase aus ihr abscheiden. Hier trennen sich meine Wege von dem verdienten Forscher. Dagegen bin ich völlig einer Meinung mit ihm, wenn er darauf verzichtet, im hydraulischen Kalk eine oder mehrere, fest bestimmte, chemische Verbindung als wirksames Prinzip anzunehmen.

Nun zu meinen Arbeiten: Dieselben knüpfen sich an die Untersuchungen des Kalkbrennofens D. R. P. 207 881. Entstanden in erster Reihe ist das Patent aus der Beobachtung, die ich als technischer Berater verschiedener Werke in Norddeutschland machen konnte bezüglich des Kalkpreises in jenen Gegenden. Trotzdem z. B. Hamburg auf allen Seiten in nächster Nähe umgeben ist von Kreidelagern, kostet der gebrannte Kalk dort über 15 M die Tonne. Ein derartiger Preis mußte den Wunsch rege machen, das vorhandene Rohmaterial zur Lieferung auszunutzen. Leider bot dasselbe durch seine physikalische Beschaffenheit große Schwierigkeiten. Man muß die harten Stücke ausheben, wo solche überhaupt vorhanden sind, und

kann damit einen wenig erfreulichen Betrieb notwendig einrichten. Versuche, die Kreide zu Briquettes zu formen und diese im Schachtofen zu brennen, sind völlig gescheitert, weil das Material nach dem Brennen zerfiel und damit den Zug verstopfte. Vielleicht wäre der Versuch in einem niedrigen Ringofen besser geglückt; hierzu fehlte mir die Gelegenheit der praktischen Erprobung.

Es lag ja nun der Gedanke nahe, den Drehrohrofen, der inzwischen seinen Siegeszug in der Portlandzementindustrie angetreten hatte, auch zum Kalkbrennen zu benutzen.

So ganz einfach liegt die Sache indessen nicht.

Der Prozeß des Austreibens der Kohlensäure verläuft über 700°. Um ihn erfolgreich durchzuführen, muß deshalb die Verbrennungstemperatur möglichst hoch gehalten werden, damit das Nutzgefälle entsprechend groß ausfällt: der Verbrennungsprozeß muß mit möglichst der theoretischen Luftmenge durchgeführt werden.

Dadurch aber kommt der Kalk in Temperaturen, die ein reiner Weißkalk zweifellos ertragen kann, die aber jeden Kalk zu praktischen Bauzwecken unbrauchbar machen, der nur etwas größere Mengen Ton enthält; der Ablöschprozeß ist nun nicht mehr in der bei uns geübten Weise durchführbar.

Dann aber darf der Drehrohrofen gewöhnlicher Konstruktion nicht isoliert werden, da sonst kein Futter in ihm halten kann. Wir müssen ja den Hochofen direkt bewässern von außen, nur, um die Haltbarkeit der Ausmauerung sicherzustellen. Deshalb sind die großen Verluste unvermeidlich, die durch Strahlung entstehen; wir dürfen dieselben unbedingt, trotz der gegenteiligen Berechnung von Johum auf 25—30% ansetzen, entsprechend den gut durchgeführten Berechnungen von Timm. Einen derartigen Kohlenverbrauch kann aber die Kalkindustrie nur in Ausnahmefällen tragen.

Damit erschien eine Lösung, den Drehofen zum Kalkbrennen in wirtschaftlich befriedigender Weise zu benutzen, unmöglich, da die eben geschilderten Forderungen — theoretische Luftmenge und niedrige Temperatur — nicht vereinbar erscheinen.

Und doch ist eine Lösung möglich.

Von früheren Arbeiten her wußte ich, daß die Kohlensäure aus dem Kalksteine bei entsprechend hoher Temperatur sehr rasch ausgetrieben wurde. Dieser Prozeß ist nun aber stark wärmebindend: ein Gramm Kohlensäure aus Calciumcarbonat auszutreiben, erfordert 1000 Wärmeeinheiten. Da kam mir der Gedanke, ob ich denn nicht diese Reaktion benutzen könne zur Regelung der Temperatur. Nach einem bekannten Gesetz kann die Temperatur nicht über die Zersetzungstemperatur in einem Körper steigen, solange unzersetzte Substanz vorhanden ist.

Bringe ich Calciumcarbonat in hoch erhitzte Luft, so wird Kohlensäure ausgetrieben; die Temperatur der Luft sinkt. Im Kalkstein kann aber, solange irgend erhebliche Mengen von Carbonat noch vorhanden sind, die Temperatur nicht über 700° steigen, ganz unabhängig von der Außentemperatur. Deren Höhe beeinflusst nur die Schnelligkeit der Reaktion. So gibt mir, bei konstanter Wärmezufuhr die Menge des einzuführenden Materials

das Mittel, jede gewünschte Temperatur über 700° innezuhalten, trotz höchster Außentemperatur.

Es ist leicht verständlich, daß ich einen solchen Ofen auch isolieren kann und dadurch den Wärmeverlust vermeiden, der durch Strahlung entsteht. Die oben geforderten Bedingungen: theoretische Luftmenge der Verbrennung, Innehaltung jeder gewünschten Temperatur, Vermeidung der Verluste durch strahlende Wärme, sind dann erfüllt.

Die technische Lösung ergab sich nun sehr einfach: ich brauchte den Ofen ja nur mit Parallelstrom zu führen, statt, wie bisher, ihn mit Gegenstrom zu betreiben, damit war die Aufgabe gelöst.

So bin ich zum D. R. P. 207 881, wenn auch erst nach schweren Kämpfen mit dem Patentamte, gekommen.

Wenn nun die theoretischen Grundlagen auch durchaus gut waren, so konnte doch nur ein Versuch entscheiden, ob auch in solchen Fällen, in denen das zu brennende Material einen sehr niedrigen Schmelzpunkt hat, keine Überhitzung am Umfange eintreten konnte, und damit ein Schmelzen, ehe die Kohlensäure genügend ausgetrieben war. Zu diesem ersten Versuche benutzte ich einen Mergel, dessen Schmelzpunkt noch unter Seegerkegel 5 lag. Trotzdem konnte ich denselben, ohne daß Schmelzen eintrat, bei einer Endtemperatur von 900° brennen.

Und nun ergab sich die merkwürdige Tatsache, daß dies Produkt, das nur 12% Kalk und 8% Magnesia enthielt, neben Ton und Sand einen Mörtel von ganz überraschender Festigkeit lieferte.

Das war mir neu und überraschend. In unserer ganzen Literatur ist, meines Wissens, diese Tatsache nicht erwähnt. Die Praxis konnte ihn nicht kennen, da ihr ja bisher kein Ofen zur Verfügung stand zum Brennen bei niedrigen Temperaturen; in den bisher vorhandenen mußte aber solch ein Material sorgsam gemieden werden, da es unvermeidlich zum Schmelzen kam und dadurch den Ofengang behinderte. Erst später habe ich in den Arbeiten von V i c a t aus dem Anfange des vorigen Jahrhunderts wenigstens Hindeutungen auf den Fall gefunden; ob aber V i c a t so niedrigprozentige Materialien im Auge gehabt hat, erscheint mir doch zweifelhaft. Auf jeden Fall gestattete seine Versuchsanstellung nicht die Durchführung im Großbetriebe.

Nachdem nun einmal festgestellt war, daß in den kalkarmen Mergeln ungeahnte Kräfte verborgen lagen, mußte es meine Aufgabe sein, festzustellen, innerhalb welcher Grenzen ein nutzbarer Kalk zu erhalten ist.

Hier muß ich eine Einschaltung machen.

Die Tabellen, die ich vorlegen werde, dürfen nicht miteinander verglichen werden; nur in sich sind sie vergleichbar. Es ist ja ganz selbstverständlich, daß beim Arbeiten mit einem neuen Apparate die Versuchsbedingungen oft geändert werden müssen, um die günstigsten zu erfassen. Infolgedessen ist eine Reihe von Einzelheiten (Feuerführung, Lage des Rohres, Umdrehungsgeschwindigkeit, Einmauerung, der Sand) oft geändert und bedingen dadurch auch verschiedene Wirkungen. Die einzelnen Versuchsergebnisse selbst sind natürlich in sich sicher vergleichbar; hier sind alle Bedingungen immer unverändert geblieben, bis auf gerade die, deren Einfluß festgestellt werden soll.

Dann noch ein kurzes Wort über die Untersuchungsmethoden.

Auch diese sind nicht dieselben geblieben und verbieten deshalb auch ein Vergleichen der verschiedenen Reihen.

Anfänglich wurde untersucht nach Art der Zementanalyse. Hierbei wurde aber die Substanz wiederholt mit konz. Salzsäure behandelt; das erschien aber nicht zulässig, da dadurch Verbindungen in Lösung kamen und als wirksam erscheinen mußten, die kaum irgendwie den Erhärtungsprozeß beeinflussen konnten. Deshalb wurde in der Weise verfahren, daß ungefähr 1 g Substanz — bei viel Magnesia nur 0,6 g — mit 100 ccm Wasser aufgeschlämmt wurde, mit 5 ccm Salzsäure versetzt und nun 10 Minuten gekocht wurde. Das Unlösliche ließ ich sich absetzen, dekantierte durch ein kleines Filter, wusch den Rückstand zweimal mit je 10 ccm kochendem Wasser aus, kochte ihn dann zweimal mit 10 ccm einer 20%igen Lösung von Soda, filtrierte heiß, um etwaige Kieselsäure auf dem Filter noch in Lösung zu bringen, wusch mit kochendem Wasser, später mit stark verd., kochender Salzsäure aus. Das auf dem Filter Verbliebene bezeichnete ich als „unzersetzte Substanz“. Um nun das Eindampfen der immerhin über 200 ccm betragenden Flüssigkeitsmenge zu umgehen, wurde geprüft, ob nicht die lösliche SiO_2 und R_2O_3 durch H_3N quantitativ fällbar seien. Es hat sich ergeben, daß dies Verfahren anwendbar ist, wenn R_2O_3 wenigstens die Hälfte der SiO_2 beträgt. Ist dies nicht der Fall, dann bleibt SiO_2 in Lösung und wird weder mit CaO , noch mit MgO gefällt. In diesen Fällen muß unbedingt das ganze Filtrat eingedampft und so SiO_2 unlöslich gemacht werden.

Sehr praktisch hat sich die Einwirkung einer 10%igen Zuckerlösung erwiesen, entsprechend dem Verfahren von L e d u c. Zwar ist es nicht richtig, daß dadurch nur Kalk gelöst wird — es geht unbedingt oft auch Al_2O_3 und SiO_2 in Lösung —, aber das Reagens gestattet in sehr schneller und sicherer Weise, die Wassermenge zu bestimmen, die zum Ablöschen erforderlich ist. Diese muß so bemessen sein, daß einmal der Kalk volumbeständig wird; andererseits muß er aber völlig trocken und damit mahlbar sein. Setzte ich ein Drittel der Kalkmenge, die die Zuckerlösung löste, an Ablöschwasser zu, dann wurden jene Bedingungen stets glatt erfüllt. Der Kalk wurde in Mengen von je ca. 200 g in einen sog. Sparkocher gebracht, mit der entsprechenden Wassermenge übergossen, und der Apparat so schichtenweise gefüllt. Dabei wurde die Vorsicht angewandt, stets erst das Wasser und dann den Kalk zuzuschütten. Der Apparat blieb dann einige Stunden bis zum völligen Erkalten stehen. Nun war der Kalk völlig treibicher abgelöscht und leicht mahlbar.

Ich komme nun zu den Resultaten, die ich bei meinen Untersuchungen erhalten habe. Aus den 320 Versuchsergebnisse nehme ich diejenigen heraus, welche für unser Thema von besonderer Bedeutung sind. In erster Reihe mußte mich interessieren, zu erfahren, welche Bedeutung der Kalkgehalt der Rohmasse hat. Bekanntlich spielt er bei Herstellung des Portlandzementes eine ausschlaggebende Rolle und darf nur in sehr engen Grenzen schwanken.

Meine Tabelle zeigt Ihnen den Einfluß, den der

Gehalt an Calciumcarbonat der Rohmasse hat, sowohl auf die dadurch bewirkte Zersetzung des Tones, als auch auf die mit dem Mörtel erzielten Festigkeiten. Letztere sind bestimmt an Gemengen mit 3 Gewichtsteilen Sand. Eingeschlagen ist nach den Normen für Untersuchung des Portlandzementes bei Anwendung von 9—10% Wasser. Die Körper der Tabelle A erhärteten nur an der Luft, die von Tabelle B teils an der Luft, teils wurden sie nach drei Tagen in Wasser gebracht und verblieben dort bis zur Prüfung.

Als Ausgangspunkt für beide Reihen dienten künstliche Gemische von Kreide und Ton. Ich mußte hierzu schreiten, weil einmal natürlicher Mergel in den gewünschten Zusammensetzungen gar nicht zu beschaffen war, und weil andererseits auch die technische Verwertung des Patentes auf künstliche Mischungen hinwies.

Die Tabelle A zeigt deutlich, daß der Kalkgehalt eine unwesentliche Rolle spielt für die Erhärtung; ob 30% CaCO_3 oder 70% vorhanden sind, die Festigkeiten sind nicht sehr verschieden. Bei Wassererhärtung in Tabelle B macht sich allerdings der höhere Kalkgehalt durch Abnahme der Festigkeit sehr bemerklich. Diese Tabellen, wie zahlreiche andere Versuchsreihen erweisen, daß der günstigste Kalkgehalt durchaus nicht innerhalb enger Grenzen liegt, ein Optimum der Festigkeiten besonders bei Wassererhärtung scheint aber ziemlich sicher bei 40% CaCO_3 zu liegen.

A.

Einfluß des Kalkgehaltes.

Künstliche Mischung von Kreide und Ton; Brenntemperatur 800°.

Rohmasse titriert CaCO_3 %	Unzer- setzte Sub- stanz %	SiO_2 %	R_2O_3 %	CaO aus der Roh- masse auf glüh- verlustfreie Sub- stanz berechnet %
20	57,6	16,3	12,8	12,3
25	51,2	18,2	13,4	15,7
30	44,3	17,5	13,5	19,6
40	37,3	16,9	15,9	27,2
50	30,1	19,3	12,6	35,9
60	22,1	31,2		45,7
70				56,6

Lufterhärtung.			
7 Tage	28 Tage	1 Jahr	28 Tage
kg	Zug kg		Druck kg
5,0	8,7	17	53,0
6,5	11,2		66,0

7 Tage	28 Tage	1 Jahr	28 Tage
kg	Zug kg		Druck kg
10,0	18,3		102,0
7,5	15,0		108,0
8,5	19,0		70,0
10,0	17,2		79,0
10,5	18,0		97,0

B.

Wiesenkalk mit Ton bei 750° gebrannt

Titriert CaCO_3 %	Lufterhärtung		Wassererhärtung	
	7 Tage	28 Tage	28 Tage	
	Zug kg	Zug kg	Zug kg	Druck kg
30	11,5	18,7	17,7	106
40	12,3	16,2	20,7	164
50	9,7	17,3	14,2	95
60	7,2	13,8	10,8	80
rein. Wiesenkalk	4,7	11,0	6,3	65

Wiesenkalk enthält:

Organische Substanz	10,4%
Ton	2,8%
CaCO_3	86,8%

Sehr auffallend ist in Tabelle A noch, daß die größere Kalkmenge fast gar keinen Einfluß hat auf die Größe der Zersetzung des Tones. Mit zunehmendem Kalkgehalt nimmt die Menge der unzersetzten Substanz ab, die löslichen Hydraulefaktoren bleiben aber unverändert. Ich bemerke noch, daß die Brenntemperatur für die erste Versuchsreihe 800° betrug, bei der zweiten 750°.

Die folgende Tabelle C soll Aufschluß geben über den Einfluß der Temperatur bei gleicher Rohmasse. Ich bemerke, daß gerade diese Versuchsreihen sehr verschiedene Resultate ergeben haben, je nach Art der Ausmauerung. Vorliegende Tabelle stammt aus einer späteren Zeit der Arbeit mit der bislang noch immer beibehaltenen Art der Ausmauerung.

C 1.

Einfluß der Temperatur.

Mergel.

Tem- pera- tur	7 Tage		28 Tage				
	Zug	Luft	kombiniert		Wasser		
			Zug	Druck	Zug	Druck	
850°	12	14,5	109	18,4	113	15	112
800°	7,2	14,9	101	16,0	115	16	100
750°	12,6	13,5	100	18,9	97	16,1	95
760°	14,0	21,5	160	22	205	17,5	144
(nach bedient)							
700°	8,3	13	120	14,6	153	15,5	125

Zusammensetzung.

	700°	750°	800°	850°
Unzersetzt	15,8	16,0	15,7	16,2
SiO_2	9,0	10,1	10,1	12,9
KO_3	6,9	8,0	8,1	8,6
CaO	42,9	46,0	43,8	45,4
MgO	1,1	1,1	1,2	1,1
CO_2	17,5 = 22,3 CaO	9,8 = 12,5 CaO	8,6 = 10,9 CaO	5,7 = 7,30 CaO
in Zucker und löslicher CaO	6,3	13,4	16,8	16,4
Gebundener CaO	14,0	20,1	16,1	21,7
HO	4,8	7,2	8,0	7,3
Gesamtglühverlust	22,3	17,0	16,6	13,0

C 2.

Künstliche Rohmischung aus Kreide und Ton.

Titrl. 69,6 CaCO₃.

Temperatur	7 Tage	28 Tage	Druck
	Zug	Zug	
1000°	13	19	124
900°	10	17	140
850°	13	15,8	98
800°	14	17,5	196
titrl. 41%			
800°	11	18,5	112

Als Material diente hier ein Mergel. Auf Grund der erhaltenen Resultate wurde die Reihe 760° später nachgeholt.

Die Untersuchung wurde ferner ausgedehnt auf die Erhärtung nach dem für Prüfung des Portlandzementes jetzt eingeführt kombinierten Lagerung, d. h. der Probekörper bleibt bis zum Abbinden an der Luft (hier bis höchstens drei Tage), dann bis zum Siebenten in Wasser und nun bis zur Prüfung an der Luft.

Scharf ausgesprochene Unterschiede zeigen sich hier nicht in bezug auf die Festigkeiten. Diese Tatsache wird um so interessanter, je näher wir uns nun die Zusammensetzung der gebrannten Produkte ansehen. Der Gehalt an Kohlensäure bewegt sich zwischen 17,5 und 5,7%, dementsprechend der Gehalt an CaO als Calciumcarbonat zwischen 22,3 und 7,3%. Danach verbleibt ein Gehalt an CaO von 20,6 bis 38,2%. Der in Zucker wasserlösliche Kalk bewegt sich zwischen 6,3 und 16,4%. Auch hier bedeutende Unterschiede, und doch die Festigkeiten ziemlich gleichbleibend. Ich muß auf diese Umstände besonders aufmerksam machen, weil sie für die späteren Betrachtungen von großer Wichtigkeit sind. Kleine Unterschiede in der Resultaten sind damit zu erklären, daß das Material in sich nicht völlig gleichmäßig war; es titrierte zwischen 66—72% CaCO₃. Untersuchungen an anderen Rohmaterialien haben ergeben, daß die Temperatur doch von großem Einfluß sein kann; meistens liegt das Optimum der Festigkeiten, seitdem die Ausmauerung unverändert geblieben ist, bei 700—750°; es gilt dies ganz besonders für niedrigprozentiges Material.

Die zweite Tabelle bestätigt durchaus die Schlußfolgerungen, die wir aus der ersten gezogen haben.

Weiter galt es nun, festzustellen, welchen Einfluß die Brennzeit auf die Qualität des erbrannten Produktes ausübt. Zu diesem Zwecke ließ ich unter sonst gleichen Verhältnissen in derselben Zeiteinheit verschiedene Mengen Rohmaterial durch den Ofen laufen. Als Ausgangsmaterial diente mir ein Mergel, der etwa 38% CaCO₃ titriert, wenig Magnesia enthält.

D.

Einfluß der Leistung

Mergel, bei 900° titrl. 38% CaCO₃.

stündlich durchgeführte Menge	CO ₂	7 Tage		28 Tage	
		Zug	Druck	Zug	Druck
6 kg	3,0	12,5	120	18,0	203
9	4,6	10,5	108	14,3	207
12	4,3	13,5	—	17,5	158
15	4,6	15	98	22,0	211

Innerhalb der Grenzen von 6 K—15 K machte sich kein wesentlicher Unterschied bemerklich. Als ich aber später, in Anschluß an obige Versuchsreihe, auf 20 K ging, da stieg der Gehalt an CO₂ auf 11%, und die Festigkeiten fielen bedeutend.

Wird die Güte des Produktes beeinflusst durch die Art der Feuerführung, ob oxydierendes Feuer, ob reduzierendes Feuer angewandt wird? Diese Frage sollte durch nachkommende Versuchsanlage E geklärt werden.

E.

Einfluß der Art der Feuerführung.
Zusammensetzung.

	a 900° oxydier. %	b 900° reduzier. %	c 750° oxydier. %	d 750° reduzier. %
Rückstand	24,0	23,0	21,8	23,4
SiO ₂	9,6	11,1	7,6	10,5
P ₂ O ₅	7,4	8,2	6,7	7,3
CaO	31,8	32,7	28,7	31,4
MgO	13,8	15,8	13,9	14,2
CO	8,2	5,5	20,0	12,6
H ₂ O	4,6	2,9	1,2	0,6

Zugfestigkeit mit 3 Gewichtsteilen Sand.
9% Wasser eingeschlagen bei reiner Lufterhärtung.

	kg	kg	kg	kg
7 Tage	8,5	7,2	12,5	14,3
28 Tage	16,2	16,0	22,0	19,3
1 Jahr	35,0	35,0	29,0	31,5
1 : 3 Vol. 7 Tage	6,2	5,8	7,0	9,7
28 Tage	13,0	11,5	10,7	13,5
1 Jahr	21,0	19,0	20,0	25,0

Als Ausgangsmaterial habe ich einen stark magnesiahaltigen Mergel benutzt. Gebrannt wurde einmal bei 900°, einmal bei 750°. Eigenartig erscheint, daß bei reduzierendem Feuer die CO₂ viel stärker ausgetrieben wird, als bei oxydierendem. Die hohen Temperaturen wirken ungünstig auf die Anfangsfestigkeiten, geben aber bessere Nachhärtung. Ganz unregelmäßig ist der Erhärtungsprozeß verlaufen beim schwächeren Mörtel, der nach Raumverhältnissen 1 : 3 hergestellt ist. Hier müssen weitere Versuchsreihen erst Klarheit schaffen. Aber wieder zeigt die Tabelle, daß die Zusammensetzung des gebrannten Materials stark schwanken kann in bezug auf den Gehalt an ungebundenem Kalk, ohne daß der Unterschied sich in den Festigkeiten wesentlich bemerkbar macht.

Nach und nach hatte sich so sehr viel Material angesammelt, das in den einzelnen Versuchsreihen große Schwankungen zeigte. Wenn diese auch in den oben erwähnten Abänderungen des Betriebes ihre Erklärung finden konnten, so erschien es mir doch von Bedeutung, durch einen Dauerversuch unter möglichst gleichen Verhältnissen festzustellen, ob ein technisch gleichbleibendes Produkt in dem Ofen herzustellen sei.

Zu diesem Zwecke wurde der Mergel, der schon zu der Versuchsreihe D gedient hatte, benutzt. An vier Tagen wurden Brennversuche vorgenommen. Leistung wurde auf 15 K stündlich gehalten, die Temperatur auf möglichst 750° eingestellt.

Das Ergebnis liegt Ihnen in Tabelle F vor.

F.

Dauerversuch.

Durchschnitt besteht aus: Rückstand 46,2, SiO₂ 10,8, R₂O₃ 9,9, CaO 21,8, MgO 1,1, SO₃ 2,5, S 0,4, CO₂ 5,6.

Lufterhärtung 1:3 Normalsand.

	Zugfestigkeit		Druckfestigkeit
	7 Tage	28 Tage	28 Tage
Durchschnitt	10,7	16,7	220
1. Tag . . .	11,2	17,3	181
2. Tag . . .	9,3	18,7	182
3. Tag . . .	12,0	20,0	192
4. Tag . . .	13,2	21,0	175

Wasserehärtung.

Durchschnitt	11	21	175 K.
----------------------	----	----	--------

Die Reihen aus dem Durchschnitte der verschiedenen Tage sind zuerst eingeschlagen; dadurch erklärlich ungezwungen, daß sie die schlechtesten Zug- und die besten Druckfestigkeiten ergeben haben, wenn man nicht die Unterschiede als innerhalb der Versuchsfehler liegend ansehen will.

Die Schwankungen sind so unbedeutend, wie sie im Großbetriebe stets vorkommen werden. Bei Innehaltung gleicher Versuchsbedingungen kann man also in dem Drehrohrföfen mit Parallelbetrieb ein technisch gleichmäßiges Produkt erbrennen.

Ehe wir nun aber dieses Material für die Theorie der Erhärtung der hydraulischen Bindemittel verwenden, muß ich noch auf einen anderen Versuch eingehen. Durch die Veröffentlichungen von Bied, besonders in den Protokollen des internationalen Verbandes für Festigkeitsuntersuchungen, bin ich aufmerksam geworden auf die eigenartige Rolle, die schwach gebrannter Ton in diesen Prozessen spielt. Ich habe die Brennversuche aufgenommen und konnte bestätigen, daß ein unter ganz bestimmten Verhältnissen gebrannter Ton die Festigkeit des Portlandzementes sehr wenig beeinflußt gegenüber dem ungebrannten. Erst später, richtiger erst vor einigen Wochen, habe ich das Werk von Vicat *Résumé des connaissances positives actuelles sur des mortiers et ciments calcaire*, Paris 1828, in die Hände bekommen. Das ist eine Freude und eine arge Enttäuschung für mich gewesen. Glaubte ich bislang, der Welt etwas ganz Neues bieten zu können, so mußte ich nun erkennen, wie schwer es doch ist, unbedingt neue Tatsachen auffinden zu können. Besonders die Bedeutung des gebrannten Tones und die Vorbedingungen für erfolgreiche Herstellung beschreibt Vicat genau; ich kann nur die Richtigkeit seiner Versuchsanordnung bestätigen. Hierauf komme ich später zurück. Immerhin bleibt mir das Verdienst, eine technisch brauchbare Methode zur Herstellung jener Tonmodifikation gefunden zu haben. Vicat erhitzt auf einer rotglühenden Eisenplatte, die er 1 cm hoch mit dem Tone beschickt, fleißig umrührt und nun die Zeit bestimmt, wann der Ton die günstigsten Eigenschaften angenommen hat. Dies umständliche Verfahren hat wohl auch die technische Ausnutzung desselben verhindert.

Was lehren uns nun all diese Versuche in bezug auf die Erklärung der Erhärtung der hydraulischen Mörtel?

In erster Reihe haben sie den Kreis der Rohstoffe in ungeahnter Weise vergrößert. Sie finden

bislang kaum eine Analyse von Baukalk, dessen Rohprodukt unter 60% CaCO₃ titriert. Ich benutze den Ausdruck titrieren deshalb, weil ich die Magnesia so miterfasse.

Unsere Versuche haben gezeigt, daß diese Grenze weit tiefer zu ziehen ist, bis 25%¹herabgeht. Damit fällt die ganze jetzt beliebte Klassifikation nach dem Tongehalte, mindestens bedarf dieselbe einer bedeutenden Erweiterung.

Ich habe bereits erwähnt, daß Michaelis keine bestimmte chemische Verbindungen annimmt als Träger der hydraulischen Erhärtung.

Welche sollte das auch sein? Meine Ausführungen haben Ihnen gezeigt, daß ich fast gleiche Produkte in bezug auf ihren Mörtelwert erhalte, bei größter, chemischer Verschiedenheit der Zusammensetzung. Und weiter: welche Verbindungen kennen wir, die hydraulisch erhärten? Die Frage ist besonders eingehend und erfolgreich von O. Schott in seiner Dissertation behandelt. Für uns käme in Frage besonders das Monocalciumaluminat, das, mit 3 Teilen Sand angemacht, die höchste Festigkeit aller bislang bekannten hydraulischen Bindemittel gibt, nämlich 56 K. Ich selbst habe so hohe Festigkeiten allerdings nie erreicht.

Nun habe ich aber Kalke, die nur 4% Tonerde enthalten, entsprechend 6% obiger Verbindung. Dieser Kalk gibt aber 16 K Zug unter gleichen Bedingungen, wie oben; danach müßte das Aluminat über 100 K geben. Dann stehen ferner die Festigkeiten in keiner Weise in einem irgend konstanten Verhältnis zum Gehalte an löslicher Tonerde. Endlich wende ich bei Herstellung meiner Kalke nicht annähernd die Temperatur an, die von den verschiedensten Forschern als Bildungstemperatur des Calciumaluminats festgestellt ist.

Der Versuch, die Festigkeiten durch Zurückführen auf irgend eine bekannte Verbindung zu erklären, erscheint als völlig aussichtslos. In zahlreichen meiner Versuche ist die Menge der löslichen Substanzen, sowohl des Kalkes, als der Hydraulikfaktoren so gering, daß wir zur Deutung der Erscheinung unbedingt den unlöslichen Rückstand mit heranziehen müssen. Ich habe bereits auf die Arbeiten von Vicat und Bied über die Eigenschaften gebrannter Tone hingewiesen. In diesen Produkten haben wir gar keine in Wasser lösliche Kieselsäure oder Tonerde. Trotzdem wirkt sie sehr energisch mit bei der Erhärtung. Ein Weißkalk, erbrannt aus 98%igem Rohmateriale, zeigte gar keine Erhärtung unter Wasser; die Luftfestigkeit mit 3 Sand betrug nach 28 Tagen 8 K Zug und 36 K Druck. Das Produkt, gemischt mit gleichem Gewichte gebranntem Ton, konnte als Mörtel nach drei Tagen ins Wasser gelegt werden. Die Zugfestigkeiten betrugen nun bei reiner Lufterhärtung 14 K, bei kombinierter Erhärtung 14,5 bei reiner Wasserehärtung 7,5 K. Die entsprechenden Druckfestigkeiten waren 75 K, 72 K, 56 K.

Hier ist die Hydraulizität zweifelsohne durch den Zusatz des an sich völlig unlöslichen, gebrannten Tones bewirkt.

Nun kam mir ein guter Gedanke: wenn der Ton die hydraulische Erhärtung bedingt, dann muß durch Zusatz desselben jeder Körper von ähnlicher Löslichkeit, wie Kalk, auch zu einem hydraulisch erhärtenden gemacht werden können; so Gips, so

der Holzzement. M. H.! Ich lege Ihnen hiermit einige Platten vor, die aus verschiedenen Gemengen von Gips und gebranntem Ton bestehen. Dieselben sind teilweise sofort nach dem Anmachen, teilweise 24 Stunden später ins Wasser gebracht. Der Versuch ist Ende Mai eingeletzt; solange liegen die Körper nun im Wasser. Sie wollen sich überzeugen, daß dieselben teilweise eine sehr respektable Härte erreicht haben. Der Versuch hat also glänzend meine Voraussetzungen als richtig bestätigt.

Nun lassen Sie uns noch einmal die Bilder betrachten, die Michaelis zur Verdeutlichung seiner Theorie entworfen hat. Setzen wir statt der hypothetischen Gallerte nun eine semipermeable Substanz, die die entstehenden Krystalle gegen die weitere Einwirkung des Wassers schützt, setzen wir statt Kalk jeden entsprechend löslichen und krystallisierbaren Körper, dann kommen wir zu einer restlosen Erklärung des Phänomens. Nicht die chemische Zusammensetzung, nicht das Entstehen einer bestimmten Verbindung ist die Ursache der hydraulischen Erhärtung, sondern die Gegenwart eines krystallisierbaren Körpers und einer gegen Wasser schützenden Verbindung. Die Festigkeit hängt dann ab einmal von den relativen Mengen dieser beiden Substanzen, dann von den physikalischen Eigenschaften der Schutzhülle. Über diese Verhältnisse hoffe ich, durch Studium des osmotischen Druckes der verschieden gebrannten Tone noch weitere Aufschlüsse zu erhalten. Zweifellos liegt in der Veränderung der physikalischen Eigenschaften des Tones durch größere Hitze der Grund zu den wechselnden Festigkeiten der bei verschiedener Temperatur erbrannten hochtonigen Kalke.

Nun kehren wir noch einmal weit in die Vergangenheit zurück. Vitruv hat bereits gelehrt, daß der Mörtel durch Zusatz von Ziegelmehl bedeutend verbessert wird; betrachten Sie das vorliegende Stück Mörtel aus der alten Wasserleitung der Römer von der Eifel nach Köln. Die innere, rotgefärbte Schicht ist hergestellt aus Kalkmörtel mit Ziegelmehl. Wie wunderbar hart ist dieselbe. Später ist diese Wissenschaft verloren gegangen. Neuere Untersuchungen haben ergeben, daß das Ziegelmehl gar nicht die ihm zugeschriebenen Eigenschaften habe. Erst Kiehe hat vor einiger Zeit nachgewiesen, daß allerdings Mehl aus Klinker den Kalkmörtel nicht verbessert, daß aber Mehl aus Schwachbrand die Festigkeiten wesentlich hebt. Da haben wir ja die Erklärung: die Römer haben mit Holz gebrannt und Feldbrand hergestellt. Es ist wohl anzunehmen, daß der Brand schwächer ausgefallen ist, als unser jetziger im Ringofen mit Steinkohlen; wahrscheinlich werden sie auch die schwächst gebrannten Steine ausgesucht haben, weil diese sich zum Vermauern weniger eignen, als die gut gebrannten, und weil sie leichter zu zerkleinern sind. Dann aber ist mein scheinbar neuester Mörtelstoff nichts anderes, als der alte Mörtel der Römer. Entgeht mir dadurch die Ehre, eine neue Erfindung gemacht zu haben, dann habe ich dafür den Nutzen, daß ich schon heute für mein Produkt die Sicherheit einer unbegrenzten Dauer vorherzusagen kann. Inmitten bleibt mir das Verdienst, ein Verfahren gefunden zu haben, nachdem in technischer vollkommener Weise die Erfahrungen der alten Römer und die Vica's ausgenutzt werden

können, daß ferner meine Versuche die Frage nach dem Grunde der hydraulischen Erhärtung weiter geklärt haben, und endlich, daß ich einen bedeutenden volkswirtschaftlichen Fortschritt eingeleitet habe dadurch, daß ich aus bislang wertlosem Material nun in billigster Weise einen Mörtel herstellen kann, der sich durch hohe Festigkeit und sichere Erhärtung auszeichnet. Daß meine Kalke wirklich eine sehr gute Nachhärtung zeigen, beweist Ihnen folgende Tabelle G.

	G. Nach erhärtung.			
	FeCaCO ³	7 Tage	28 Tage	8 Monate
Mergel	35	22,0	25,0	31,0
	73	12,5	16,3	25,0
	76	9,3	16,8	36,0
	MgO-haltig			
	57	9,3	19,0	39,0
	50	8,3	17,0	32,0
	45	17,8	22,0	40,0
	38	7,3	16,0	23,0
einmal gebrannt	38	8,0	16,7	21,0
zweimal gebrannt	38	5,8	18,0	24,0

In ganz seltenen Fällen habe ich einen Rückgang in der Festigkeit beobachtet, einmal bei stark schwefelhaltigem Rohmaterial, dann, wenn gar zu viel Kohlensäure noch zurückgeblieben war. Normale Rohmassen gaben bei normalem Brande stets gute Nachhärtung.

Nur kurz möchte ich auf das vielumstrittene Verhalten von dolomitischem Kalk eingehen.

Hier stehen sich Theorie und Praxis scharf gegenüber. Michaelis und Grätschenberger fordern, daß der Brand so geleitet wird, daß nur die Magnesia kohlenstofffrei wird; die Praxis brennt völlig kohlenstofffrei. Allerdings sind die Festigkeiten sehr schwach, die Hydraulizität ist sehr unbedeutend. Ich verweise auf Zeugnisse der Kgl. Prüfungsstation in Berlin.

Ganz einwandfrei konnte ich die Frage nicht lösen; es ist mir nicht gelungen, genügende Mengen reinen Dolomits zu erhalten. Wieviel die teilweise ja allerdings sehr geringe Tonmenge die Resultate beeinflusst hat, kann ich nicht ermesen.

Das Eine ergeben meine Versuche zweifellos: ein Brennen so, daß nur die Magnesia kaustisch wird, gibt kein gutes Produkt. Ich habe die Versuche benutzt, um die Konstitution des Dolomits aufzuklären. Ist derselbe ein wirkliches Doppelsalz, dann erschien es als ausgeschlossen, daß die Magnesia entsäuert würde, der Kalk aber nicht. Dann aber mußte bei langsamem Erhitzen der Gehalt an Kohlensäure von der Peripherie zur Mitte zunehmen. Der Versuch hat das eigenartige Resultat ergeben, daß, solange mehr Kohlensäure gefunden wurde, als die Magnesia binden kann, also Magnesiacarbonat noch vorhanden sein muß, der Gehalt an Säure gleichmäßig sich stellte innen und außen. Die Zersetzung erstreckt sich also zuerst auf das Magnesiumcarbonat; Dolomit ist also nur eine Mischung der beiden Carbonate. Bestätigt wurde dieser Schluß dadurch, daß das eben charakterisierte Produkt an Zuckerwasser keinen Kalk abgab; es ist also kein Ätzkalk entstanden. Brennt man schärfer, dann geht CaO in entsprechenden Mengen in Lösung.

Die Dolomite, die bei Temperaturen unter 600° gebrannt sind, zeigen sehr geringe Luftfestigkeit und gar keine hydraulischen Eigenschaften, wenn sie nach 7 Tagen ins Wasser gebracht werden. Die tonfreien nehmen, bis 850° erhitzt, an Festigkeit und Hydraulizität zu: übertreffen dann weit die Handelskalke. Wenn ich reinen Dolomit erhalten kann, werde ich die Versuche nochmals aufnehmen: vorläufig will es mir scheinen, als ob die behauptete Hydraulizität der dolomitischen Kalke auf sehr schwachen Füßen steht, auf jeden Fall nur beim Brennen in niedriger Temperatur, aber bei Gegenwart von Ätzkalk zu erreichen ist. Das würde im Einklang stehen mit der oben entwickelten Ansicht über die Grundlagen der hydraulischen Erhärtung.

Ich komme zum Schluß.

Es sollte mich freuen, wenn ich durch meine Darlegungen Veranlassung geben werde, die wichtigste Frage der Mörteltheorie unter einem neuen Gesichtspunkte zu behandeln. Diese erneute, wissenschaftliche Behandlung wird dann zweifellos dazu beitragen, unsere Kalkindustrie auf die Höhe zu bringen, wie sie in Frankreich längst erreicht ist.

[A. 213.]

Laboratoriumszentrifuge zur quantitativen Trennung und Bestimmung von fester Substanz (Kristall, Niederschlag, Fasern usw.) und Ablauf.

VON HERMANN ZIMMERMANN.

(Eingeg. 21.2.1912.)

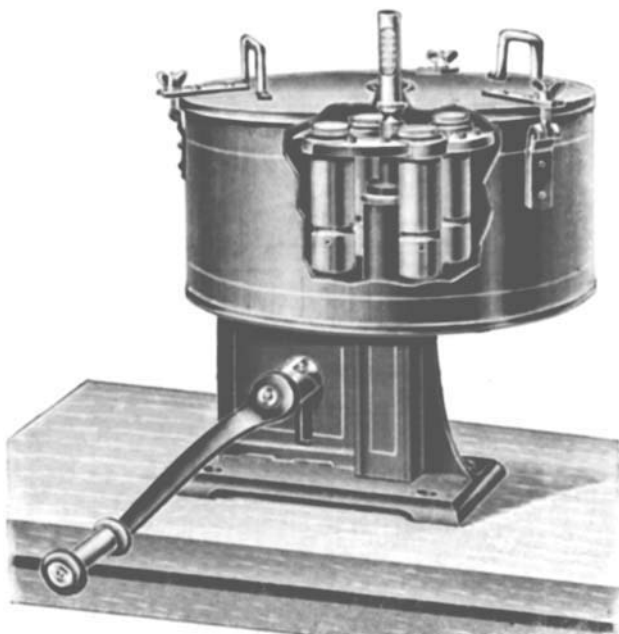
Beim Trennen von Niederschlägen und den ihnen anhaftenden Lösungen, die zuweilen zäher, viscoser Natur sind, ist es häufig erwünscht, die Mengenverhältnisse des festen und des flüssigen

Teiles in einem gegebenen Moment genau gewichtsmäßig feststellen zu können. Da es nicht immer angängig ist, die Trennung durch Waschen mit geeigneten Flüssigkeiten auszuführen, bedarf es besonderer Vorrichtungen mechanischer Natur, um Krystallen die anhaftende Mutterlauge zu entziehen. Bei der Gewichtsbestimmung von Zuckerkrystallen in Rohzuckern (Zucker, welchem noch Sirup oder Melasse anhaftet) war man z. B. bisher darauf angewiesen, die Krystalle vom Sirup durch umständliche Waschmethoden mit verschiedenen Flüssigkeiten zu trennen. Da es sich nicht vermeiden läßt, daß diese Waschflüssigkeiten — mit Essigsäure versetzte und mit Zucker gesättigte alkoholische Lösungen von verschiedener Konzentration — entweder Zuckerkrystalle auflösen oder aber gelösten Zucker ausfällen, sind derartige Krystallbestimmungen fehlerhaft und weder für wissenschaftliche, noch technische Zwecke brauchbar.

Angeregt durch Geheimrat Dr. Herzfeld, Direktor des Instituts für Zuckerindustrie, Berlin, konstruierte ich eine Zentrifuge, die diesen Übelständen abhilft. Die Zentrifuge ermöglicht die einwandfreie Bestimmung der absoluten Menge Krystall in Rohzuckern und überhaupt die quantitative Trennung fester Körper von den ihnen anhaftenden Flüssigkeiten.

Zur Erklärung diene eine kurze Beschreibung der Zentrifuge. Wie aus der Abbildung ersichtlich, bietet die äußere Gestaltung der Zentrifuge nichts Neues. Das Wesentliche an ihr ist das Becherwerk. Vier zylindrische, vernickelte Messingbecher von je 100—150 ccm Fassungsraum sind an einer horizontal auf der senkrechten Zentrifugenspindel festgekeilt, drehbaren Scheibe lose schwingend aufgehängt. Bei der Rotation stellen sie sich wie bei Harn- oder Kautschukzentrifugen wagerecht ein. Der Becherboden wird durch eine lose eingelagerte gelochte Metallplatte gebildet. Je nach dem Zweck der Zentrifuge wird auf die Platte eine Filzscheibe, Papierfilter, feine Drahtgaze oder eine Kombination dieser Filtriernittel gelegt.

Die Wirkungsweise der Zentrifuge sei an einem Rohzuckerbeispiel erläutert. Man füllt 50 g Rohzucker in ein birnenförmiges, oben und unten mit Gummistopfen verschließbares Glasgefäß von ca. 500 ccm Inhalt, gibt etwa die fünffache Menge gesättigter reiner Zuckerlösung hinzu, stopft zu, schüttelt kräftig um, bis der dem Rohzucker anhaftende Sirup sich vollständig gelöst hat, und setzt die Glasbirne mittels festschließenden Gummistopfens nach Öffnung des unteren Stopfens auf einen Schleuderbecher, der seinerseits auch wieder mit Gummistopfen auf einer Saugflasche befestigt ist. Die gelochte Bodenplatte des Bechers ist vorher mit einer Filzscheibe und darüber einem Drahtsieb zu bedecken. Filz und Drahtsieb sind trocken tariert. Der feste Zucker und der Sirup laufen nun in den Becher. Man stellt die Saugpumpe an und saugt die Hauptmenge der Lösung ab. Da sich im oberen Teile des Bechers unter dem Gummistopfen ein Luftpolster bildet, wird Benetzung des oberen



D. R. G. M.