

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000305777

x
819

G. L. J. 1. V. 9.

Hydraulische Kalken
mit Zusatz

Stain

Sonderabdruck
aus den

Mittheilungen aus den Königlich technischen Versuchsanstalten 1902.

Verlag von Julius Springer in Berlin.

F. Nr. 2640
III 33658



Hydraulische Kalk.

Von H. Burchard, ständigem Mitarbeiter der Abteilung für Baumaterialprüfung.

A. Prüfungsverfahren.

Unter hydraulischen Kalken versteht man die durch Brennen unter der Sinterungsgrenze aus thon- und magnesiashaltigen Kalksteinen gewonnenen Erzeugnisse. Ihrer Zusammensetzung nach enthalten hydraulische Kalk¹⁾ (Mager-, Wasser-, Grau-, Dolomit- und Cementkalk), im Gegensatz zu Luft- (Fett- oder Weiß-)Kalken, Stoffe, die den gebrannten Kalk befähigen, nach dem Ablöschen und dem Anmachen mit Wasser selbständig und zwar sowohl unter Wasser als auch an der Luft zu erhärten und mit fortschreitendem Alter an Festigkeit zuzunehmen.

Als solche den Kalk wassererhärtend machende Bestandtheile („Hydraulfaktoren“ genannt) gelten: Kieselsäure, Thonerde, Eisenoxyd und Magnesia.

Eine genaue Begriffserklärung für hydraulische Kalk lässt sich ebensowenig wie für die anderen Arten hydraulischer Bindemittel geben, weil eine scharfe Trennung der verschiedenen Gruppen hydraulischer Bindestoffe nicht wohl möglich ist, „indem, wie Tetmajer mit Recht sagt, zahlreiche Uebergänge bestehen und es Bindemittel als Uebergangstypen giebt, die ohne Verstoß bald in die eine, bald in die andere Gruppe der Bindemittel eingereiht werden könnten.“

Nach Heusinger von Waldegg²⁾ enthalten sehr gute hydraulische Kalk gewöhnlich 24—30 % Thon, „ziemlich gute“ mehr oder weniger Thon, und zwar beiläufig 30—45 % oder 20—25 % Thon. Der weniger als 20 % (bis 14 %) Thon enthaltende Kalk soll nur wenig hydraulisch sein. Enthält der Kalk dagegen 50—60 % Thon, so ist er zu mager.

Feichtinger³⁾ theilt die „hydraulischen Mörtel“ (richtiger wäre die Bezeichnung hydraulische Bindemittel) in 4 Klassen ein und unterscheidet: 1. Puzzolane (hydraulische Zuschläge), 2. hydraulische Kalk, 3. Roman-Cement (Cementkalk, hydraulischer Cement) und 4. Portland-Cement und bezeichnet hydraulische Kalk als „solche Gesteine, die nach dem

¹⁾ In der Literatur werden vielfach außer den wirklichen hydraulischen Kalken auch die sonstigen hydraulischen Bindemittel (Roman-Cement, Portland-Cement u. s. w.) als „hydraulische Kalk“ bezeichnet. Fast durchgängig werden sie unter dem Begriff „Wasser- oder hydraulische Mörtel“ behandelt, während wir eigentlich unter „Mörtel“ das bereits mit Zuschlag (Sand) und Wasser versetzte Erzeugniß verstehen.

²⁾ Heusinger von Waldegg. Die Kalk- und Cementfabrikation. Verlag Th. Thomas. Leipzig 1875. S. 112.

³⁾ Feichtinger. Die chemische Technologie der Mörtelmaterialien 1885.

Brennen in festen Stücken sich beim Befeuchten mit Wasser unter starker Wärmeentwicklung noch zu pulverförmigem Hydrat oder zu Kalkbrei ablösen; diese werden in Stückform und in Pulverform auf den Markt gebracht und sind magere Kalk, die einige Zeit nach ihrer Verwendung in Wasser erhärten“.

Michaëlis¹⁾, welcher die Wassermörtel in Puzzolanmörtel, hydraulische Kalk und Portland-Cemente eintheilt, nennt

„Hydraulische Kalk alle natürlichen und künstlichen Kalkarten, welche unter Wasser mehr oder weniger erhärten, welche nicht so stark gebrannt sind, daß Sinterung eingetreten ist, und welche im gebrannten Zustande noch freien Kalk in größerer Menge enthalten. Hierher zählen also die sämmtlichen sogenannten Roman-Cemente“.

Hauenschild²⁾ unterscheidet 1. „Wasserkalk oder magere Kalk“, 2. „Roman-Cemente, in Deutschland und besonders in Oesterreich hydraulische Kalk, in Frankreich Ciment Romain oder einfach Ciment naturel genannt“, 3. „Portland-Cemente“ und 4. „Puzzolanmörtel oder Mörtel mit hydraulischen Zuschlägen“ und sagt hinsichtlich der Wasserkalk:

„Jene Wassermörtel, welche aus solchen natürlichen Steinen gewonnen werden, die nach Brennen mit Wasser sich noch zu Pulver lösen, im Wasser aber nach kürzerer oder längerer Zeit erstarren, heißen Wasserkalk oder magere Kalk, in Frankreich chaux hydraulique, oder hydraulischer Kalk. Der Typus hierfür ist in Frankreich der Chaux du Teil, in Deutschland z. B. der Beckumer, der Trierische Wasserkalk, in Oesterreich die mageren Kalk der Umgebung von Prag oder der Teplitzer Kalk. Diese haben unter den Wassermörteln den geringsten Silikatgehalt, sind die leichtesten und für sich selbst am wenigsten festen, im Verhältniß zu ihrer Selbstfestigkeit jedoch die bindetkräftigsten. Sie erstarren und erhärten unter Wasser am langsamsten und widerstehen demselben erst nach einiger Zeit, aber dann anhaltend.“

Nach den „Beschlüssen der internationalen Konferenzen zu München, Dresden, Berlin u. s. w.“³⁾ sind

„hydraulische Kalk Erzeugnisse, welche durch Brennen von mehr oder weniger thon- (oder kieseläure-)haltigen Kalken gewonnen werden und, mit Wasser gemengt, sich ganz oder theilweise zu Pulver lösen. Nach örtlichen Verhältnissen werden sie in Stückform oder hydratisirt in Mehlform in den Handel gebracht“.

Die deutlichste und treffendste Begriffserklärung für die in Rede stehenden Kalk geben die schweizerischen Normen für einheitliche Benennung, Klassifikation und Prüfung der hydraulischen Bindemittel⁴⁾, welche besagen:

„Hydraulische Kalk sind Erzeugnisse, welche aus Kalkmergel oder Kieselkalken durch Brennen unterhalb der Sintergrenze, darauffolgender Hydratisirung und Zerkleinerung auf Mehlfeinheit gewonnen werden.“

„Nach örtlichen Verhältnissen können hydraulische Kalk auch in Stückform in den Handel gebracht werden.“

¹⁾ Dr. W. Michaëlis. Die hydraulischen Mörtel, insbesondere der Portland-Cement. Verlag von Quandt & Händel. Leipzig 1869. S. 64.

²⁾ H. Hauenschild. Katechismus der Baumaterialien. II. Theil. Die Mörtelsubstanzen. Verlag Lehmann & Wentzel. Wien 1879. S. 110.

³⁾ Beschlüsse der Konferenzen zu München, Dresden, Berlin, Wien u. s. w. über einheitliche Untersuchungs-Methoden. Jahrg. 1893. Verlag Th. Ackermann, München.

⁴⁾ Normen für eine einheitliche Benennung, Klassifikation und Prüfung der hydraulischen Bindemittel. Herausgegeben von der Schweiz. Materialprüfungsanstalt zu Zürich. Selbstverlag der Anstalt. Jahrg. 1901.

Bemerkungen.

„Vor eintretender Verschlackung der Oberfläche gar gebrannte Kalkmergel oder Kieselskalk, die beim Trocknlöschchen unter mäßiger Wärmeentwicklung und mäßigem Gedeihen theilweise oder ganz zu Pulver zerfallen, liefern hydraulische Kalk.“

„Beim Ablöschchen des gebrannten Materials wird der freie Aetzalk in pulverförmiges Kalkhydrat verwandelt, welchem je nach chemisch-physikalischer Beschaffenheit des Rohmaterials und Ausfall des Brandes auch die hydraulischen Bestandtheile ganz oder theilweise beigemischt sind. Häufig bleibt ein Theil der letzteren in gröberem Stücken zurück; die Lösprodukte solcher Kalk müssen sodann auf geeigneten Mahlvorrichtungen zerkleinert werden.“

„Hydraulische Kalk, die beim Ablöschchen bloß theilweise zerfallen, sollten in Stückform nicht in den Handel gebracht werden.“

„Der pulverförmige hydraulische Kalk ist erdig-körnig, hellgelblich mit Uebergängen ins Graue oder Röthlichbraune. Angemacht erwärmt sich der hydraulische Kalk nicht; er bindet stets langsam, oft erst nach Ablauf von 24 und mehr Stunden ab und besitzt die Eigenschaft, bei mit der Zeit wachsender Festigkeit an der Luft wie unter Wasser raumbeständig zu sein. Das spezifische Gewicht des hydraulischen Kalkes liegt meistens unter 2,9; sein Glühverlust steigt in der Regel über 8 %.“

„Hydraulischer Kalk kann zu langsam fortschreitenden Luft- und Wasserbauten, die weder eine hohe Anfangs- und Endfestigkeit, noch Frostbeständigkeit in den ersten Phasen der Versteinierung erfordern, verwendet werden. Zu Wasserbauten soll hydraulischer Kalk nur dann zugelassen werden, wenn der Einwirkung des Wassers eine angemessene lange Lufterhärtung vorausgeht.“

Vorschriften für einheitliche Prüfung von hydraulischen Kalken bestehen in Deutschland nicht, während in der Schweiz seit August vorigen Jahres die vorgenannten an der eidgenössischen Materialprüfungs-Anstalt (Zürich) aufgestellten und vom Verein Schweiz. Cement-, Kalk- und Gips-Fabrikanten und dem Schweiz. Ing.- und Architekten-Verein anerkannten „Normen“ gelten. Auch die anderen Länder kennen keine einheitlichen Lieferungs- und Prüfungsbedingungen für Kalk. Die Beschlüsse der internationalen Konferenzen sehen für die Qualitätsprüfung hydraulischer Kalk ebenso wie für die anderer hydraulischer Bindemittel¹⁾ die Ermittlung nachstehender Eigenschaften vor:

1. Gewicht

α) spezifisches Gewicht,

β) Raum- (Liter-)gewicht in verschiedenen Zuständen (eingelaufen bezw. eingeseiht, eingerüttelt, eingeschüttet);

2. Feinheit der Mahlung bezw. Korngröße auf dem 4900-, 2500- und 900-Maschenjewe;
3. Abbindeverhältnisse (Erhärtungsanfang und Abbindezeit);
4. Raumbeständigkeit (Kaltwasserprobe und Warmwasserprobe);
5. Zug- und Druckfestigkeit für Mischungen aus 1 Gew.-Thl. Bindemittel + 3 Gew.-Thl. Normaland ermittelter Proben, die die ersten 24 Stunden in einem mit Wasserdampf gesättigten Raume in der Luft, die übrige Zeit bis unmittelbar zur Vor- nahme der Probe unter Wasser von der Temperatur 15—18 C° aufbewahrt werden, das alle 7 Tage zu erneuern ist;

¹⁾ Nicht zu verwechseln mit hydraulischen Zuschlägen (Puzzolane, Traß u. s. w.).

6. Haftfestigkeit;
7. Ausgiebigkeit;
8. Einwirkung von Meerwasser auf hydraulische Bindemittel.

Die Schweizer Normen beschränken sich, abgesehen von den Bedingungen für die Benennung und Verpackung, auf Vorschriften hinsichtlich folgender Verhältnisse:

1. Gewicht (im Sack);
2. Abbindeverhältnisse (Erhärtungsbeginn und Bindezeit);
3. Raumbeständigkeit (Kalt- und Warmwasserprobe)¹⁾;
4. Feinheit der Mahlung (auf dem 900-Maschen Siebe)²⁾;
5. Festigkeitsverhältnisse (Zug- und Druckfestigkeit einer Mischung aus 1 Gew.-Thl. Kalkpulver auf 3 Gew.-Thl. Normalsand, ermittelt an Proben, die eine 3 × 24-stündige, feuchte Luftlagerung durchzumachen haben und bis zu 28 Tagen Alter in Wasser (ca. 15 C°) lagern — Wasserzusatz: 12 %)³⁾.

Auf den bestehenden Mangel an einheitlichen Grundsätzen für die Durchführung von Kalkprüfungen habe ich bereits früher („Mittheilungen“ 1894. S. 191) hingewiesen.

Daß aber thatsächlich ein dringendes Bedürfnis vorliegt, eine Regelung dieser Verhältnisse herbeizuführen, beweisen die häufigen, an die Versuchsanstalt gerichteten Anfragen darüber, welche Ansprüche an hydraulische Kalk hinsichtlich der Festigkeit und sonstigen Eigenschaften gestellt werden können. Hierfür sprechen ferner die zahlreichen Zuschriften der Antragsteller, in denen sich das Verlangen nach einem maßgebenden Vergleich der Eigenschaften der eigenen Erzeugnisse mit denen anderer kundgiebt.

Der Mangel an einer solchen Grundlage für die Beurtheilung des hydraulischen Kalkes, wie sie z. B. für Portland=Cement bereits seit vielen Jahren in Preußen in den bekannten „Normen für einheitliche Lieferung und Prüfung von Portland=Cement“ festgelegt ist, macht sich also sehr fühlbar, da die Beurtheilung von Versuchsziffern und somit die Werthung der Güte und Verwendbarkeit des Materials nur an Hand eines Vergleichs möglich ist; er macht sich mit der Zeit um so fühlbarer, als die Nachfrage nach hydraulischen Kalken in den letzten Jahren stetig zugenommen hat, wenn man aus der wachsenden Anzahl der sowohl von Privaten, wie auch von Behörden gestellten Anträge auf Prüfung hydraulischer Kalk ein Schluß nach dieser Richtung hin ziehen darf.

Die Schwierigkeiten, die sich der Aufstellung und Festlegung einheitlicher Lieferungs- und Prüfungsbedingungen entgegenstellen, sind aber nicht zu verkennen; sie sind zunächst in der außerordentlichen Verschiedenartigkeit der vorkommenden hydraulischen Kalk selbst begründet. Hierzu kommt noch die nicht zu leugnende Thatsache, daß man selbst in Sachverständigenkreisen über die mörteltechnischen Eigenschaften der hydraulischen Kalk nicht genügend unterrichtet ist, und ferner der Umstand, daß die Behandlung der verschiedenen Arten dieser Kalk bei der Erzeugung und Verarbeitung sehr verschieden zu sein pflegt.

Aus den angedeuteten Gründen, namentlich aber wegen der Verschiedenartigkeit im Wesen der hydraulischen Kalk wird es nicht leicht sein, eine völlig einheitliche und alle Arten umfassende Form der Prüfungsanordnung zu finden. Immerhin sollte jedoch versucht werden,

¹⁾ Hydraulische Kalk sollen an der Luft, wie unter Wasser hydraulisch sein.

²⁾ Hydraulische Kalk sollen auf dem 900-Maschen Siebe nicht mehr als 15% Rückstand hinterlassen.

³⁾ Hydraulische Kalk sollen in der Normalmischung in Normalkonsistenz angemacht in der maßgebenden 28-tägigen Kaltwasser- und in der orientirenden 6-tägigen Warmwasserprobe mindestens 6,0 kg/qcm Zug und 40,0 kg/qcm Druck erreichen.

für gewisse Eigenschaften der Kalle bestimmte Grenzwerthe festzusetzen und für ihre Ermittlung einheitliche Prüfungsverfahren zu vereinbaren; vielleicht können hierfür nachstehende Ausführungen und die weiter unten mitgetheilten Ergebnisse einer großen Anzahl der im Laufe der letzten Jahre ausgeführten Kalkuntersuchungen eine Richtschnur geben.

Für die hydraulischen Eigenschaften der Kalkerzeugnisse ist in erster Linie die chemische Zusammensetzung maßgebend, die allerdings außerordentlich wechselt. Es wäre indeß verfehlt, unmittelbar aus der chemischen Zusammensetzung der Kalle Schlüsse auf deren Güte und Verwendbarkeit als Mörtelmaterial zu ziehen. Hierfür sind, wie auch bei den übrigen Bindemitteln, noch andere Faktoren (Lagerungsverhältnisse, Grad der Gleichartigkeit, Gefügebau, Dichtigkeit, Korn des Rohmaterials, Art des Brennverfahrens, Grad und Frische des Brandes, Art des Ablöschens u. s. w.) maßgebend. Deßhalb kann man sich bei der Werthschätzung der hydraulischen Kalle nicht mit der chemischen Analyse allein begnügen; vielmehr liefert erst die Feststellung der mörteltechnischen Eigenschaften, namentlich auf Grund zuverlässiger Festigkeitsversuche mit Gebrauchsmörteln, maßgebende Anhalte für die Beurtheilung der Qualität und Brauchbarkeit der Kalle.

Ueber die chemische Beschaffenheit der Wasserkalle hat die wissenschaftliche Forschung bereits einiges Licht verbreitet¹⁾, während hinsichtlich der mörteltechnischen Eigenschaften, namentlich was den Grad der Erhärtungsenergie dieser Kalle anbetrifft, die Literatur Lücken aufweist. Außer den durch die „Mittheilungen“ bekannt gegebenen Versuchsergebnissen hydraulischer Kalle dürften wohl nur die in den „Mittheilungen der Anstalt zur Prüfung von Baumaterialien am eidgenössischen Polytechnikum in Zürich“ (Heft 6. 1893) veröffentlichten Prüfungs-Ergebnisse bekannt und von Bedeutung sein. Im Uebrigen liegen so wenig Erfahrungen auf diesem Gebiete vor, daß man, wie schon oben bemerkt, selbst in Fachkreisen darüber im Unklaren ist, welche Anforderungen man an hydraulische Kalle stellen kann.

Zum besseren Verständniß der nachfolgenden Versuchsergebnisse, deren Veröffentlichung mit Genehmigung der Antragsteller erfolgt, seien zunächst kurz die in der Versuchsanstalt gebräuchlichen Verfahren zur Prüfung von hydraulischen Kallen geschildert.

Der Umfang der einzelnen Untersuchungen, der sich nach dem Zwecke der Prüfung und den Wünschen der Antragsteller richtet, ist außerordentlich verschieden. In Folge des Mangels einheitlicher Prüfungsvorschriften sind die Mischungsverhältnisse der Mörtel und die verwendeten Sande nicht immer dieselben, dennoch ist für die Festigkeitsversuche das Bestreben vorherrschend gewesen, die Prüfung möglichst einheitlich zu gestalten. Diese umfaßt die Ermittlung nachstehender Eigenschaften:

1. Ablöschung und Ergiebigkeit;
2. Gewicht,
 - a) specifisches Gewicht,
 - b) Raumbgewicht des Kalkpulvers in verschiedenen Zuständen (eingelaufen, eingerüttelt und eingefüllt);
3. Glühverlust;
4. Feinheit der Mahlung, bezw. Korngröße;

¹⁾ Dr. W. Michaëlis. Die hydraulischen Mörtel, insbesondere der Portland-Cement. Verlag von Quandt & Händel. Leipzig 1869. — Feichtinger. Chemische Technologie der Mörtelmaterialien. Verlag von Friedrich Vieweg & Sohn. Braunschweig 1885. — H. Hauenschild. Katechismus der Baumaterialien. II. Theil. Die Mörtelsubstanzen. Verlag von Lehmann & Wentzel. Wien 1879. — Mittheilungen aus der Anstalt zur Prüfung von Baumaterialien am eidgenössischen Polytechnikum. Zürich. Heft 6. 1893. S. 140 u. ff.

5. Abbindezeit;
6. Raumbeständigkeit und Haftvermögen am Stein;
7. Mörtelergiebigkeit und Verputzfähigkeit;
8. Zug- und Druckfestigkeit;
9. Haftfestigkeit;
10. Frostbeständigkeit;
11. chemische Zusammensetzung.

Zu 1. Hydraulische Kalk werden theils in Stückform, theils in Pulverform, im letzteren Falle entweder gemahlen, aber nicht abgelöscht oder bereits abgelöscht zur Prüfung eingereicht.

Das gemahlene und abgelöschte Kalkpulver wird je nach Bedarf oder je nach Wunsch des Einsenders entweder sofort oder erst nach vorherigem Einsumpfen (in reinem Zustande oder als Kalksandgemisch) zu Mörtel verarbeitet. Erzeugnisse, die ohne Weiteres zur Mörtelbereitung verwendet werden können, sind in vielen Fällen keine eigentlichen hydraulischen Kalk, sondern entweder römische Cemente oder Gemische aus gelöschtem Kalkpulver und Portland-Cement oder sonstige Abfallstoffe der Portland-Cement- oder Kalkfabrikation.

Die Ablöschung des Stückkalkes geschieht nach folgendem Verfahren:

Der bis zur Walnußgröße zerkleinerte und auf einem Siebe mit 1 Masche auf 1 qcm abgefeichte Kalk wird in engmaschigen Drahtkörben solange unter Wasser getaucht, bis die hierbei bekanntlich eintretende Blasenbildung aufhört, dann in mit Blech beschlagenen Holzkästen von 37. 37. 40 cm geschüttet, in denen das Zerfallen zu Kalkpulver vor sich geht, und letzteres in den Kästen bis zur Verwendung zur Mörtelbereitung den ersten Tag bedeckt gelagert.

Bestimmt werden außer der Höhe des Wasserverbrauchs Beginn des Löschens, Löschdauer, Gehalt an steinigen Rückständen¹⁾ (ermittelt durch Absieben auf dem 120-Maschen Sieb), Litergewicht und Menge des gewonnenen Kalkpulvers (Ergiebigkeit).

Bei dem in Pulverform eingereichten Kalk wird die Ergiebigkeit in der Weise bestimmt, daß das Pulver mit der erforderlichen Menge Wasser in Holzkästen vorerwähnter Art zu einem fellengerechten Brei angemacht und die Menge des gewonnenen Kalkbreies nach 24-stündigem Lagern ausgemessen wird.

In der Literatur habe ich genaue Angaben über Löschverfahren- oder -versuche und über Ergebnisse solcher Versuche nicht finden können.

Hauenschild²⁾ sagt „Die Wasserkalk werden nur mit soviel Wasser gelösch, daß der Kalk hydratificirt wird und nur unvollkommen quellen kann.“

In der eidgenössischen Festigkeitsanstalt wird nach den „Mittheilungen“ von Tetmajer (Heft 6. S. 51) die „Prüfung auf Lösbarkeit“ anscheinend nur an den dort selbst hergestellten Probebränden ausgeführt. Das hierbei übliche Verfahren ähnelt dem in der Versuchsanstalt gebräuchlichen. Der Rückstand wird von dem getrockneten Material (250 g) durch Absieben auf dem Siebe mit 144 Maschen für 1 qcm bei 0,3 mm Drahtstärke bestimmt und in Procenten auf das Gewicht der Probe bezogen.

¹⁾ Die Steinrückstände werden bei der Mörtelbereitung entweder ausgehalten oder gemahlen und dem übrigen Kalkpulver zugefugt.

²⁾ H. Hauenschild. Katechismus der Baumaterialien. II. Teil. Die Mörtelsubstanzen. Verlag Lehmann & Wenzel. Wien 1879. S. 110.

Ergebnisse von Ablöschversuchen mit hydraulischem Kalk sind in dem erwähnten Heft, das im Uebrigen eine große Zahl bemerkenswerther Versuchsergebnisse der verschiedenen Arten hydraulischer Bindemittel enthält, nicht verzeichnet. Vermuthlich sind diese sämmtlich in Pulverform eingereicht worden.

Zu 2 a. Das specifische Gewicht wird entweder im lufttrockenen Zustande oder nach dem Trocknen (bei $+98\text{ C}^{\circ}$) bis zur Gewichtsgleichheit mittelst des Volumenometers Erdmenger-Mann bestimmt. Dieser Apparat ist auf Grund der in der Versuchsanstalt gemachten Erfahrungen etwas geändert und seine Handhabung erleichtert worden.

Zu 2 b. Das Raumbgewicht wird in der üblichen Weise durch Einlaufen und Einrütteln in Litergefäße bestimmt.

Zu 3. Der Glühverlust wird in bekannter Weise ermittelt.

Zu 4. Die Mahlfeinheit bezw. Korngröße wird durch Absieben des Materials auf Sieben mit 5000, 2500, 900, 600, 324, 240, 120 und 60 Maschen für 1 qcm von Hand festgestellt.

Zu 5. Die Bestimmung der Abbindezeit bezw. des Erhärtungsanfangs ist nur ausnahmsweise auf Wunsch bei hydraulischen Kalken vorgenommen.

Bei hydraulischen Kalken, die noch der Ablöschung bedürfen, kann von Bestimmung der Abbindezeit oder überhaupt von Beobachtung des Abbindevorganges im eigentlichen Sinne nicht die Rede sein, da diese Kalk, wenn sie mit Wasser in Berührung kommen, zunächst unter Erwärmung aufquellen.

Werden solche abgelöschten Kalk weiter mit Wasser angemacht, so tritt das Abbinden, d. h. der Uebergang aus dem breiartigen beweglichen Zustand in einen festen Körper, nur in Folge Eintrocknens bei gleichzeitig beginnendem Erhärtungsproceß ein.

Für die Prüfung auf Abbindezeit kommen also nur diejenigen Kalk in Betracht, die, ohne abgelösch zu werden, durch Mahlung bis zur Mahlfeinheit nach dem Brennen hergestellt sind und ohne Weiteres verarbeitet werden dürfen.

Diese Erzeugnisse sind indeß keine hydraulischen Kalk im Sinne einer der obigen Begriffserklärungen; sie sind vermuthlich in hoher Hitze gebrannt und nähern sich in ihren Eigenschaften den Portland-Cementen oder den Roman-Cementen.

Bei diesen Erzeugnissen ist die Ermittlung der Abbindezeit wohl angängig; sie wird in solchen Fällen nach dem bekannten auch bei Portland-Cementen üblichen Verfahren (Vicatsche Nadel) ausgeführt; bei hydraulischen Kalken erübrigt sich indessen die Bestimmung des Erhärtungsanfangs und -endes, da diese Kalk stets langsam erhärten. Mit Recht sagt Tetmajer¹⁾:

„Für den täglichen Bedarf des Baugewerbes ist die Kenntniß des Zeitpunkts des Erhärtungsendes weniger belangreich, als derjenige Moment, wo der Erhärtungsproceß soweit vorgerückt ist, daß gewisse äußere, mechanische Einwirkung, wie beispielsweise diejenige des Wassers, bei der Gruppe der vornehmsten Vertreter der hydraulischen Bindemittel wohl auch diejenige mäfiger Fröste auf das Material mehr oder weniger schadlos sind.“

Zu 6. Nach den „Beschlüssen der internationalen Konferenzen“ soll die Raumbeständigkeit von hydraulischen Kalken an dem reinen Material in gleicher Weise wie bei Portland-

¹⁾ Mittheilungen der Anstalt zur Prüfung von Baumaterialien am eidgenössischen Polytechnikum in Zürich. Selbstverlag der eidgenössischen Festigkeitsanstalt. Zürich 1893. Heft 6. S. 96.

Cement vorgenommen werden. In der Versuchsanstalt werden für diese Prüfung neben den reinen Kalken meistens die gleichen Mörtel benutzt, wie sie den Festigkeitsversuchen unterliegen. Aus den in plastischer Steife angemachten Mörteln oder reinen Kalken werden, ebenso wie für die Normen-Raumbeständigkeitsproben von Portland-Cement, Kuchen von 1—1½ cm Dicke in der Mitte und nach dem Rande dünn auslaufend gehalten, auf Glasplatten ausgebreitet und nach ein- oder mehrtägiger Lagerung an der Luft in Wasser von 15—18°C gelegt. Die weitere Beobachtung erstreckt sich darauf, ob sie bis zu 28 Tage Alter eben und rissfrei bleiben. Tetmajer¹⁾ empfiehlt und benutzt für die Prüfung hydraulischer Kalk auf Raumbeständigkeit die 50-procentigen Wasser- oder feuchten Luftbäder. Aus den Ergebnissen einer großen Reihe von Versuchen schließt er:

„Durch 50-procentige Wasser- oder feuchte Luftbäder (ausgeführt nach Art der Dampfdarrproben) lassen sich die Volumenbeständigkeitsverhältnisse hydraulischer Kalk in angemessen kurzer Frist mit Sicherheit bestimmen.“

„Die 50-procentigen Wasser- oder Dampfdarrproben sind ziemlich gleichwerthig; weil vom zufälligen Feuchtigkeitsgrad der Probekörper unabhängig, sind die Warmwasserbad- und die 50-procentigen Dampfdarrproben den trockenen Darrproben vorzuziehen.“

„Die beobachteten Verkrümmungen, die Kanten- und Kerkrißigkeit, die Bildung von Warzen, Ausblühungen oder schuppenförmigen Ablösungen (Abschieferungen) sind Folge des allmählich verlaufenden Nachlöschprocesses körniger Einschlüsse (überbrannte Kalkförner, mangelhaft hydratisirte Mergelkörner). Es ist daher nöthig, die 50-procentigen Wasser- oder die feuchten Luftbäder auf eine Dauer von mindestens 6—8 Stunden auszudehnen.“

„Die den beschleunigten Volumenbeständigkeitsproben zu unterwerfenden Probekörper müssen vollständig abgebunden sein.“

Zahlenmäßig wird das Ausdehnungs- oder Schwindungsvermögen an Mörteln aus hydraulischen Kalken an Prismen von 10 cm Länge und 5 qcm Querschnitt mittelst des Bauschinger'schen Tasterapparates in bekannter Weise ermittelt.

Für die Ermittlung des Haftvermögens des Mörtels am Stein werden die zu prüfenden Mörtel kellengerecht in Kuchenform auf Dachziegel ausgebreitet und unter Wasser gelegt, sobald durch Vorversuche festgestellt ist, daß sie im Wasser nicht mehr aufweichen oder sonstige Zerstörungerscheinungen zeigen.

Zu 7. Für die Prüfung auf Mörtelergiebigkeit werden die Mörtel mauergerecht nach den vorgeschriebenen Mischungsverhältnissen angemacht. Die Menge des aus der Mischung 1 Raumtheil Kalkpulver auf n Raumtheile Sand zu gewinnenden Mörtels ergibt sich, wenn bezeichnet:

r_k das Raumgewicht des Kalkpulvers,

r_s das Raumgewicht des Mauerandes,

w_n das Gewicht des Wassers, das nöthig ist, um die trockene Mischung 1:n in mauergerechten Mörtel zu verwandeln,

r_m das Raumgewicht dieses mauergerechten Mörtels und

$G = r_k + nr_s + w_n$ das Gewicht der angemachten Mörtelmenge

aus: $\frac{G}{r_m} = M$ Liter Mörtel.

¹⁾ Mittheilungen der Anstalt zur Prüfung von Baumaterialien am eidgenössischen Polytechnikum in Zürich. Selbstverlag der eidgenössischen Festigkeitsanstalt. Zürich. Heft 6. S. 182.

Da $1 + n$ Liter trockenen Materials M Liter mauergerechten Mörtel ergeben, so ist die Ergiebigkeit von Mörtel aus der Mischung $1:n$

$$E = \frac{M}{1+n}.$$

Nachstehend sei die Art der Ergiebigkeitsbestimmung an zwei Beispielen erläutert.

Mörtelmischung	Raumgewicht des		Wasserzusatz für mauergerechten Mörtel		Gewicht der angemachten Mörtelmenge $r_k + r_s + w_n$ $= G$ kg	Raumgewicht des Mörtels r_m	Rauminhalt des erzielten Mörtels $M = \frac{r_k + r_s + w_n}{r_m}$	Ergiebigkeit $E = \frac{M}{1+n}$
	Kalkpulvers ¹⁾	Mauer-sandes ¹⁾	Gewicht w_n	‰ ²⁾				
	r_k	r_s						
Fein gemahlener Kalk.								
1:0	0,746	0	0,450	60,3	1,196	1,513	0,790	0,790
1:1	0,746	1,668	0,580	24,0	2,994	1,909	1,568	0,784
1:2	0,746	3,336	0,751	18,4	4,883	1,979	2,442	0,814
1:3	0,746	5,004	1,058	18,4	6,808	1,971	3,454	0,864
1:5	0,746	8,340	1,772	19,5	10,858	1,956	5,551	0,925
Cementkalk in Pulverform.								
1:0	0,810	0	0,600	74,1	1,410	1,565	0,901	0,576
1:1	0,810	1,644	0,659	28,3	3,149	1,928	1,633	0,817
1:2	0,810	3,688	1,021	22,7	5,519	1,988	2,776	0,925
1:3	0,810	4,932	1,269	22,1	7,011	1,980	3,541	0,885
1:5	0,810	8,220	2,023	22,4	11,053	1,959	5,642	0,940

Die Verputzfähigkeit der Wasserkalkmörtel wird ebenso wie die von Mörteln anderer Bindemittel erprobt, indem die kellengerecht angemachten Mörtel auf die Seitenflächen eines aus Rathenover Mauersteinen gemauerten Pfeilers aufgetragen und sachgemäß verputzt werden. Das Verhalten der Mörtel beim Fugen und das Verhalten der Fugflächen den Witterungseinflüssen gegenüber wird beobachtet.

Zu 8. Mörtel für die Festigkeitsversuche.

Die „Konferenzbeschlüsse“ schlagen als Normenmörtel für die Festigkeitsprüfungen die Mischung 1 Gew.=Thl. Bindemittel + 3 Gew.=Thl. Normalsand vor. Die Mörtelproben sollen einen Tag an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser erhärten.

In der Versuchsanstalt legt man das Hauptgewicht auf die Prüfung des Kalkes in den gebräuchlichsten Mischungen, weil sich gezeigt hat, daß damit den Wünschen der Kalkinteressenten auf praktische Erprobung ihrer Bindemittel am besten entsprochen wird.

Die in den „Konferenzbeschlüssen“ gegebene Vorschrift, daß die Mörtel nur einen Tag an der Luft erhärten, dann unter Wasser gebracht werden sollen, kann übrigens bei hydraulischen Kalken in den wenigsten Fällen inne gehalten werden. Wie die in der Versuchsanstalt gemachten Erfahrungen gelehrt haben und wie auch die Angaben hinsichtlich der Erhärtungsart in den weiter unten folgenden Tabellen beweisen, können die Probekörper aus Kalkmörtel selbst in sehr fetten Mischungen meist erst nach mehrtägiger, manchmal erst nach wochenlanger Er-

¹⁾ Als Raumgewicht wird das arithmetische Mittel aus den Litergewichten für den eingelaufenen und eingerüttelten Zustand zu Grunde gelegt, weil dieses Maß besser den in der Praxis gewonnenen (gemessenen) Raumtheilen der Mörtelbestandteile entspricht, als das Litergewicht für einen der beiden Zustände.

²⁾ Bezogen auf das Gewicht des trockenen Materials.

härtung an der Luft, unter Wasser gebracht werden (die Schweizer „Normen“ schreiben 3 Tage Luftlagerung vor), weil sie sonst zerfallen (nachlöschen) oder aufweichen.

Der einheitlichen Verwendung der Mischung 1 + 3 Normalsand nach Gewichtstheilen stand entgegen, daß vielfach die Kasse in Pulverform, theils unabgelöscht (also nur gemahlen), theils gelöscht eingereicht wurden und die Prüfung häufig mit Mauer- bzw. Bau sand verschiedener Herkunft gewünscht wurde. Dazu kam noch, daß einzelne Antragsteller ihre Kasse in Teigform verarbeitet haben wollten. Hiervon abgesehen, wurden beim Mischen der Mörtel nach Gewichtstheilen die Unterschiede der Mischungen bezüglich der Zusammensetzung bei sonst gleichem Mischungsverhältniß so erheblich (die Litergewichte der aus dem Stückfall gelöschten Kalkpulver schwanken nach den vorliegenden Zahlen zwischen rund 0,650 und 0,850 kg, diejenigen der in Pulverform eingereichten Kasse zwischen rund 1,000 und 1,500 kg¹⁾), daß es zweckmäßiger schien, wenn nicht ausdrücklich seitens der Antragsteller die Mischung nach Gewichtstheilen gewünscht wurde, die Mischungen nach Raumtheilen in Vorschlag und zur Ausführung zu bringen. Wie sehr die Mischungen der verschiedenen Kasse, wenn man den Raumtheilen Gewichtsverhältnisse zu Grunde legt, von einander abweichen, zeigen die in der mehrfach erwähnten Tabelle in Gewichtstheile umgerechneten Mischungsverhältnisse der nach Raumtheilen zusammengesetzten Mörtelmischungen.

Mörtelzusammensetzung.

Den Mörtelmischungen nach Raumtheilen wird seit einiger Zeit das arithmetische Mittel aus den Litergewichten der Mörtelbestandtheile für den eingelaufenen und eingerüttelten Zustand zu Grunde gelegt. Sollten später einheitliche Vorschriften für die Prüfung hydraulischer Kasse aufgestellt werden, so muß bei Festsetzung einer bestimmten Mörtelmischung für die Festigkeitsversuche auf die große Verschiedenheit der Gewichte der Kasse Rücksicht genommen werden.

Bereitung der Mörtel.

Die Beschaffenheit des Mörtels beim Anmachen und die Art der Verarbeitung (Stärke des Mischens und Art des Einschlagens) sind wie bei allen Mörteln auch bei Kalkmörtel maßgebend für dessen Dichte und damit für die spätere Erhärtung, d. h. für die zu erreichende Festigkeit.

Wasserreicher Mörtel liefert bekanntlich geringere Festigkeiten als derselbe Mörtel mit weniger Wasser. Gut durchgearbeiteter Mörtel wird weniger dicht und erhärtet schlechter, als mangelhaft bearbeiteter. In gleicher Weise bewirkt Erhöhung der Schlagarbeit Erhöhung der Dichte und somit der Festigkeit.²⁾

Bei der Prüfung ist daher hinsichtlich des Wasserzuges³⁾ zum Mörtel, Stärke des Mischens der Mörtel und Art des Einschlagens der Probekörper durchaus Einheitlichkeit erforderlich.

¹⁾ In der eidgenössischen Materialprüfungsanstalt wurden als Mindest- und Höchstwerthe der Raumgewichte hydraulischer Kasse, von einem außergewöhnlich leichten Kasse abgesehen, folgende Grenzzahlen gefunden:

	Von Hand eingefüllt	maschinell eingefüllt	maschinell eingerüttelt
Mittelwerth:	0,99 kg	0,83 kg	1,37 kg
Mindestwerth:	0,62 „	0,52 „	0,94 „
Höchstwerth:	1,47 „	1,00 „	1,67 „

²⁾ Ueber die Ursachen der Abweichungen in den Festigkeits-Ergebnissen der Cementprüfung an verschiedenen Orten. Mittheilungen 1898. Heft 1, S. 1 u. ff.

³⁾ Die Wärme des zugesetzten Wassers wird in allen Fällen auf + 17 C⁰ gehalten.

In der Versuchsanstalt wurde von jeher Werth darauf gelegt, den Wasserzusatz zur trockenen Mischung (Kalkpulver und Sand) so zu bemessen oder den Wassergehalt des etwa zu trockenen oder zu feuchten Mörtels aus Kalkteig und Sand so zu regeln, daß die Mörtel erdfuchte Beschaffenheit erlangten, so daß sie sich in der Hand ballen und ohne zu große Wasserabgabe in die Formen schlagen ließen.

Handelt es sich um Kalk, die in Stückform eingereicht und in der Versuchsanstalt zu Pulver abgelöscht werden oder um solche, die in Pulverform zur Verfügung gestellt werden, aber des Ablöschens nicht mehr bedürfen, so wird die Bereitung des Mörtels aus Kalkpulver und Sand in der Weise vorgenommen, daß beide Materialien ebenso wie die Trockenmischung des Normenmörtels aus Portland-Cement zunächst in einer Schüssel eine halbe Minute lang trocken vorgemischt, nach Zusatz der erforderlichen durch Vorversuche bestimmten Wassermenge eine halbe Minute lang feucht gemischt und nach hierauf erfolgter Einbringung in die Schale des Mörtelmischers (Bauart Steinbrück-Schmelzer) unter Anwendung von 20 Schüsselumdrehungen verarbeitet werden.

Kalk, die in Pulverform eingereicht werden, aber noch des Ablöschens (Einsumpfens) bedürfen, werden mit Sand zunächst in den vorgeschriebenen Mischungsverhältnissen trocken gemischt und dann meist mit so viel Wasser verarbeitet, daß ein kellengerichter Mörtel entsteht. Dieser Mörtel lagert eine gewisse vom Antragsteller zu bestimmende Zeit in mit Zinkblech ausgeschlagenen Holzkästen und wird nach Verlauf der vorgeschriebenen Lagerungsdauer, nöthigenfalls unter Zusatz von Wasser, nochmals gut durchgearbeitet; wenn der Mörtel, was gewöhnlich der Fall ist, zum Einschlagen zu feucht ist, wird er auf mit Fließpapier belegten Gipsplatten solange ausgebreitet, bis er den zum Einschlagen geeigneten Feuchtigkeitsgrad erreicht hat.

Die Richtigkeit des Wasserzusatzes wird übergeprüft, indem Proben von Hand mit dem Spatel in die Formen eingeschlagen werden und das Erscheinen der charakteristischen Wasser- bezw. Schlammabsonderung an der Oberfläche des Körpers beobachtet wird.

Einschlagen der Proben.

Während früher die Probekörper für die Festigkeitsversuche (Zugproben in Normalformat mit 5 qcm Zerreißungsquerschnitt und Würfel von 7,1 cm Seitenlänge) mit geeigneten eisernen Spateln von Hand in die Formen eingeschlagen wurden, erfolgt die Herstellung der Probekörper¹⁾ seit einigen Jahren mittelst des Böhmischen Hammerapparates unter Anwendung von 150 Schlägen des 2 kg-Hammers. Abschneiden, Glätten und Entformen der Proben geschieht wie bei den Cementprobekörpern.²⁾

Wärme und Feuchtigkeit der Luft im Laboratorium werden während der Herstellung des Mörtels und der Proben beobachtet und verzeichnet.

Durch Eindrücken des kellengerichten Mörtels in die Form sind bisher in der Versuchsanstalt noch keine Mörtelkörper hergestellt worden.

Lagerung der Proben.

Die Proben werden nach erfolgter Fertigstellung in die hierzu bestimmten, auf dem Boden mit feuchtem Fließpapier belegten Blechkästen gesetzt und die Zugproben nach einer halben Stunde, die Druckproben nach 20 Stunden entformt. Der für die Lufterhärtung be-

¹⁾ Die Mörtelmenge für jede Zug- und Druckprobe wird abgewogen.

²⁾ Apparate und Geräte zur Prüfung von Portland-Cement. Mittheilungen 1896.

stimmte Theil der Proben wird nach 24 Stunden Lagerung im Kasten in den Erhärtungsraum gebracht, während die für die Wassererhärtung bestimmten Proben solange in den Kästen verbleiben, bis ihre Beschaffenheit die Unterwassersezung gestattet. Der Zeitpunkt, wann dies möglich ist, wird durch Vorversuche festgestellt, und zwar wird vom zweiten Tage ab täglich je ein überschüssiger Zug- und ein Druckprobekörper unter Wasser gesetzt und auf sein Verhalten (Aufweichen, Rissigwerden oder Zerfallen) beobachtet. Sobald diese Proben einen Tag unter Wasser lagern können, ohne sich äußerlich zu verändern, werden die übrigen Probekörper ebenfalls unter Wasser gesetzt, dessen Wärme zwischen 15—18 C° schwankt, und darin bis zur Prüfung aufbewahrt.

Erhärtungsdauer.

Die übliche Prüfung ist die nach 28 Tagen. Da indeß die Kalkmörtel im Allgemeinen nur eine geringe Erhärtungsenergie aufweisen, und die Kenntniß des Erhärtungsfortschrittes der Mörtel von Werth ist, wird dem Antragsteller die Ausdehnung der Festigkeitsversuche auf höhere Altersstufen empfohlen.

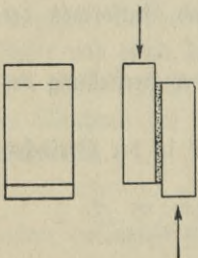
Prüfung.

Die Prüfung der Zugproben erfolgt mittelst des Normalzugapparates (Bauart Frühling-Michaëlis) und die der Würfel gewöhnlich auf der 2t-Presse (Bauart Amster-Laffon), und wenn die Kraftleistung dieser Maschine nicht ausreicht, auf der 32t-Presse gleicher Bauart. Für jede Altersstufe werden 10 Zug- und 10 Druckprobekörper geprüft. Das Raumgewicht $\left(\frac{\text{Gewicht}}{\text{Rauminhalt}}\right)$ der Proben wird an je 5 Zug- und 5 Druckprobekörpern bestimmt, und zwar bei 2 Tagen Alter, am Tage des Einlegens in Wasser und kurz vor der Prüfung auf Festigkeit.

Zu 9. Für die Prüfung auf Haftvermögen am Stein werden je zwei Rathenower Ziegelsteine mit dem zu prüfenden Mörtel kreuzweise aufeinander gemauert und 24 Stunden lang mit je 5 kg belastet, um eine Verdichtung der Mörtelfuge zu erzielen. Die Fuge wird, wie beim Mauern in der Praxis üblich, etwa 1 cm dick gewählt.

Nach der vorgeschriebenen Erhärtungsdauer werden die Versuchsstücke senkrecht zur Fugenfläche von einander gerissen, wobei darauf geachtet wird, daß Biegungsspannungen nach Möglichkeit vermieden werden.

Einige Versuchsreihen auf Schubfestigkeit sind in der Weise ausgeführt worden, daß zwei nach Maßgabe nebenstehender Skizze mit dem Probemörtel aneinander gemauerte Rathenower



Ziegelsteine bei dem vorgeschriebenen Alter der Mörtelfuge parallel zur Ebene ihrer Lagerflächen verschoben wurden. Bereits Bauschinger¹⁾ hat dieses Abscheerverfahren in fast gleicher Form zur Anwendung gebracht; weil er erkannte, daß durch die Abreißversuche, bei denen das Mörtelband senkrecht zur Zugrichtung stand, die wirkliche Haftfestigkeit des Mörtels am Stein nicht bestimmt wird, sondern „entweder die Zugfestigkeit des Mörtels in der Fuge oder die des Steines überwunden werden oder der Mörtel vom Stein reißen mußte, je nach der Größe des ersteren oder der Adhäsion des Mörtels am Stein.“

Zu 10. Die Prüfung auf Frostbeständigkeit geschieht wie bei den Portland-Cementen. Die Mörtelproben werden bei dem vorgeschriebenen Alter dem Froste bei —10 bis —15 C°

¹⁾ F. Bauschinger: Mittheilungen aus dem mechanisch-techn. Laboratorium der k. Polytechnischen Schule in München. Verlag von Theodor Ackermann, München 1873. Heft 1. S. 15.

ausgesetzt und nach 4-stündiger Frostbeanspruchung 4 Stunden lang aufgethaut. Dieses Verfahren wird so oft als gewünscht wiederholt.

Zu 11. Die chemische Zusammensetzung der Kalkes wird in der üblichen Weise ermittelt.

B. Ergebnisse der Prüfungen aus den Betriebsjahren 1896 bis 1903.

Im Anschluß an diese Schilderung der zur Zeit in der Versuchsanstalt üblichen Verfahren zur Prüfung von hydraulischen Kalken seien nachstehend die Ergebnisse der in den Betriebsjahren 1896 bis 1903 ausgeführten Untersuchungen solcher Kalkes mitgetheilt.

Bereits im Jahre 1894 wurden die Ergebnisse einer größeren Reihe von Kalkprüfungen veröffentlicht. Diese Zusammenstellung umfaßt sowohl Luftkalkes und hydraulische Kalkes, als auch Traß-Kalkmörtel. Die Ergebnisse der wesentlichsten Prüfungen hydraulischer Kalkes aus der früheren Veröffentlichung sind den vorliegenden angefügt, um eine breitere Grundlage für die Beurtheilung der Wasserkalkes zu gewinnen. In Anbetracht der häufigen Anfragen nach den Anforderungen, die man an hydraulische Kalkes zu stellen berechtigt ist, und angesichts der allgemein herrschenden Unkenntniß über die Erhärtungseigenschaften der Mörtel aus hydraulischen Kalken, ist die Gegenüberstellung einer größeren Zahl von Prüfungsergebnissen geradezu Bedürfniß geworden.

Den Antragstellern, die ihr Einverständniß zur Veröffentlichung der Versuchsergebnisse erklärt haben, sei an dieser Stelle der Dank ausgesprochen.

Die Spalten 3—6 der nachfolgenden Tabelle enthalten die Ergebnisse der allgemeinen Versuche. Die Angaben der Spalten 7—9 betreffen die Mörtelmischung der Festigkeitsproben, während in der Spalte 10 die Zahlen für die Zug- und Druckfestigkeit in kg/qcm angegeben sind, und zwar als Mittelwerthe aus je einer Reihe von 10 Einzelversuchen.

Die Einordnung der verschiedenen Kalkes erfolgte in der Reihenfolge ihres Eingangs. Für diese Eintheilung war die Erwägung maßgebend, daß die Kalkes gleicher Behandlungsweise (was Mischen des Mörtels und Herstellung der Festigkeitsprobekörper anbetrißt) aufeinander folgen konnten. So ist bei den Kalken Nr. 1—40 das Mischen des Mörtels von Hand, bei den übrigen Kalken, soweit sie nicht mit dem Sande zusammen eingesumpft wurden, durch den Mörtelmischer (Bauart Steinbrück-Schmelzer) vorgenommen worden. Bis einschließlic Kalk Nr. 20 sind die Probekörper für die Festigkeitsversuche von Hand mittelst Spatel und bei den weiteren maschinell auf dem Hammerapparat eingeschlagen worden. Die Einführung der Maschinenarbeit erfolgte, einerseits um den Einfluß der Persönlichkeit bei der Proben-Anfertigung auszuschließen, andererseits um die Versuchsergebnisse mit denen der maschinell eingeschlagenen Proben anderer Bindemittel (Portland-Cement, Traß, Kalk u. s. w.) vergleichbar zu machen.

Eine andere Gruppierung der Kalksorten als die gewählte, etwa nach Höhe der Festigkeiten oder nach anderen Eigenschaften, verbot sich mit Rücksicht darauf, daß die Kalkes meist in mehreren und ihrer Zusammensetzung nach verschiedenen Mischungen und mit verschiedenen Sanden geprüft wurden. Aus vorstehenden Gründen und auch, weil die Behandlungsweise der Kalkes in Bezug auf Art der Verarbeitung zu Mörtel (mit oder ohne Ablöschen, Einsumpfen vor oder nach dem Mischen mit dem Sande) sehr verschieden ist, wird der Vergleich der Eigenschaften der verschiedenen Kalksorten außerordentlich erschwert.

Aus den Ergebnissen tritt zunächst der große oben bereits hervorgehobene Unterschied in den Vitergewichten des aus dem in Stückform eingereichten Kalkes durch Löschen gewonnenen

B Nr.	1 Laufende Nr.	2 Bezeichnung bezw. Ursprung der Materialien. Name des Antragstellers	3 Gewicht für 1 Liter		4 Spezi- fisches Gewicht	5 Stüb- verlust %	6 Mahlfeinheit bezw. Korngröße							
			eingelau- fen kg	eingerüttelt kg			Rückstand in % auf den Sieben mit der oberschriebenen Anzahl Maschen für 1 qcm							
							5000	2500	900	600	324	240	120	60
5196	1	Eriener Kalk. Antr.: Carl Christian Schneider und Co. in Steeden a. d. Fahr.	0,495	0,869	3,008	—	18,0	—	6,0	3,5	2,0	1,0	0,0	—
5197	2	Beckumer Wasserfall Antr.: dieselben.	0,492	0,916	2,913	—	11,0	—	5,0	3,0	2,5	2,0	1,0	0,5
5260	3	Kalk. Antr.: W. Wesemann in Kasi bei Maddeckenstedt.	0,403	0,659	2,679	—	6,0	4,0	2,0	1,0	0,5	0,3	0,1	—
5387	4	Gebrannter Stückkalk aus dem Kalkwerk von E. Kubel zu Schraplau.	0,498	0,713	2,857	—	12,0	8,0	7,0	5,5	4,0	3,0	1,5	0,5

7 Mörtelmischung ¹⁾ der Festigkeitsproben (Wasseranspruch %)	8 Raum- Gewicht der Zug- proben g/ccm		9 Art der Er- härtung	10 Festigkeit								Bemerkungen
	Zug- proben g/ccm	Druck- proben g/ccm		Zugfestigkeit				Druckfestigkeit				
				in kg/qcm nach Tagen								
				7	28	60	90	7	28	60	90	
1 G.-L. Kalkpulver + 2 " Normalsand (15,0%)	Nach dem Einschlagen 2,127	2,110	5 Tage Luft, dann Wasser.	—	1,93	—	5,85	—	17,3	—	50,6	Der Kalk wurde zu Kalkpulver abgelöst. Löschbeginn nach 20 Min. Löschdauer: 60 Min. Wasseranspruch: 38%. Die Herstellung der Proben erfolgte 20 Tage nach dem Ablösen des Kalkes. Mischen des Mörtels u. Einschlagen der Proben von Hand.
Desgl.	2,127	2,110	Nur Luft.	—	3,77	—	5,35	—	14,8	—	19,7	
1 G.-L. Kalkpulver + 4 " Normalsand (11,5%)	2,155	2,152	5 Tage Luft, dann Wasser.	—	1,32	—	4,35	—	7,8	—	29,1	
Desgl.	2,155	2,152	Nur Luft.	—	2,89	—	5,05	—	8,7	—	16,4	
1 G.-L. Kalkpulver + 2 " Normalsand (13,5%)	2,099	2,096	3 Tage Luft, dann Wasser.	—	4,20	—	14,05	—	27,6	—	85,8	
Desgl.	2,099	2,096	Nur Luft.	—	4,19	—	7,70	—	24,9	—	30,5	
1 G.-L. Kalkpulver + 4 " Normalsand (11,0%)	2,141	2,138	3 Tage Luft, dann Wasser.	—	2,66	—	9,20	—	13,9	—	54,0	
Desgl.	2,141	2,138	Nur Luft.	—	3,20	—	6,30	—	12,5	—	22,6	
1 G.-L. Kalkpulver + 2 " Normalsand (16,0%)	1,972	1,972	3 Tage Luft, dann Wass. er.	—	3,44	—	7,79	—	17,9	—	43,5	
Desgl.	1,972	1,972	Nur Luft.	—	3,28	—	6,45	—	21,1	—	37,9	
1 G.-L. Kalkpulver + 4 " Normalsand (12,0%)	2,014	2,017	3 Tage Luft, dann Wasser.	—	2,48	—	5,90	—	10,1	—	24,6	
Desgl.	2,014	2,017	Nur Luft.	—	2,59	—	5,65	—	12,5	—	30,5	
1 G.-L. Kalkpulver + 2 " Normalsand (16,0%)	2,014	2,008	3 Tage Luft, dann Wasser.	—	6,65	—	11,95	—	43,9	—	72,1	
Desgl.	2,014	2,008	Nur Luft.	—	12,25	—	18,20	—	55,6	—	76,2	
1 G.-L. Kalkpulver + 4 " Normalsand (12,0%)	2,070	2,068	3 Tage Luft, dann Wasser.	—	5,50	—	9,80	—	32,9	—	53,3	
Desgl.	2,070	2,068	Nur Luft.	—	9,95	—	15,10	—	43,0	—	60,0	

¹⁾ G.-L. bedeutet Gewichtsteile. R.-L. bedeutet Raumteile.
Der Normalsand hat = R_f = 1,404 kg; R_r = 1,684 kg; s = 2,661; b = 0,633; u = 0,807.

B Nr.	1 Laufende Nr.	2 Bezeichnung bzw. Ursprung der Materialien. Name des Antragstellers	3 Gewicht für 1 Liter		4 Spezi- fisches Gewicht	5 Stüh- verlust %	6 Mahlfeinheit bzw. Korngröße							
			eingelau- fen kg	eingerül- telt kg			Rückstand in % auf den Sieben mit der überschriebenen Anzahl Maschen für 1 qcm							
							5000	2500	900	600	324	240	120	60
8317	9	Dolomitskalk aus dem Dolomitgebirge und Kalkwerk Bärenstein, Gemeinde Büschbach bei Stolberg (Rhld.).	0,427	0,658	2,215	—	18,0	10,0	8,0	2,0	1,0	—	—	—
8918 8920	10	Hydraulischer Kalk in Pulverform. Ursprungsangabe nicht gestattet.	0,600	1,000	—	—	6,0	2,0	0,0	—	—	—	—	—
9094	11	Cementkalk aus dem in dem Unterrisdorfer Flur belegenen Cementkalkwerk von Buschau u. Rath zu Eisleben.	0,980 ¹⁾ zu Kalkteig ab- gelöst 1,507	1,414 ¹⁾	2,294	—	42,0	36,0	23,0	14,0	7,0 ²⁾	—	—	—
9581	12	Hydraulischer Kalk in Pulverform abgelöst. Ursprung nicht angegeben.	0,630	1,011	—	—	22,0	16,0	7,0	3,0	0,5	—	—	—

¹⁾ Gewichtszahlen für das ungelöschte Cementpulver.

²⁾ Der Rückstand des ungelöschten Kalkpulvers betrug auf 240 Maschen für 1 qcm 3,0%, auf 180 Maschen für 1 qcm 0,0 %.

7 Mörtelmischung der Festigkeitsproben (Wasseranspruch %)	8 Raum- gewicht der Zug- proben g/cem		9 Art der Er- härtung	10 Festigkeit								Bemerkungen		
	Zugfestigkeit								Druckfestigkeit					
	in kg/qcm nach Tagen													
	7	28		60	90	7	28	60	90					
1 G.-L. Kalkpulver + 3 " Normalsand (13,75%)	Nach dem Einschlagen 2,070	2,070	Nur Luft.	—	7,05	—	10,45	—	30,2	—	52,0	—	Der Kalk wurde zu Kalkpulver abgelöst. Löschbeginn nach 3 Min. Löschdauer: 8 Min. Wasseranspruch: 31%. Die Herstellung der Proben erfolgte 6 Tage nach dem Ablösen des Kalkes. Mischen des Mörtels und Einschlagen der Proben wie unter 1.	
1 G.-L. Kalkpulver + 5 " Normalsand (11,75%)	2,113	2,107	Nur Luft.	—	5,53	—	6,73	—	24,7	—	38,3	—		
1 R.-L. Kalkpulver + 2 " Normalsand (11,0%)	2,169	2,166	3 Tage Luft, dann Wasser ³⁾ .	—	5,30	7,60	8,68	—	26,9	41,7	57,2	—	Der Kalk wurde im Anlieferungszustande verarbeitet. Mischen des Mörtels u. Einschlagen der Proben wie unter 1.	
Desgl.	2,169	2,166	Nur Luft.	—	5,55	6,45	—	—	30,9	36,6	48,5	—		
1 R.-L. Kalkpulver + 3 " Normalsand (9,75%)	2,183	2,177	3 Tage Luft, dann Wasser ³⁾ .	—	3,78	5,60	6,50	—	20,2	29,2	43,8	—		
Desgl.	2,183	2,177	Nur Luft.	—	3,79	4,28	—	—	23,6	26,9	36,6	—		
1 R.-L. Kalkpulver + 4 " Normalsand (8,5%)	2,042	2,042	3 Tage Luft, dann Wasser ³⁾ .	—	2,87	3,74	4,80	—	15,8	23,9	28,7	—		
Desgl.	2,042	2,042	Nur Luft.	—	2,92	3,27	—	—	19,1	21,3	26,4	—		
1 R.-L. Kalkteig + 2 " Normalsand (11,1%)	2,169	2,166	3 Tage Luft, dann Wasser.	—	2,21	3,85	4,70	—	16,1	24,5	31,1	—	Der Kalk wurde durch Zusatz von Wasser zu Kalkteig angemacht. Die Herstellung der Proben erfolgte 3 Tage nach dem Ablösen des Kalkes. Mischen des Mörtels u. Einschlagen der Proben wie unter 1.	
Desgl.	2,169	2,166	Nur Luft.	—	3,70	4,95	5,75	—	19,5	29,6	36,1	—		
1 R.-L. Kalkteig + 3 " Normalsand (8,7%)	2,070	2,065	3 Tage Luft, dann Wasser.	—	2,14	2,53	3,27	—	9,7	14,8	19,4	—		
Desgl.	2,070	2,065	Nur Luft.	—	3,63	4,22	4,65	—	13,0	19,2	24,8	—		
1 G.-L. Kalkpulver + 3 " Normalsand (11,0%)	2,211	2,206	3 Tage Luft, dann Wasser.	—	1,18	—	—	10,0	18,1	—	—	—	Der Kalk wurde im Anlieferungszustande verarbeitet. Mischen des Mörtels u. Einschlagen der Proben wie unter 1.	
Desgl.	2,211	2,206	Nur Luft.	5,64	6,95	—	—	23,5	35,9	—	—	—		
1 G.-L. Kalkpulver + 4 " Normalsand (10,0%)	2,141	2,135	3 Tage Luft, dann Wasser.	0,64	0,84	—	—	8,0	12,3	—	—	—		
Desgl.	2,141	2,135	Nur Luft.	4,46	5,1	—	—	16,9	24,8	—	—	—		

¹⁾ Die Zugfestigkeit betrug für 1 Jahr alte Proben: 10,40 kg für 1 qcm, die Druckfestigkeit: 63,2 kg für 1 qcm.

²⁾ " " " " 1 " " " " 7,80 " " 1 " " " " 47,0 " " 1 " "

³⁾ " " " " 1 " " " " 5,24 " " 1 " " " " 32,0 " " 1 " "

(Für Luftproben: ¹⁾ 65,3 kg/qcm; ²⁾ 48,8 kg/qcm; ³⁾ 36,7 kg/qcm.)

B Nr.	1 Laufende Nr.	2 Bezeichnung bezw. Ursprung der Materialien. Name des Antragstellers	3 Gewicht für 1 Liter		4 Spezi- fisches Gewicht	5 Stäub- verlust %	6 Mahlfeinheit bezw. Korngröße													
			einge- laufen kg	einge- rüttelt kg			Rückstand in % auf den Sieben mit der überschriebenen Anzahl Maschen für 1 qcm													
							5000	2500	900	600	324	240	120	60						
10680	13	Cementkalk der Kalkwerke Gänsefurth bei Heddingen i. Anhalt.	1,077	1,418 zu Kalkteig ab- gelöst 1,461	—	—	36,0	28,0	24,0	20,0	18,0	16,0	13,0	7,0						
10850	14	Wasserkalk des Kalkwerkes Westfalica Hoholte und Co. zu Geseke i. W.	0,483	0,742	2,986	—	8,0	0,6	0,5	0,3	0,2	—	—	—						
54	15	Hydraulischer Kalk aus der Kalkbrennerei von C. Benner zu Hornborn-seebach, Reg.-Bez. Wiesbaden (Stückkalk).	3u Kalkpulver abgelöst 0,434 0,781		2,391	—	4,0	2,0	0,6	0,4	0,0	—	—	—						
143	16	Hydraulischer Kalk aus dem hydraulischen und Natur-Kalkwerk von Kennillery (Kalkpulver) Antr.: A. Werner zu Straßburg i. E.	Im Anlieferungs- zustande 0,632 1,067		2,516	16,9	14,0	6,0	0,3	0,0	—	—	—	—						

7 Mörtelmischung der Festigkeitsproben (Wasseranspruch %)	8 Raum- gewicht der		9 Art der Er- härtung	10 Festigkeit								Bemerkungen
	Zug- proben g/ccm	Druck- proben g/ccm		Zugfestigkeit				Druckfestigkeit				
				in kg/qcm nach Tagen								
						7	28	60	90	7	28	
1 N.-L. Kalkteig + 1 " Normalsand (19,0%)	2,042	2,037	3 Tage Luft, dann Wasser.	—	3,17	6,80	8,55	—	21,4	40,2	54,4	Der Cementkalk wurde in Pulverform eingereicht u. für die Prüfung zu Kalkteig abgelöst. Die Ablösung war in 25 Minuten beendet. Die Herstellung der Proben erfolgte 8 Tage nach dem Ablösen des Kalkes. Mischen des Mörtels u. Einschlagen der Proben wie unter 1.
Desgl.	2,042	2,037	Nur Luft.	—	5,04	6,25	8,65	—	26,3	24,2	26,4	
1 N.-L. Kalkteig + 2 " Normalsand (12,5%)	2,141	2,141	3 Tage Luft, dann Wasser.	—	3,27	5,00	5,95	—	21,6	36,3	41,1	
Desgl.	2,141	2,141	Nur Luft.	—	4,27	5,25	6,15	—	19,7	20,7	26,1	
1 N.-L. Kalkpulver + 2 " Normalsand (10,0%)	2,169	2,169	3 Tage Luft, dann Wasser.	—	3,13	6,35	8,70	—	17,6	30,4	44,9	Der Kalk wurde zu Kalkpulver abgelöst. Löslich. Löslichbeginn nach 1 Min. Löslichdauer: 4 Min. Wasseranspruch: 33,5%. Die Herstellung der Proben erfolgte 9 Tage nach dem Ablösen des Kalkes. Mischen des Mörtels u. Einschlagen der Proben wie unter 1.
Desgl.	2,169	2,169	Nur Luft.	—	4,41	5,85	5,95	—	14,8	23,8	29,8	
1 N.-L. Kalkpulver + 3 " Normalsand (8,0%)	2,000	2,000	3 Tage Luft, dann Wasser.	—	3,26	5,29	7,90	—	12,8	17,3	24,5	
Desgl.	2,000	2,000	Nur Luft.	—	3,62	3,77	4,65	—	11,2	17,1	20,1	
1 N.-L. Kalkpulver + 2 " Normalsand (12,0%) Mischungsverhältnis in G.-L. rund 1:4,2	2,042	2,051	8 Tage Luft, dann Wasser.	—	18,9	—	4,4	—	17,2	—	23,2	Der Kalk wurde zu Kalkpulver abgelöst. Löslichbeginn nach 2 Min. Löslichdauer: 3 Min. Wasseranspruch: 31,8%. Steinige Rückstände: gering. Das Kalkpulver lagerte 10 Tage. Mischen des Mörtels und Einschlagen d. Proben wie unter 1.
1 N.-L. Kalkpulver + 4 " Normalsand (7,0%) Mischungsverhältnis in G.-L. rund 1:8,4	1,817	1,814	10 Tage Luft, dann Wasser.	—	2,18	—	4,2	—	11,3	—	13,9	
1 N.-L. Kalkpulver + 3 " Normalsand (10,0%) Mischungsverhältnis in G.-L. rund 1:4,5	1,972	2,014	1 Tag Luft, dann Wasser.	2,4	4,3	—	—	2,4	6,6	—	—	Der Kalk wurde im Anlieferungszustande bearbeitet. Mischen des Mörtels und Einschlagen der Proben wie unter 1.

B Nr.	1 Laufende Nr.	2 Bezeichnung bzw. Ursprung der Materialien. Name des Antragstellers	3 Gewicht für 1 Liter		4 Spezi- fisches Gewicht	5 Stüh- verlust %	6 Mahlfeinheit bzw. Korngröße							
			eingelau- fen kg	eingerüttelt kg			Rückstand in % auf den Sieben mit der überschriebenen Anzahl Maschen für 1 qcm							
							5000	2500	900	600	324	240	120	60
159	17	Wasserkalk (Stückkalk) Ursprungsangabe nicht gestattet.	Zu Kalkpulver gelöst 0,355	0,690	2,424	16,5	2,0	1,2	0,3	0,0	—	—	—	—
348	18	Hydraulischer Kalk (Kalkpulver). Ursprungsangabe nicht gestattet.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
449	19	Hydraulischer Kalk (Kalkpulver). Ursprungsangabe nicht gestattet.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
509	20	Hydraulischer Kalk (Kalkpulver). Ursprungsangabe nicht gestattet.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
589	21	Cementkalk aus der Cementfabrik F. A. Robert Müller & Co. zu Schönebeck a. Elbe. (Kalkpulver.)	Im Anlieferungszustande 0,494	0,865	2,483	16,8	5,0	3,8	0,0	—	—	—	—	

7 Mörtelmischung ¹ der Festigkeitsproben (Wasseranspruch %)	8 Raum- Gewicht der		9 Art der Er- härtung	10 Festigkeit								Bemerkungen	
	Zug- proben g/ccm	Druck- proben g/ccm		Zugfestigkeit				Druckfestigkeit					
				in kg/qcm nach Tagen									
				7	28	60	90	7	28	60	90		
1 K.-L. Kalkpulver + 1 " Normalsand (11,0%)	2,113	2,189	6 Tage Luft, dann Wasser.	—	1,42	1,95	2,43	—	5,3	8,1	12,5	Der Kalk wurde zu Kalkpulver abgelöst. Löschbeginn nach 1 Min. Löschdauer: 29 Min. Wasseranspruch: 37,9%. Steinige Rückstände: 3,3%. Das Kalkpulver lagerte 2 Tage. Mischen des Mörtels und Einschlagen der Proben wie unter 1.	
Mischungsverhältnis in G.-L. rund 1:2,4 Desgl.	2,113	2,189	Nur Luft.	—	4,92	5,4	5,5	—	16,0	21,3	25,8		
1 K.-L. Kalkpulver + 2 " Normalsand (8,0%)	1,915	1,986	7 Tage Luft, dann Wasser.	—	2,70	2,6	2,9	—	2,8	3,0	4,0		
Mischungsverhältnis in G.-L. rund 1:4,8 Desgl.	1,915	1,986	Nur Luft.	—	4,19	4,5	4,5	—	12,2	14,9	15,9		
1 K.-L. Kalkpulver + 3 " Normalsand (6,0%)	1,732	1,876	8 Tage Luft, dann Wasser.	—	1,57	0,88	1,24	—	1,7	2,5	1,9		
Mischungsverhältnis in G.-L. rund 1:7,2 Desgl.	1,732	1,876	Nur Luft.	—	1,83	1,47	2,0	—	5,6	5,0	7,1		
1 G.-L. Kalkpulver + 3 " Normalsand (10,0%)	2,114	2,211	Nur Luft.	—	2,38	—	—	—	14,2	—	—		Der Kalk wurde im Anlieferungszustande verarbeitet. Mischen des Mörtels und Einschlagen der Proben wie unter 1.
Desgl.	2,114	2,211	1 Tag Luft, dann Wasser.	—	1,74	—	—	—	12,0	—	—		
1 G.-L. Kalkpulver + 3 " Normalsand (10,8%)	2,113	2,264	1 Tag Luft, dann Wasser.	—	9,5	—	—	—	63,7	—	—		Der Kalk wurde im Anlieferungszustande verarbeitet. Das Material ist wahrscheinlich ein mit Cement gemischter Kalk. Mischen des Mörtels und Einschlagen der Proben wie unter 1.
Desgl.	2,113	2,264	Nur Luft.	—	17,4	—	—	—	80,5	—	—		
1 G.-L. Kalkpulver + 3 " Normalsand (12,0%)	2,259	2,197	1 Tag Luft, dann Wasser.	Die nach 1 Tag Lufterhärtung unter Wasser getesteten Proben trieben und wurden völlig rissig, so daß ihre Prüfung nicht möglich war.								Der Kalk wurde im Anlieferungszustande verarbeitet. Mischen des Mörtels und Einschlagen der Proben wie unter 1.	
Desgl.	2,259	2,197	Nur Luft.	—	6,6	—	—	—	31,0	—	—		
1 K.-L. Kalkpulver + 3 " Normalsand (9,0%) (Mischungsverhältnis in G.-L. rund 1:8,4)	1,924	1,913	1 Tag Luft, dann Wasser.	—	2,63	—	5,9	—	7,1	—	17,8	Der Kalk wurde im Anlieferungszustande verarbeitet. Mischen des Mörtels von Hand. Einschlagen der Proben auf dem Hammerapparat.	
Desgl.	1,924	1,913	Nur Luft.	—	2,62	—	4,8	—	11,6	—	23,2		

B Nr.	1 Laufende Nr.	2 Bezeichnung bzw. Ursprung der Materialien. Name des Antragstellers	3 Gewicht für 1 Liter		4 Spezi- fisches Gewicht	5 Glüh- verlust %	6 Mahlfeinheit bzw. Korngröße							
			eingelau- fen kg	eingel- rüttelt kg			Rückstand in % auf den Sieben mit der übergeschriebenen Anzahl Maschen für 1 qcm							
							5000	2500	900	600	324	240	120	60
758	26	Dolomittkalk (Kalkpulver) Ursprungsangabe nicht gestattet.	Zu Pulver abgelöscht. 0,413	0,714	2,177	27,49	17,0	13,0	2,6	1,0	0,6	0,2	0,0	—
765	27	Graukalk aus dem Kalkwerk von Emil Hornheim zu Köstritz Neuß j. L. (Stückkalk); Berliner Bausand.	Zu Kalkpulver abgelöscht. 0,404 0,760 Berliner Bausand 1,535 1,842	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
782	28	Kalk aus dem Kalkwerk von Gustav Kruse, Dampfziegelei und Cementfabrik Landbau zu Grünberg i. Schl. (Kalkpulver) ¹⁾ .	Im Anlieferungszustande 0,806 1,391 Nach dem Ablöschen mit 7,5 % Wasser 0,706 1,181	—	—	26,0	24,0	14,0	10,0	6,0	4,0	0,0	—	—
830	29	Hydraulischer Kalk aus den Beosfner Cementfabriken „Union“ Redlich, Ohrenstein & Spitzer zu Beosfu in Ungarn (Kalkpulver) ²⁾ .	Im Anlieferungszustande 0,771 1,236	2,693	17,28	31,0	27,0	6,0	2,4	0,4	0,0	—	—	—

¹⁾ Chemische Zusammensetzung des abgelöschten Kalkpulvers, bezogen auf den ausgeglühten (wasser- und kohlenstofffreien) Zustand:

Kalk	55,50 %
Magnesia	32,92 "
Kieselsäure	2,96 "
Thonerde und Eisenoxyd	2,67 "
Manganoxydhydrat	1,98 "
Schwefelsäure	1,02 "
Sand	3,52 "

7 Mörtelmischung der Festigkeitsproben (Wasseranspruch %)	8 Raumgewicht der		9 Art der Erhärtung	10 Festigkeit								Bemerkungen		
	Zugproben g/ccm	Druckproben g/ccm		Zugfestigkeit				Druckfestigkeit						
				in kg/qcm nach Tagen										
	7	28		60	90	7	28	60	90					
1 N.-L. Kalkpulver + 3 " Normalsand (10,0%) Mischungsverhältnis in G.-L. rund 1:8,2 Desgl.	1,997	1,966	An der Luft. An der Luft, jedoch alle 5 Tage 15 Min. unter Wasser getaucht.	—	2,58	3,29	—	—	7,0	10,6	—	—	—	Der zum Theil noch ungelöschte Kalk wurde durch Zusatz von 10 % Wasser völlig zu Pulver abgelöscht u. lagerte 7 Tage. Mischen des Mörtels von Hand, Einschlagen der Proben auf dem Hammerapparat.
1 N.-L. Kalkpulver + 2 " Berliner Bausand (10,0%) Mischungsverhältnis in G.-L. rund 1:5,8.	2,172	2,138	An der Luft	—	5,23	—	—	—	10,9	—	—	—	—	Der Kalk wurde zu Pulver abgelöscht und lagerte 13 Tage. Mischen des Mörtels von Hand, Einschlagen der Proben auf dem Hammerapparat.
1 N.-L. Kalkpulver + 3 " Normalsand (11,0%) Mischungsverhältnis in G.-L. rund 1:4,9. Desgl.	2,129	2,065	5 Tage Luft, dann Wasser. Nur Luft. An der Luft, jedoch vom 60. Tage ab alle 5 Tage einmal mit Wasser angefeuchtet.	—	1,67	3,08	3,40	—	7,1	11,2	13,7	—	—	Das Kalkpulver wurde durch Zusatz von 7,5 % Wasser weiter abgelöscht und lagerte 24 Stunden. Mischen des Mörtels von Hand, Einschlagen der Proben auf dem Hammerapparat.
1 G.-L. Kalkpulver + 3 " Normalsand (12,0%)	2,201	2,141	1 Tag nach dem Einschlagen. 1 Tag Luft, dann Wasser.	11,5	16,8	—	—	64,6	107,3	—	—	—	—	Der Kalk wurde im Anlieferungszustande verarbeitet. Mischen des Mörtels von Hand, Einschlagen der Proben auf dem Hammerapparat.

²⁾ Chemische Zusammensetzung des Kalkpulvers, bezogen auf den ausgeglühten (wasser- und kohlenstofffreien) Zustand:

Kalk	68,99 %
Kieselsäure	16,35 "
Thonerde und Eisenoxyd	10,09 "
Magnesia	2,41 "
Schwefelsäure	1,82 "
Unaufgeschlossener Rückstand	0,53 "

Abbindezeit: Der Kalk hand, mit 53 % Wasser angemacht, in 10—12 Stunden ab bei einem Erhärtungsanfang von etwa 4 1/4 Stunden. Die Wärme erhöhte sich um 1,3 C°.

Raumbeständigkeit: Kuchen aus reinem Kalkpulver (mit 53 % Wasser) und 1 N.-L. Kalkpulver + 3 N.-L. Normalsand (mit 18,5 % Wasser) auf Glasplatten ausgebreitet, die entweder an der Luft oder 1 Tag an der Luft und die übrige Zeit unter Wasser erhärteten, blieben eben, scharftantig und rissfrei.

B Nr.	1 Laufende Nr.	2 Bezeichnung bzw. Ursprung der Materialien. Name des Antragstellers	3 Gewicht für 1 Liter		4 Spezi- fisches Gewicht	5 Glüh- verlust %	6 Mahlfeinheit bzw. Korngröße							
			einge- laufen kg	einge- rüttelt kg			Rückstand in % auf den Sieben mit der übergeschriebenen Anzahl Maschen für 1 qcm							
							5000	2500	900	600	324	240	120	60
884	30	Hydraulischer Kalk aus Grozești in Rumänien. (Kalkpulver.) Antr.: Reg.-Bmstr. Haffe zu Halle a. S.	Im Anlieferungs- zustande 0,819 1,336		2,695	9,35	26,0	22,0	11,0	8,0	6,0	4,8	2,8	0,0
<p>1) Kohlenäure 7,65 % Wasser 5,70 " Kieseläure 10,86 " Kalk 42,96 " (hiervon 17,84 % an 25,48 % Schwefelsäure ge- bunden)</p> <p>Magnesia 0,65 % Eisenoxyd und Thonerde 2,51 " Manganoxyd 0,23 " Schwefelsäure 25,48 " (= 43,32 % [Gips]) Alkalien 3,85 " Kohlenstoff 0,11 "</p>														
898	31	Cementkalk (Kalkpulver) aus dem Kalkwerk von F. H. Bötsche. Ermslebener Kalkwerk zu Magdeburg.	Im Anlieferungs- zustande 0,710 1,288		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
957	32	Cementkalk (Kalkpulver) aus dem Kalkwerk von F. H. Bötsche. Ermslebener Kalkwerk zu Magdeburg.	Im Anlieferungs- zustande 0,789 1,281		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1264	33	Graukalk aus der Kalkbrennerei von Caspar Schütz zu Neuhoj bei Saarlouis. (Stückkalk.)	Zu Kalkpulver abgelöst 0,409 ¹⁾ 0,717 ¹⁾ 5 kg Stückkalk er- gaben 6,48 kg bzw. 15,81 9,01 Kalkpulver		Bei +98° getrocknet 2,383	22,6	7,0	—	1,8	0,5	0,3	0,2	0,0	—

¹⁾ Nach dem Absieben des 14 Tage alten Kalkpulvers auf dem 120-Maschenieb.
²⁾ Der Mörtel war inzwischen steif geworden (hatte angezogen).
³⁾ " " zum Einschlagen zu feucht.

7 Mörtelmischung der Festigkeitsproben (Wasseranspruch %)	8 Raum- gewicht der Zug- Druck- proben		9 Art der Er- härtung	10 Festigkeit								Bemerkungen
	g/ccm	g/ccm		Zugfestigkeit				Druckfestigkeit				
				in kg/qcm nach Tagen								
			7	28	60	90	7	28	60	90		
1 N.-L. Kalkpulver + 3 " Normal sand (10,0%) Mischungsverhältnis in G.-L. rund 1:4,3.	2 Tage nach dem Einschlagen 2,128	2,079	3 Tage Luft, dann Wasser.	5,9	2,9	—	Die Körper waren völlig aufgeweicht.	24,8	14,6	—	Die Körper waren völlig aufgeweicht.	Der Kalk wurde im Anlieferungszu- stande verarbeitet. Mischen des Mörtels von Hand. Einschlagen der Proben auf dem Hammer- apparat.
1 N.-L. Cementkalk + 2 " Normal sand (12,5%) Mischungsverhältnis in G.-L. rund 1:3,1.	1 Tag nach dem Einschlagen 2,012	2,076	An der Luft.	—	8,1	—	—	—	49,3	—	—	Kalk und Sand wurden nach er- folgter Trocken- mischung zu einem teilegerechten Mörtel angemacht, der 24 Stunden lagerte u. hierauf — nach tüchtigem Durcharbeiten — auf dem Hammer- apparat in die Formen einge- schlagen wurde.
1 N.-L. Cementkalk + 2 " Normal sand (12,2%) Mischungsverhältnis in G.-L. rund 1:3,0.	2,143	2,161	3 Tage Luft, dann Wasser.	—	12,0	—	—	—	89,5	—	—	Kalk und Sand wurden nach er- folgter Trocken- mischung zu einem teilegerechten Mörtel angemacht, der 48 Stunden lagerte u. hierauf — nach tüchtigem Durcharbeiten — so lange auf Gips- platten ausge- breitet wurde ²⁾ , bis er den Zustand der Erdfeuchte er- langt hatte u. zum Einschlagen ge- eignet war. Einschlagen der Proben wie unter 31.
Desgl.	2,143	2,161	Nur Luft.	—	7,7	—	—	—	41,8	—	—	
1 N.-L. Kalkpulver + 2 " Normal sand (10,0%) Mischungsverhältnis in G.-L. rund 1:5,5.	3 Tage nach dem Einschlagen 1,968	1,994	8 Tage Luft, dann Wasser.	—	2,4	3,6	—	—	9,3	14,0	—	Der Stückkalk wurde zu Pulver abgelöst. Böschbeginn nach 25 Min. Bösch- dauer: 1 1/2 Stde. Wasser- verbrauch: 38,0% Das Kalkpulver lagerte 14 Tage. Mischen des Mörtels von Hand, Einschlagen der Proben auf dem Hammerapparat.
Desgl.	1,968	1,994	Nur Luft.	—	3,1	5,5	—	—	16,7	22,1	—	
1 N.-L. Kalkpulver + 4 " Normal sand (7,0%) Mischungsverhältnis in G.-L. rund 1:11,0.	1,837	1,820	7 Tage Luft, dann Wasser.	—	1,4	2,2	—	—	2,7	4,5	—	
Desgl.	1,837	1,820	Nur Luft.	—	2,1	2,4	—	—	5,5	8,7	—	

B Nr.	1 Kaufende Nr.	2 Bezeichnung bzw. Ursprung der Materialien. Name des Antragstellers	3 Gewicht für 1 Liter		4 Spezifisches Gewicht	5 Glühverlust %	6 Mahlfineheit bzw. Korngröße													
			eingelaufen kg	eingesüttelt kg			Rückstand in % auf den Sieben mit der oberschriebenen Anzahl Maschen für 1 qcm													
							5000	2500	900	600	324	240	120	60						
1745a	37	Schwarzalk (Lothringer Kalk) aus der Fabrik von A. Sallerin zu Les Bordes bei Metz (Kalkpulver) ¹⁾ . Antr.: G. & F. Breitenberger zu Siony aux Arches b. Metz.	Zm Anlieferungszustande	Bei + 98 C° getrocknet																10 l Kalkpulver (= 9,14 kg) ergaben mit 5,76 kg = 63,0% Wasser zu einem dünnflüssigen Brei angerührt, nach 7 Tagen Lagerung 9,7 l Kalkbrei mit 14,9 kg Gewicht.
1745b	38	Schwarzalk (Pfälzer Kalk) aus der Fabrik von Weber u. Cie. zu Blickweiler i. d. Pfalz (Kalkpulver) ²⁾ . Antr.: dieselben.	Zm Anlieferungszustande	Bei + 98 C° getrocknet																10 l Kalkpulver (= 8,415 kg) ergaben mit 5,32 kg = 63,0% Wasser zu einem dünnflüssigen Brei angerührt, nach 7 Tagen Lagerung 9,1 l Kalkbrei mit 13,58 kg Gewicht.
2142	39	Schwarzalk ohne Angabe über den Ursprung (Stückkalk) ³⁾ . Sand ohne Angabe über den Ursprung. Antr.: Paul Schmidt Sohn. Inh. Phil. Lorenz Schmidt zu Worms a. Rh.	Zu Pulver abgelöscht, unabgesiebt	Muf dem 60-MaschenSiebe abgesiebt																Der Stückkalk wurde zu Pulver abgelöscht. Lösbeginn nach 4,5 Min., Lösdauer 2,5 Std. Wasserverbrauch 32,0 %/o. Steinige Rückstände 10,9 %/o. Mischen des Mörtels u. Einschlagen der Proben von Hand.
			5 kg Stückkalk ergaben zu Pulver abgelöscht																	
			6) 7)																	
			Sand																	
			1,603	1,842																

1) Chemische Zusammensetzung

2) Chemische Zusammensetzung

3) Chemische Zusammensetzung des Kalkpulvers

Kieselsäure	13,80 %	6,85 %	3,25 %
Eisenoxyd und Thonerde	7,83 "	3,92 "	4,65 "
Kalk	53,83 "	56,83 "	43,71 "
Magnesia	1,22 "	4,87 "	26,97 "
Schwefelsäure	0,62 "	0,78 "	0,36 "
Unaufgeschlossener Rückstand	5,83 "	4,88 "	—
Glühverlust	17,21 "	21,40 "	20,08 "
Rest (Alkalien)	—	0,47 "	(Manganverbindungen)

6) Rückstand auf dem 20-MaschenSieb: 0,2 %/o.

" " " 9 " 0,0 "

7) Rückstand auf dem 20-MaschenSieb: 0,2 %/o.

" " " 9 " 0,0 "

6) Unter Zugrundelegung des Nierengewichts im eingelaufenen (unabgesiebten) Zustande.

7) Unter Zugrundelegung des Nierengewichts im eingesüttelten Zustande.

7 Mörtelmischung der Festigkeitsproben (Wasseranspruch %)	8 Raumgewicht der Zugproben g/ccm		9 Art der Erhärtung	10 Festigkeit in kg/qcm nach Tagen								Bemerkungen			
	Zugproben g/ccm	Druckproben g/ccm		Zugfestigkeit				Druckfestigkeit							
				7	28	60	90	7	28	60	90				
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10 l Kalkpulver (= 9,14 kg) ergaben mit 5,76 kg = 63,0% Wasser zu einem dünnflüssigen Brei angerührt, nach 7 Tagen Lagerung 9,7 l Kalkbrei mit 14,9 kg Gewicht.
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10 l Kalkpulver (= 8,415 kg) ergaben mit 5,32 kg = 63,0% Wasser zu einem dünnflüssigen Brei angerührt, nach 7 Tagen Lagerung 9,1 l Kalkbrei mit 13,58 kg Gewicht.
1 N.-L. Kalkpulver + 2 " Sand (7,5 %/o) Mischungsverhältnis in G.-L. rund 1:4,6	2,099	2,023	9 Tage nach dem Einschlagen An der Luft	6 Wochen	10 Wochen	—	—	6 Wochen	10 Wochen	—	—	—	—	—	Der Stückkalk wurde zu Pulver abgelöscht. Lösbeginn nach 4,5 Min., Lösdauer 2,5 Std. Wasserverbrauch 32,0 %/o. Steinige Rückstände 10,9 %/o. Mischen des Mörtels u. Einschlagen der Proben von Hand.
Desgl.	2,099	2,023	9 Tage Luft, dann Wasser	Die nach 9 Tagen Luftlagerung unter Wasser gesetzten Proben wurden nach 2 Tagen rissig und zerfielen.											

B Nr.	1 Laufende Nr.	2 Bezeichnung bzw. Ursprung der Materialien. Name des Antragsstellers	3		4 Spezi- fisches Gewicht	5 Stüh- verlust %	6 Mahlfeinheit bzw. Korngröße								
			Gewicht für 1 Liter				Rückstand in % auf den Sieben mit der übergeschriebenen Anzahl Maschen für 1 qcm								
			inge- laufen kg	inge- rüttelt kg			5000	2500	900	600	324	240	120	60	
2155	40	Sackkalk aus dem Kalkwerk von S. Johannes zu Diesdorf i. Lothr. (Kalkpulver ¹⁾). Schlackensand.	Im Anlieferungszustande 0,825 1,268 5 l Kalkpulver ergaben mit 56% Wasser 3,71 ²⁾ 5,61 ³⁾ Schlackensand 1,051 1,347		2,703	12,77	30,0	—	14,0	12,0	8,0	6,0	0,6	0,0	
2218	41	Cementkalk aus den Osterwicker Cementkalk- und Kalkwerken, Zickfeld-Herbst u. Sohnekind zu Osterwick a. Harz (Kalkpulver ⁴⁾). Berliner Mauerfand; Normalfand.	Im Anlieferungszustande 0,863 1,384 10 l Kalkpulver ergaben mit 180% Wasser 14,51 24,41 Berliner Mauerfand ⁵⁾ 1,536 1,840 Normalfand 1,402 1,680		3,061	4,87	12,0	—	2,0	1,7	0,4	—	0,0	—	
2283	42	Hydraulischer Kalk (Kalkpulver), Ursprungsangabe nicht gestattet.	Im Anlieferungszustande 0,922 1,565		2,885	11,11	11,0	—	0,7	0,5	0,1	0,0	—	—	
2364	43	Hydraulischer Kalk (Kalkpulver), Ursprungsangabe nicht gestattet.	Im Anlieferungszustande 0,942 1,548		—	—	12,0	—	0,4	0,2	0,0	—	—	—	

¹⁾ Chemische Zusammensetzung:
 Kieselsäure 15,54%
 Eisenoxyd und Thonerde 8,87
 Kalk 56,53
 Magnesia 1,24
 Schwefelsäure 1,14
 Unlösliches 4,40
 Stühverlust 12,77

²⁾ Ergiebigkeit von 5 l (= 4,125 kg) Kalkpulver eingelaufen.

³⁾ Ergiebigkeit von 5 l (= 6,340 kg) Kalkpulver eingerüttelt.

⁴⁾ Rückstand auf dem 20-Maschen Sieb: 21,5%
 " " " 9 " 6,0
 " " " 4 " 1,3
 " " " 1 " 0,0

⁵⁾ Chemische Zusammensetzung:
 Kieselsäure 10,21%
 Eisenoxyd und Thonerde 3,84
 Kalk 78,83
 Magnesia 0,80
 Schwefelsäure 1,33
 Unlösliches —
 Stühverlust 4,87

⁶⁾ Ergiebigkeit von 10 l (= 8,630 kg) Kalkpulver eingelaufen.

⁷⁾ Ergiebigkeit von 10 l (= 13,840 kg) Kalkpulver eingerüttelt.

⁸⁾ Gehalt an abschlämmbaren Bestandteilen: 0,55%.

7 Mörtelmischung der Festigkeitsproben (Wasseranspruch %)	8		9 Art der Er- härtung	10 Festigkeit								Bemerkungen		
	Raum- gewicht der			Zugfestigkeit				Druckfestigkeit						
	Zug- proben	Druck- proben		in kg/qcm nach Tagen										
	g/ccm	g/ccm		7	28	60	90	7	28	60	90			
1 R.-L. Kalkpulver + 2 " Schlackensand (15,0%) Mischungsverhältnis in G.-L. rund 1 : 2,3	3 Tage nach dem Einschlagen 2,055	1,935	3 Tage Luft, dann Wasser	—	21,2	—	—	—	103,8	—	—	—	—	Der Kalk wurde im Anlieferungszustande ver- arbeitet. Mischen des Mörtels u. Einschlagen der Proben wie unter 39.
Desgl.	2,055	1,935	Nur Luft	—	22,8	—	—	—	101,8	—	—	—	—	
1 R.-L. Kalkpulver + 4 " Normalfand (22,0%) Mischungsverhältnis in G.-L. rund 1 : 5,5	2 Tage nach dem Einschlagen 2,143	2,118	An der Luft	2,2	4,6	—	—	9,7	24,1	—	—	—	—	Kalk und Sand wurden nach er- folgter Trocken- mischung mit Wasser zu einem kellengerechten Mörtel angerührt, welcher 6 Stunden lagerte, dann auf durchgearbeitet u. so lange auf Gips- platten ausgebrei- tet, bis er den zum Einschlagen geeig- neten Feuchtig- keitsgrad erlangt hatte, hierauf wurde nochmals tätig durch- gemischt.
1 R.-L. Kalkpulver + 5 " Mauerfand (20,9%) Mischungsverhältnis in G.-L. rund 1 : 7,5	2,172	2,138	Desgl.	2,4	6,1	—	—	7,4	18,0	—	—	—	—	Einchlagen der Proben auf dem Hammerapparat.
1 R.-L. Kalkpulver + 7 " Mauerfand (20,5%) Mischungsverhältnis in G.-L. rund 1 : 10,5	2,187	2,124	Desgl.	2,6	6,1	—	—	7,1	16,1	—	—	—	—	Der Kalk wurde im Anlieferungszustande ver- arbeitet. Mischen des Mörtels im Mörtelmischer. Einschlagen der Proben auf dem Hammerapparat.
1 G.-L. Kalkpulver + 3 " Normalfand (10,0%)	1 Tag nach dem Einschlagen 2,318	2,231	1 Tag Luft, dann Wasser	9,3	19,5	—	—	80,0	145,6	—	—	—	—	Wie vorhin ¹⁾ (42).
1 G.-L. Kalkpulver + 3 " Normalfand (10,0%)	1 Tag nach dem Einschlagen 2,332	2,234	1 Tag Luft, dann Wasser	10,4	17,4	—	—	94,2	144,0	—	—	—	—	

¹⁾ Der Kalk hand, mit 43,0% Wasser angemacht, in 10 Stunden ab bei einem Erhärtungsanfang von 25 Min. Wärmehöhhung: 2,2 C°. Kuchen aus reinem Kalkbrei, auf Glasplatten ausgebreitet und 1 Tag an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser erhärtet, blieben eben, scharfkantig und rissfrei.

B Nr.	1 laufende Nr.	2 Bezeichnung bzw. Ursprung der Materialien. Name des Antragstellers	3 Gewicht für 1 Liter		4 spezielles Gewicht	5 Glühverlust %	6 Mahlfineinheit bzw. Korngröße								Bemerkungen		
			eingelaufen kg	eingerrüttelt kg			Rückstand in % auf den Sieben mit der übergeschriebenen Anzahl Maschen für 1 qcm										
							5000	2500	900	600	324	240	120	60			
2638	46	Wald-Wasserkalk aus der Fabrik der Firma: Arminius Bierbrauerei u. Kalkwerke, Ges. m. b. H. zu Kohlstedt (Stückkalk) ¹⁾ Mauerland; Normalkalksand.	—	1,324	3,167	55,6	—	—	—	—	—	—	—	—		—	—

²⁾ Ergiebigkeit verschiedener Mörtel aus Cementkalk und Berliner Mauerland.

Mörtelmischung				Wasserszusatz für füllgerechten Mörtel		Gesamtgewicht der Mörtelbestandteile G kg	Gewicht eines Mörtelgefäßes r _m kg	Rauminhalt des gewonnenen Mörtels r _n Liter	Ergiebigkeit E = M / (1+n)
Raumtheile Liter	Berliner Mauerland ¹⁾	Cementkalk	Berliner Mauerland	w _n kg	% der trockenen Mischung				
1	0	0,810	0	0,600	74,1	1,410	1,565	0,901	0,901
1	1	0,810	1,644	0,695	28,3	3,149	1,928	1,633	0,817
1	2	0,810	3,288	0,930	22,7	5,028	1,988	2,529	0,843
1	3	0,810	4,932	1,269	22,1	7,011	1,980	3,541	0,885
1	5	0,810	8,220	2,023	22,4	11,053	1,959	5,642	0,940

¹⁾ r_k = 0,810. — ²⁾ r_s = 1,644.

2761	47	Wasserkalk aus dem Kalkwerk Gejese von Franz Gröne zu Wiedenbrück i. W. (Stückkalk) ²⁾ .	Zu Kalkpulver abgelöst und unabgesiebt.		lufttrocken														
			0,502	0,755		abgesiebt ³⁾	0,485	0,840	2,469	17,24	13,0	—	2,2	2,0	0,5	0,3	0,0	—	
			5 kg Stückkalk ergaben mit 47% Wasser 13,51 ⁴⁾ 9,01 ⁵⁾ Kalkpulver.																
2968	48	Cementkalk aus dem Cementwerk zu Dt. Eylau (Pulver). Berliner Mauerland ⁶⁾ .	Zu Anlieferungszustande.																
			0,591	1,029	—	—	11,0	—	4,0	3,7	2,2	1,5	0,3	0,1					
			1,492	1,795	—	—	—	—	92,5	—	31,5	—	3,0	1,1					

¹⁾ Chemische Zusammensetzung. Glühverlust (Hydratwasser u. Kohlenäure) 1,80%

Chemische Zusammensetzung	
Kieselsäure	12,88 %
Eisenoxyd u. Thonerde	1,22 "
Kalk	84,93 "
Magnesia	0,18 "
Schwefelsäure	0,44 "
Rest (Alkalien)	0,40 "

²⁾ Auf dem 120-Maschen Sieb.

³⁾ Unter Zugrundelegung des Litergewichts für den eingelaufenen Zustand.

⁴⁾ Unter Zugrundelegung des Litergewichts für den eingelaufenen Zustand.

⁵⁾ Unter Zugrundelegung des Litergewichts für den eingelaufenen Zustand.

⁶⁾ Der Mauerland wurde zu Fußversuchen verwendet.

7 Mörtelmischung der Festigkeitsproben (Wasseranspruch %)	8 Raumgewicht der Zugproben g/ccm	9 Druckproben g/ccm	10 Festigkeit								Bemerkungen		
			Zugfestigkeit				Druckfestigkeit						
			in kg/qcm nach Tagen										
7	28	60	90	7	28	60	90						
1 R.-L. Kalkteig + 3 Normalkalksand	2 Tage nach dem Einschlagen. 1,910	1,887	7 Tage Luft, dann Wasser. 1,910	1,887	—	2,7	5,9	6,2	—	8,3	19,7	21,9	Der Kalk wurde zu Kalkteig abgelöst. Löslichbeginn nach 5 Min. Löslichdauer: 11 Min. Wasseranspruch: 208,0 % Steinige Rückstände: keine. 5 kg Stückkalk ergaben zu Kalkteig abgelöst: 10,81 Kalkteig mit 14,73 kg Gewicht. Kalkteig und Sand wurden zunächst oberflächlich mit der Kelle in einer Schüssel und dann im Mörtelmischer unter Anwendung von 20 Schüsselumdrehungen gemischt. Da der Mörtel zum Einschlagen zu feucht war, wurde er noch solange auf Gipsplatten ausgebreitet, bis er Erbfenkte erlangt hatte. Einschlagen der Proben auf dem Hammerapparat.
Desgl.	1,910	1,887	Nur Luft. 1,910	1,887	—	3,4	5,0	5,2	—	6,3	9,6	10,8	
1 R.-L. Kalkteig + 3 Mauerland	1,997	1,972	"	"	—	4,7	—	—	—	10,6	—	—	
Mischungsverhältnis in G.-L. rund 1 : 3,7.													
1 R.-L. Kalkteig + 4 Mauerland	1,910	1,887	"	"	—	4,7	—	—	—	9,2	—	—	
Mischungsverhältnis in G.-L. rund 1 : 4,9													
1 R.-L. Kalkteig + 6 Mauerland	1,851	1,808	"	"	—	3,8	—	—	—	7,5	—	—	
Mischungsverhältnis in G.-L. rund 1 : 7,3.													
1 R.-L. Kalkteig + 8 Mauerland	1,793	1,780	"	"	—	2,3	—	—	—	5,7	—	—	
Mischungsverhältnis in G.-L. rund 1 : 9,8.													
1 R.-L. Kalkpulver + 4 Normalkalksand (7,5 %)	5 Tage nach dem Einschlagen. 1,851	1,786	5 Tage Luft, dann Wasser. 1,851	1,786	—	2,6	4,9	6,2	—	4,3	9,9	14,1	Der Kalk wurde zu Pulver abgelöst. Löslichbeginn nach 2 Min. Löslichdauer: 8 Min. Wasseranspruch: 47,0 % Steinige Rückstände: keine. Mörtel des Mörtelers mit dem Mörtelmischer, Einschlagen der Proben auf dem Hammerapparat.
Mischungsverhältnis in G.-L. rund 1 : 9,3.													
Desgl.	1,851	1,786	Nur Luft. 1,851	1,786	—	3,9	6,6	6,3	—	6,4	12,6	16,7	
1 G.-L. Kalkpulver + 3 Normalkalksand (12,25 %)	2 Tage nach dem Einschlagen. 2,216	2,127	2 Tage Luft, dann Wasser. 2,216	2,127	2,1	5,7	—	—	—	14,9	31,3	—	Der Kalk wurde im Anlieferungszustande verarbeitet. Die Versuche auf Mörtelergiebigkeit lieferten die in nebenstehender Tabelle enthaltenen Werte ²⁾ . Mörtel des Mörtelers u. Einschlagen der Proben wie unter 47.
Desgl.	2,216	2,127	Nur Luft. 2,216	2,127	5,7	9,3	—	—	—	26,5	55,1	—	

¹⁾ Mörtel aus 1 R.-L. Kalkpulver + 3 bzw. 5 R.-L. Berliner Mauer- (Fuß-)sand wurden auf Weiler aus Ziegelfeinen verputzt. Die Mörtel ließen sich leicht verputzen. Die Fußflächen, die den Witterungseinflüssen (auch Frost) ausgesetzt waren, hielten sich rissfrei und auch sonst unverändert.

²⁾ Ergiebigkeit verschiedener Mörtel aus Cementkalk und Normalkalk (siehe Tabelle S. 292).

B Nr.	1 Laufende Nr.	2 Bezeichnung bzw. Ursprung der Materialien. Name des Antragstellers	3 Gewicht für 1 Liter		4 Spezi- fisches Gewicht	5 Glüh- verlust %	6 Mahlfeinheit bzw. Korngröße							
			inge- laufen kg	inge- rüttelt kg			Rückstand in % auf den Sieben mit der angegebenen Anzahl Maschen für 1 qcm							
							5000	2500	900	600	324	240	120	60
2805	49	Magerer Kalk in Pulverform ohne Ursprungsangabe ¹⁾ Berliner Mauer- sand. Antr.: L. Blumen zu Aachen.	Im Anlieferungs- zustande 0,696	1,039	2,535	14,98	26,0	—	8,5	7,8	5,5	4,4	2,7	1,5
			Mauer- sand 1,492	1,795										
2938	50	Ungelöschter hydraulischer Kalk (Kalkpulver). Ursprungsangabe nicht gestattet.	Im Anlieferungs- zustande 0,836	1,313	2,913	11,80	12,1	—	0,2	0,0	—	—	—	—
			10 l Kalkpulver er- gaben mit 72,0 % Wasser 8,7 ²⁾ (13,95 kg)	15,6 ³⁾ (23,84 kg)										
3255	51	Hydraulischer Kalk aus der Portland-Cementfabrik „Kurmark“, A. Neumann zu Fohrde b. Brandenburg a. S. ⁴⁾	Im Anlieferungs- zustande 0,932	1,509	2,867 Gegläut 3,165	13,51	7,0	—	0,2	0,2	0,0	—	—	—

¹⁾ Chemische Zusammenziehung (bei 98 C° getrocknet)
 Kieselsäure 13,36 %
 Kalk 64,41
 Eisenoxyd u. Thonerde 1,75

Schwefelsäure 0,34 %
 Magnesia Spuren
 Unlösliches 4,65
 Glühverlust 14,98

²⁾ Ergiebigkeit von 10 l Kalkpulver eingelaufen } gemessen 24 Stunden nach dem Anmachen.
³⁾ " " " " " eingerüttelt }

7 Mörtelmischung der Festigkeitsproben (Wasseranspruch %)	8 Raum- gewicht der Zug- Druck- proben g/ccm g/ccm		9 Art der Er- härtung	10 Festigkeit								Bemerkungen		
	Zugfestigkeit								Druckfestigkeit					
	in kg/qcm nach Tagen													
	7	28		60	90	7	28	60	90					
1 R.-L. Kalkpulver + 2 " Mauer sand (11,0%) Mischungsverhältnis in G.-L. rund 1:3,8 Desgl.	7 Tage nach dem Einschlagen. 2,070	1,910	7 Tage Luft ⁵⁾ , dann Wasser. Nur Luft.	40 Tage 6,1	—	—	—	40 Tage 22,0	—	—	—	—	Der Kalkteig wurde im Anlieferungs- zustande verarbeitet u. zunächst auf einem Siebe mit 20 Maschen auf 1 qcm abgeseiht. Er hinterließ hierbei 3,8 % feste Stücke bis Erbsengröße. Mischen des Mörtels u. Einschlagen der Proben wie unter 47.	
1 R.-L. Kalkpulver + 4 " Normalsand (8,5%) Mischungsverhältnis in G.-L. rund 1:5,7. Desgl.	6 Tage nach dem Einschlagen. 2,012	1,915	6 Tage Luft ⁵⁾ , dann Wasser. Nur Luft.	4,2	—	6,5	—	18,5	—	30,1	—	30,1	Kalk u. Sand wurden nach erfolgter Trocken- mischung unter Verwendung von 18,0 % Wasser zu einem fellen- gereichten Brei ange- gemacht, der 36 Stunden lagerte u. dann solange auf mit Fließpapier be- legten Gipsplatten ausgebreitet ⁶⁾ wurde, bis er Erd- feuchte erlangt hatte. Einschlagen der Proben auf dem Hammer- apparat.	
1 R.-L. Kalkpulver + 3 " Normalsand (9,0%) Mischungsverhältnis in G.-L. rund 1:3,3. 1 R.-L. Kalkpulver + 4 " Normalsand (7,5%) Mischungsverhältnis in G.-L. rund 1:4,5. 1 R.-L. Kalkpulver + 5 " Normalsand. (7,0%) Mischungsverhältnis in G.-L. rund 1:5,6.	24 Stunden nach dem Einschlagen. 2,289	2,163	1 Tag Luft, dann Wasser. Desgl. Desgl.	24 Stunden 3,2	7 Tage 7,5	28 Tage 11,1	—	24 Stunden 20,8	7 Tage 60,9	28 Tage 94,6	—	—	Der Kalk wurde im Anlieferungs- zustande verar- beitet u. zunächst auf einem Siebe mit 20 Maschen auf 1 qcm abge- seiht. Er hinter- ließ hierbei keinen Rückstand. Kalk- pulver u. Normal- sand wurden nach erfolgter Trocken- mischung mit so- viel Wasser ange- macht, daß beim Mischen im Mörtelmischer unter Anwendung von 20 Schüssel- umdrehungen ein erdfeuchter Mörtel entstand. Ein- schlagen der Proben auf dem Hammerapparat.	

⁴⁾ Der Kalk hand. mit 36,0 % Wasser angemacht, in 4 Stunden ab, bei einem Erhärtungsanfang von 30 Min. und unter 3,0 C° Wärmeerhöhung. Hierbei betrug im Durchschnitt:

Die Wärme der Luft: 20,0 C°
 des Wassers: 18,0
 " Luftfeuchtigkeit: 50 %

Bei der Kaltwasserprobe blieben die Kuchen scharfkantig, eben und rißfrei.
⁵⁾ Bei früherem Einsetzen in Wasser waren die Proben nicht beständig.
⁶⁾ Der Mörtel war zum Einschlagen zu feucht.

B Nr.	1 Laufende Nr.	2 Bezeichnung bzw. Ursprung der Materialien. Name des Antragstellers	3 Gewicht für 1 Liter		4 Spezi- fisches Gewicht	5 Stüh- verlust %	6 Mahlfeinheit bzw. Korngröße													
			einge- laufen kg	einge- rüttelt kg			Rückstand in % auf den Sieben mit der übergeschriebenen Anzahl Maschen für 1 qcm													
							5000	2500	900	600	324	240	120	60						
3311b	52	Cementkalk aus dem Portland-Cementwerk Diedesheim-Neckarelz, Aktiengesellschaft, zu Diedesheim-Neckarelz (Baden).	Im Anlieferungszustande																	
			1,002	1,722	2,913	6,88	12,0	—	0,8	0,6	0,3	0,2	0,0	—						
2976	53	Cementkalk; Berl. Mauer- sand; Elbsand; Normal- sand.	Im Anlieferungszustande																	
			0,804 (0,931) ¹⁾	1,338	2,817	10,57	21,0	—	11,0	9,0	5,0	3,0	0,7	0,0						
			Getrocknet		2,721															
			10 l Kalkpulver ergaben mit 126% Wasser		11,11 ²⁾	19,51 ³⁾														
			Berliner Mauer- sand		—	—	—	—	59,0	—	25,0	—	6,0	2,0 ⁴⁾						
			Elbsand		—	—	—	—	99,0	—	94,0	—	69,5	47,5 ⁵⁾						
			Normal- sand		1,404	1,684														
3563	54	Hydraulischer Kalk ⁶⁾ aus dem Kalkwerk Steudnitz bei Dornburg a. S. von Dr. M. Frenzel zu Steudnitz. Antr.: Bauverwaltung des Neubaus des Amtsgerichts Schöneberg-Berlin.	Im Anlieferungszustande																	
			0,901	1,546	—	—	28,0	—	7,4	6,2	0,4	0,0	—	—						

1) Durch Einschäufeln in ein cylindrisches Hohlmaß von 10 l Inhalt bestimmt.
 2) Ergiebigkeit von 10 l (= 8,04 kg) Kalkpulver eingelaufen.
 3) 10 " (= 13,38 ") eingerüttelt.
 4) Rückstand auf dem Siebe mit 20 Maschen: 0,6%; 9 Maschen: 0,2%; 4 Maschen: 0,0%.
 5) 20 " 22,5 " 9 " 11,5 " 4 " 3,5 "
 6) Das Probematerial wurde einer beliebigen Lieferung entnommen.

7 Mörtelmischung der Festigkeitsproben (Wasseranspruch %)	8 Raum- gewicht der Zug- Druck- proben g/ccm g/ccm		9 Art der Er- härtung	10 Festigkeit								Bemerkungen
	Zugfestigkeit				Druckfestigkeit							
	in kg/qcm nach Tagen											
	7	28		60	90	7	28	60	90			
1 G.-L. Kalkpulver + 3 " Normalsand (9,5%)	2,332	2,234	1 Tag Luft, dann Wasser.	11,4	18,0	—	—	94,6	152,4	—	—	Der Kalk wurde im Anlieferungszustande verarbeitet und auf dem 20-Maschen-siebe abgeseiht; er hinterließ hierbei keinen Rückstand. Bereitung des Mörtels im Mörtelmischer, Einschlagen der Proben auf dem Hammerapparat.
1 R.-L. Kalkpulver + 7 " Berl. Mauer- sand (4,2%) ¹⁾	2,026	1,955	An der Luft.	3,9	6,7	10,8	—	8,2	13,0	37,0	—	Kalk und Sand wurden nach erfolgter Trockenmischung zu einem feilengerechten Mörtel angerührt. Dieser Mörtel lagerte 6 Stunden, wurde dann gut durchgearbeitet, lagerte weitere 6 Stunden und wurde so lange auf Gipsplatten ausgebreitet, bis er den zum Einschlagen geeigneten Feuchtigkeitsgrad erlangt hatte. Hier- auf wurde er noch- mals tüchtig durch- gearbeitet. Einschlagen der Proben auf dem Hammerapparat.
Mischungsverhältnis in G.-L. rund 1:11,1.												
1 R.-L. Kalkpulver + 5 " Elbsand (6,0%) ¹⁾	2,216	2,158	Desgl.	2,8	4,2	8,7	—	6,1	10,6	23,5	—	
Mischungsverhältnis in G.-L. rund 1:8,2.												
1 R.-L. Kalkpulver + 4 " Normalsand (8,3%) ¹⁾	2,099	2,025	10 Tage Luft, dann Wasser.	—	3,3	7,4	—	—	8,4	23,6	—	
Mischungsverhältnis in G.-L. rund 1:5,8.												
Desgl.	2,099	2,025	An der Luft.	2,4	4,0	8,7	—	4,6	9,0	22,0	—	
1 R.-L. Kalkpulver + 8 " Normalsand (5,84%) ¹⁾	1,910	1,845	An der Luft, vom 2. bis 8. Tage einschl. täglich einmal ange- feuchtet.	—	8,6	—	—	—	13,6	—	—	Kalk und Sand wurden nach erfolgter Trockenmischung unter Zu- satz von 24,5% Wasser zu einem feilengerechten Mörtel angerührt. Dieser Mörtel lagerte 24 Stund., wurde dann ohne weiteren Wasser- zuzusatz gut durch- gearbeitet und, da er zum Einschlagen zu feucht war, weiter behandelt wie der Mörtel unter 53 ²⁾ . Einschlagen der Proben auf dem Hammerapparat.
Mischungsverhältnis in G.-L. rund 1:10,1.												

1) Durch Abdampfen des erdsuchten Mörtels bestimmt.
 2) Die von dem Lieferanten des Kalkes gegebene Gebrauchsanweisung enthielt u. A. folgende Vorschriften:
 Für Mörtel zu Fundamenten u. i. w., besonders bei Grundwasser und anderer Feuchtigkeit, vermische man 8 Thl. Sand mit 1 Thl. Cementkalk recht gründlich unter reichlichem Zugießen von Wasser und lasse diese Mischung 18—24 Stunden ruhig stehen. Vor der Verwendung durch erneuten Wasserzusatz weich und geschmeidig gemacht, ist der Mörtel fertig.
 Für Mörtel zum Fugen, Fugen u. i. w. verfähre man ebenso bei einem Sandzusatz von 5—7 Theilen, lasse aber die nasse Mischung mindestens 36 Stunden ruhig stehen und aufquellen, ohne sie trocken werden zu lassen.
 Fertigen Cementmörtel setze man keinen trockenen ungelöschten Cementkalk hinzu, da sonst Treiben im Mauerwerk und Fuß entstehen würde.

B Nr.	1 Saufende Nr.	2 Bezeichnung bzw. Ursprung der Materialien. Name des Antragsstellers	3 Gewicht für 1 Liter		4 Spezi- fisches Gewicht	5 Stäb- verlust %	6 Mahlfeinheit bzw. Korngröße														
			eingelau- fen kg	eingerüttelt kg			Rückstand in % auf den Sieben mit der übergeschriebenen Anzahl Maschen für 1 qm														
							5000	2500	900	600	324	240	120	60							

Ergebnisse der Prüfung auf Mörtel- bzw. Betonergiebigkeit.

Mischung der trockenen Mörtelbestandteile nach																		
Cement	Raumtheilen ¹⁾					Gewichtstheilen ¹⁾					Wasserzusatz für erfeuchten Mörtel		Gesamtmenge der Mörtelbestandteile G	Gewicht für 1 l Mörtel eingestampft T _m	Rauminhalt des gewonnenen Mörtels M	Ergiebigkeit E = $\frac{M}{I+n}$		
	Kalkpulver	Traß	Sand (Baugrube)	Sand, geliefert	Kies	Cement	Kalkpulver	Traß	Sand (Baugrube)	Sand, geliefert	Kies	w _n					% der trocknen Mischung	
																		kg
1	1	1	1	1	1	1,568	—	—	3,510	—	—	0,508	10,0	5,586	2,165	2,585	0,646	
1	—	—	3	—	—	1,568	—	—	—	4,023	—	—	0,503	9,0	6,094	2,260	2,670	0,668
1/2	1/2	—	3	—	—	0,784	0,459	—	3,510	—	—	0,452	9,5	5,105	2,149	2,375	0,594	
1/2	1/2	—	3	—	—	0,784	0,459	—	—	4,023	—	—	0,500	9,5	5,766	2,213	2,606	0,652
1/2	1/2	1/2	4	—	—	0,784	0,459	0,544	4,680	—	—	0,679	10,5	7,146	2,092	3,416	0,621	
1/2	1/2	1/2	4	—	—	0,784	0,459	0,544	—	5,364	—	—	0,715	10,0	7,866	2,168	3,628	0,660
—	2 1/2	3	4	—	—	—	2,295	3,264	4,680	—	—	1,911	17,0	13,150	1,888	6,965	0,733	
—	2 1/2	3	4	—	—	—	2,295	3,264	—	5,364	—	—	1,748	16,0	12,761	1,916	6,613	0,696
1/2	1/2	—	3	—	5	0,784	0,459	—	3,510	—	7,065	0,452	9,5	12,457	2,138	5,826	0,636	
1/2	1/2	—	3	5	—	0,784	0,459	—	—	4,023	7,065	0,177	2,5 ²⁾	13,008	2,131	6,104	0,678	

¹⁾ Für die Umrechnung der Mischungen von Raumtheilen in Gewichtstheilen wurden für den Cement, das Kalkpulver und das Traßmehl das arithmetische Mittel aus den Gewichten des los eingelaufenen und fest eingerüttelten Liters, für den Sand und den Kies das Gewicht des eingefüllten Liters zu Grunde gelegt, und zwar wurden an Stelle eines Liters verarbeitet:

für den Cement	1,568 kg	für den Sand (Baugrube)	1,170 kg
„ das Kalkpulver	0,918 „	„ „ Sand (geliefert)	1,341 „
„ „ Traßmehl	1,088 „	„ „ Kies	1,413 „

²⁾ Wassermenge, die zur Anfeuchtung des Kieles erforderlich war.

7 Mörtelmischung ¹⁾ der Festigkeitsproben (Wasseranspruch %)	8 Raum- Gewicht der Zug- proben g/ccm		9 Art der Er- härtung	10 Festigkeit in kg/qcm nach Tagen								Bemerkungen
	Druck- proben g/ccm	Nach 2 Tagen		Zugfestigkeit				Druckfestigkeit				
				7	28	60	90	7	28	60	90	
				Würfel von 20 cm Kantenlänge.								
1 R.-I. Cement + 1/2 Kalkpulver + 3 „ Sand (Baugrube) + 5 „ Kies (9,5 %)	—	2,208	1 Tag Luft, dann unter Wasser.	—	—	—	—	28,2	47,2	—	72,5	
1 R.-I. Cement + 1/2 Kalkpulver + 3 „ Sand (geliefert) + 5 „ Kies (9,5 %) ¹⁾	—	2,204	Desgl.	—	—	—	—	24,5	40,5	—	62,0	
1 R.-I. Cement + 3 „ Sand (geliefert) + 5 „ Kies (12,0 %) ¹⁾	—	2,233	Desgl.	—	—	—	—	40,3	55,7	—	82,0	
1 R.-I. Cement + 2,35 „ Sand-Kies-Gemisch (3 Sand : 5 Kies) (8,0 %)	—	2,268	Desgl.	—	—	—	—	129,1	170,6	—	227,3	
1 R.-I. Cement + 1 „ Kalkpulver + 4,7 „ Sand-Kies-Gemisch (9,0 %)	—	2,239	Desgl.	—	—	—	—	67,2	101,9	—	134,5	
1/2 R.-I. Cement + 1/2 „ Kalkpulver + 4 „ Sand-Kies-Gemisch (8,5 %)	—	2,191	Desgl.	—	—	—	—	20,2	42,3	—	56,6	
1 R.-I. Cement + 1 „ Kalkpulver + 4,7 „ Sand-Kies-Gemisch + 7 „ Kalkstein-Kleinschlag (9,0 %)	—	2,270	Desgl.	—	—	—	—	—	124,4	—	175,5	
Desgl. mit 11% Wasser	—	2,300	Desgl.	—	—	—	—	—	96,4	—	125,7	
1 R.-I. Cement + 1 „ Kalkpulver + 4,7 „ Sand-Kies-Gemisch + 8 „ Kalkstein-Kleinschlag (9,0 %)	—	2,311	Desgl.	—	—	—	—	106,0	151,7	—	187,2	
Desgl. mit 11% Wasser	—	2,325	Desgl.	—	—	—	—	74,0	100,6	—	142,4	
1 R.-I. Cement + 1 „ Kalkpulver + 4,7 „ Sand-Kies-Gemisch + 9 „ Kalkstein-Kleinschlag (9,0 %)	—	2,321	Desgl.	—	—	—	—	—	127,0	—	179,2	
Desgl. mit 11% Wasser	—	2,296	Desgl.	—	—	—	—	—	91,1	—	134,3	

¹⁾ Bezogen auf die Mörtelmischung (1/2 : 1/2 : 3); der Kies wurde mit 2,9 % Wasser angefeuchtet.

Ergebnisse der Prüfung auf Wasserdurchlässigkeit zu Nr. 55.

Cement	Kalkpulver	Tropf	Sand (Kugeln)	Sand (geliefert)	Sand, Kies- Gemisch 3 : 5	Wasser- zusatz	Verhalten der Proben bei einem Wasserdruck von 1 m Wasser- säule bezw. 2 1/2 Atm. nach		
							7 Tagen	28 Tagen	90 Tagen
Raumtheile						%			
1	—	—	3	—	—	erdfeucht 13,0 16,0	Dicht.	Wie bei 7 Tagen.	Wie bei 7 Tagen.
1	—	—	—	3	—	erdfeucht 12,0 15,0	Dicht.	Desgl.	Desgl.
1/2	1/2	—	3	—	—	erdfeucht 12,5 15,5	Dicht. Nach etwa 4 Stunden Tropfenbildung ¹⁾ . Desgl. ¹⁾ .	Desgl. Desgl. Desgl. ¹⁾ .	Desgl.
1/2	1/2	—	—	3	—	erdfeucht 12,5 15,5	Dicht. Nach etwa 4 St. feucht ¹⁾ . Nach etwa 20 Stunden Tropfenbildung. Nach etwa 4 St. feucht. Nach etwa 6 Stunden Tropfenbildung ¹⁾ .	Desgl. Desgl. ¹⁾ .	Desgl.
1/2	1/2	1/2	4	—	—	erdfeucht 13,5 16,5	Dicht. Nach etwa 6 St. feucht ¹⁾ . Nach etwa 20 Stunden Tropfenbildung. Desgl.	Desgl. Desgl. ¹⁾ .	Desgl.
1/2	1/2	1/2	—	4	—	erdfeucht 13,5 16,5	Dicht. Nach 8 Stunden feucht. Nach 20 Stunden Tropfen- bildung ¹⁾ .	Desgl. Desgl. ¹⁾ .	Desgl.
—	2 1/2	3	4	—	—	erdfeucht 20,0 23,0	Dicht. Nach 24 Stunden an der Unterseite eine feuchte Stelle ²⁾ 1).	Desgl. Desgl. ¹⁾ .	Nach etwa 6 Stunden Tropfenbildung.
—	2 1/2	3	—	4	—	erdfeucht 19,0 22,0	Dicht. Dicht ¹⁾	Desgl. ¹⁾ .	Nach etwa 8 Stunden Tropfenbildung.
1/2	1/2	—	3	—	Kies 5	9,5 ²⁾ 12,5 ²⁾	Sofort nach dem Einfüllen Wasser-Durchlaß in starker Tropfenbildung ¹⁾ .	Desgl. ¹⁾ .	Die Proben ließen sofort Wasser durch.
1	—	—	3	—	Kies 5	10,0 ²⁾ 13,0 ²⁾	Sofort nach dem Einfüllen Wasser-Durchlaß in starker Tropfenbildung ¹⁾ .	Desgl. ¹⁾ .	Desgl.
1	—	—	—	—	2,35	8,0 11,0	Hielten dicht, hatten jedoch an der Unterfläche ein feuchtes Aussehen. Desgl. ¹⁾ .	Dicht.	Wie bei 28 Tagen.
1	1	—	—	—	4,7	9,0 12,0	Hielten dicht, hatten jedoch an der Unterfläche ein feuchtes Aussehen.	Dicht.	Wie bei 28 Tagen.
1	1	—	—	—	4,3	10,0 13,0	Nach 3 Stunden feuchte Stelle ²⁾ . Nach 5 Stunden Tropfenbildung ¹⁾ .	Nach etwa 1 St. leichte Trop- fenbild. Unt. Fläche völlig naß. Während 3-täg. Beob- achtung keine weitere Ver- änderung.	Nach 6 Stunden Tropfen- bildung.
1 1/2	1/2	—	—	—	4,5	10,0 13,0	Nach 3 Stunden feuchte Stelle ²⁾ . Nach 5 Stunden Tropfenbildung. Nach 3 St. feuchte Stelle. Nach 6 St. Tropfenbildung.	Nach etwa 1 St. leichte Trop- fenbild. Unt. Fläche völlig naß. Während 3-täg. Beob- achtung keine weitere Ver- änderung.	Nach 6 Stunden Tropfen- bildung.

¹⁾ Die Proben wurden, weil sie beim Einspannen in den Apparat in Folge zu geringer Festigkeit zerbrachen, in der Weise auf Wasserdurchlässigkeit geprüft, daß Glasröhren von 35 mm \varnothing wasserdicht aufgefittet und diese bis zu 1 m Höhe mit Wasser gefüllt wurden.

²⁾ Die Wassermenge, die zum Anfeuchten des Kieles diente, betrug 2,9 %.

³⁾ An der Unterseite der Proben ringförmige feuchte Stelle in Größe des aufgefitteten Glasrohres.

Kalkpulvers und der im abgelöschten Zustande eingereicheten Kalk (Kalkpulver) gegenüber dem der in Pulverform eingereicheten gemahlene, aber nicht mehr ablöschfähigen Kalk hervor.

Am besten wird das Material der hydraulischen Kalk aus der Mörtelfestigkeit erkannt. Aus den Festigkeitswerthen ergibt sich das Maß der Erhärtungsenergie. Aus dem Verhalten der Festigkeitskörper bei Lagerung unter Wasser lassen sich auf die für die Praxis wichtige Raumbeständigkeit zuverlässige Schlüsse ziehen.

Beständigkeit der Mörtelproben bei Wasserlagerung und Zunahme der Festigkeit lassen auf gutes Ablöschen des Kalkes und normale Erhärtungsfähigkeit schließen.

Weniger zuverlässig für die Beurtheilung der Raumbeständigkeit und Erhärtungsweise ist das Verhalten der Proben bei Luftlagerung, aus welchen Gründen, sei hier nicht erörtert, weil die bisherigen Erfahrungen der Versuchsanstalt und der Umstand, daß keiner der geprüften Kalk auf längere Zeit als drei Monate beobachtet worden ist, keine genügenden Unterlagen nach dieser Richtung hin geben.

Zwar ist auch die chemische Zusammensetzung für die Art der Kalk bezeichnend und wird bis zu einem gewissen Grade als Maßstab für die Beurtheilung seiner Verwendbarkeit als Wassermörtel gelten können; sie wird indeß, wie bereits oben erwähnt, keinen unmittelbaren Schluß auf den Grad der Erhärtungsenergie des Materials bezw. des daraus bereiteten Mörtels bei Erhärtung unter Wasser zulassen.

Bei Betrachtung der vorliegenden Festigkeitsergebnisse fallen vor Allem die großen Unterschiede zwischen diesen für die verschiedenen Kalk gefundenen Werthen auf. Sie sind in erster Reihe natürlich in der Verschiedenheit der Erhärtungsfähigkeit der Kalk selbst, dann aber auch in dem verschiedenen Mischungsverhältniß der Mörtel der untersuchten Kalk und in der Verschiedenheit der verwendeten Sande begründet. In einzelnen Fällen ist die Höhe der gefundenen Festigkeit auf die (chemische) Wirkung des Zuschlagmaterials (vergl. Nr. 8, 24 und 40), in anderen darauf zurückzuführen, daß das geprüfte Material kein eigentlicher hydraulischer Kalk, sondern vermuthlich ein durch Mischen von Portland-Cement und Kalk gebildetes Erzeugniß oder ein sonstiges Nebenprodukt der Portland-Cementfabrikation gewesen ist. Derartige Erzeugnisse lieferten höhere Mörtelfestigkeiten als gewöhnliche hydraulische Kalk.

Selbst bei gleichen Mischungsverhältnissen und gleicher Erhärtungsart sind die Abweichungen der Mörtelfestigkeiten der verschiedenen Kalk noch ziemlich erheblich. Innerhalb welcher Grenzen z. B. die Festigkeiten des Mörtels 1 Raumthl. Kalkpulver + 3 Raumthl. Normaland schwanken, zeigt nachstehende Tabelle, in welcher die mittleren Festigkeiten dieser Mischung für 8 Kalkorten gegenübergestellt sind, und zwar nach steigender Druckfestigkeit der 28 Tagesproben für Wasserlagerung geordnet.

Würde man der Beurtheilung der durchschnittlichen Güte von Mörteln aus hydraulischen Kalken diese Zahlen¹⁾ zu Grunde legen, so müßte aus ihnen geschlossen werden, daß diese

¹⁾ In der schweizerischen Materialprüfungsanstalt wurden nach den von Tetmajer veröffentlichten Mittheilungen dieser Anstalt (Heft 6 1893) für die während der Jahre 1886/93 geprüften hydraul. Kalk bei maschineller Anfertigung der Probekörper in der Normalmischung 1 Gewthl. Kalkpulver + 3 Gewthl. schweiz. Normaland u. für 28 Tage Wassererhärtung folgende Grenzwerte gefunden:

	Zugfestigkeit	Druckfestigkeit
Mittelwerth . .	7,5 kg/qcm	47,5 kg/qcm
Mindestwerth . .	1,4 " "	14,0 " "
Höchstwerth . .	16,0 " "	107,0 " "

Die Schweizer Normen für hydraul. Kalk verlangen als Normalfestigkeit 7 kg/qcm Zug und 40 kg/qcm Druck.

Festigkeit für den Mörtel aus 1 Raumthl. Kalkpulver + 1 Raumthl. Normalsand.
Mittelwerthe aus je 10 Ergebnissen in kg/qcm.

Kalk Nr.	28 Tage alte Proben						90 Tage alte Proben					
	Wasserlagerung			Luftlagerung			Wasserlagerung			Luftlagerung		
	Druck	Zug	Verhältniß $\frac{\text{Zug}}{\text{Druck}}$	Druck	Zug	Verhältniß $\frac{\text{Zug}}{\text{Druck}}$	Druck	Zug	Verhältniß $\frac{\text{Zug}}{\text{Druck}}$	Druck	Zug	Verhältniß $\frac{\text{Zug}}{\text{Druck}}$
17	1,7	1,57	$\frac{1}{1,1}$	5,6	1,83	$\frac{1}{3,1}$	1,9	1,24	$\frac{1}{1,5}$	7,1	2,00	$\frac{1}{3,6}$
25	4,7	1,63	$\frac{1}{2,9}$	—	—	—	—	—	—	—	—	—
16	6,6	4,3	$\frac{1}{1,5}$	—	—	—	—	—	—	—	—	—
21	7,1	2,63	$\frac{1}{2,7}$	11,6	2,62	$\frac{1}{4,4}$	17,8	5,9	$\frac{1}{3,0}$	23,2	4,8	$\frac{1}{4,8}$
28	7,1	1,67	$\frac{1}{4,3}$	20,0	5,7	$\frac{1}{3,5}$	13,7	3,41	$\frac{1}{4,0}$	33,2	5,8	$\frac{1}{5,7}$
14	12,8	3,26	$\frac{1}{3,9}$	24,5	7,90	$\frac{1}{3,1}$	11,2	3,62	$\frac{1}{3,1}$	20,1	4,65	$\frac{1}{4,3}$
35	19,3	4,8	$\frac{1}{4,0}$	—	—	—	43,1	8,0	$\frac{1}{5,4}$	—	—	—
10	20,2	3,78	$\frac{1}{5,3}$	23,6	3,79	$\frac{1}{6,2}$	43,8	6,50	$\frac{1}{6,7}$	—	—	—

Kalke wenigstens im Vergleich mit Durchschnittsfestigkeiten von Traßkalk- oder Cementmörtel mittlerer Güte nur geringe Erhärtungsenergie besitzen, wenn sie auch andererseits durchschnittlich höhere Festigkeit liefern als Luftkalke. Thatsächlich sind auch die Festigkeiten der in den letzten Jahren geprüften Kalke, von einigen Ausnahmen abgesehen, ziemlich mäßig. Hierbei ist noch zu berücksichtigen, daß die Mörtel für die Festigkeitsversuche in allen vorliegenden Fällen mit einem möglichst geringen Wasserzusatz (Erdsfeuchte) angemacht und die Probeförper durch Einschlagen in die Form künstlich stark verdichtet sind. Bei der praktischen Verwendung wird aber der Mörtel mit weit mehr Wasser (kellengerecht) verarbeitet und erlangt, wenn ihm auch beim Vermauern das Wasser zum Theil entzogen wird, doch nicht die Dichte, wie der erdsfeucht eingestampfte Mörtel. Vergleichende Versuche mit erdsfeuchten und mauergerechten Mörteln sind für die Folge in Aussicht genommen.

Die Kalkmörtel mit puzzolanartigen Sandzuschlägen und einige andere Kalke, die vermuthlich keine wirklichen hydraulischen Kalke, sondern dem Romancement ähnliche oder sonstige Kunsterzeugnisse sind, können naturgemäß für diese Beurtheilung nicht in Betracht kommen. Bei den früher untersuchten Kalken (Nr. 1—14 der Tabelle) sind durchweg ziemlich gute Festigkeiten ermittelt worden.

Die mechanische Zusammensetzung des Mörtels, d. h. das Mischungsverhältniß von Bindemittel zum Zuschlagmaterial ist selbstverständlich von wesentlichem Einfluß auf die Festigkeit des Mörtels, weil es dessen Dichte und damit dessen Erhärtung beeinflusst.

Für die mannigfaltige Wahl der Mischungen trifft die Versuchsanstalt keine Verantwortung, die sich in dieser Beziehung mangels einheitlicher Normen für die Prüfung hydraulischer Kalke entweder an die Verhältnisse der Praxis halten oder nach den besonderen Wünschen der Antragsteller verfahren mußte.

Planmäßige Versuche zur Feststellung des Einflusses des Mischungsverhältnisses auf die Festigkeit sind nicht ausgeführt worden. Es können daher auch keine zuverlässigen Rückschlüsse nach dieser Richtung gezogen werden. Daß es sich indeß für praktische Verhältnisse nicht empfiehlt, unter eine gewisse Grenze herunterzugehen, hat schon Bauschinger¹⁾ durch Versuche²⁾ bestätigt gefunden. Letztere erstreckten sich auf Mörtel aus Perlmooser hydraulischem Kalk und grobem Geröllsand in den Verhältnissen 1:1, 1:2, 1:3 und 1:4 und ergaben für die Mischung 1:4 nicht erheblich geringere Festigkeiten als für 1:1. Untersuchungen mit reinem Kalk sind seitens der Versuchsanstalt nur in einem Falle (Nr. 35) ausgeführt worden. Hierbei hat der reine Kalk beträchtlich höhere Festigkeiten ergeben, als der Mörtel (1:3) aus dem gleichen Material. Dies Ergebnis ist indeß nicht zu verallgemeinern; vielmehr dürfte die sonst herrschende, vermuthlich auf Erfahrung begründete Ansicht zutreffen, daß Sandzuschlag zum hydraulischen Kalk bis zu einer gewissen Höhe dessen Festigkeit erhöht. Michaëlis³⁾ sagt:

„Für die schwächeren hydraulischen Kalk ist ein solcher Zusatz als eine wesentliche Verbesserung anzusehen; ja die schwächsten unter ihnen würden, wie der gewöhnliche Kalk, ohne Sand als Bindemittel gar nicht fungiren können, weil sie, wie dieser, die erforderliche Festigkeit in sich nicht besitzen.“

Hauenschild⁴⁾ äußert sich wie folgt:

„Charakteristisch ist für sie (die Wasserkalke), daß sie, ebenso wenig wie der Luftkalk, eine nennenswerthe Selbstfestigkeit erreichen; sie haben eben keine festen Kerne von Silikaten zwischen dem überschüssigen Kalkhydrat, für sie bedeutet daher Sandzusatz Erhöhung der Festigkeit. Unsere Proben mit Chaux du Teil ergaben denn auch für reinen Kalk an Festigkeit nach 4 Monaten nur 4,2 kg; mit 3 Theilen Dolomitsand in derselben Zeit jedoch 7,9 kg, also nahezu das Doppelte. Mit Recht nennen wir daher die Wasserkalke nach dem Vorgange G. H. Hoffmanns unselbstständige Mörtel, ebenso wie die Luftmörtel.“

Ein maßgebendes Urtheil läßt sich indeß nach dieser Richtung nur auf Grund zuverlässiger Versuche fällen, die in Aussicht genommen sind.

Eine wichtigere Rolle als die Höhe des Sandzugespielt, wie die vorliegenden Ergebnisse beweisen, bei der Erhärtung die Art des Zuschlagsmaterials, und zwar sowohl was den Dichtigkeitsgrad⁵⁾ (Zusammensetzung nach Korngröße), die Beschaffenheit der Körner, die Reinheit (Gehalt an abschlämmbaren Bestandtheilen), als auch die chemische Zusammensetzung des Zuschlags anbetrifft. Die mitgetheilten Ergebnisse liefern hierfür genügende Beispiele. Während die physikalische Beschaffenheit die größere oder geringere Dichte des Mörtels bedingt, beeinflusst die mineralogische bzw. chemische Zusammensetzung des Sandes die Wechselwirkung zwischen dem Bindemittel und dem Sand und damit die Erhärtung der Mörtel in chemischer

¹⁾ J. Bauschinger. Mittheilungen aus dem mechanisch-technischen Laboratorium d. K. Polytechnischen Hochschule in München. Verlag von Theodor Ackermann, München. Heft 1 S. 7 u. 9.

²⁾ Die Ergebnisse dieser Versuche sind allerdings nicht ganz zuverlässig, weil die Proben nicht unter Kontrolle, sondern vom Antragsteller hergestellt wurden, dann aber auch deshalb, weil jeder Reihe nur 2 Probestücke zu Grunde lagen.

³⁾ Dr. W. Michaëlis. Die hydraulischen Mörtel, insbesondere der Portland-Cement. Verlag von Quandt & Händel, Leipzig 1869. S. 271.

⁴⁾ H. Hauenschild. Katechismus der Baumaterialien. II. Theil. Die Mörtelsubstanzen. Verlag Lehmann & Wenzel. Wien 1879. S. 214.

⁵⁾ Martens. Betrachtungen über Cementmörtel u. Beton. Mittheilungen. 1897. S. 89 u. ff.

Beziehung. Wie groß dieser Einfluß unter Umständen sein kann, zeigen namentlich die Mörtel der Kalk Nr. 8, 24 und 40. Weiter hierauf an dieser Stelle einzugehen, erübrigt sich, zumal diese Verhältnisse durch die Erfahrung und die wissenschaftliche Forschung (Michaëlis, Böhme¹⁾, Feret, Donath u. a.) hinlänglich bestätigt sind.

Was den Einfluß der verschiedenen Erhärtungsweise (Wasser- oder Luftlagerung) auf die Festigkeitszunahme betrifft, so lassen sich aus den vorliegenden Ergebnissen keine zuverlässigen Schlüsse nach dieser Richtung ziehen. In einzelnen Fällen ist die Festigkeit der Wasserproben höher, in andern geringer als die der Luftproben von gleichem Alter. Z. B. zeigen die Kalk Nr. 1—10, 13, 14, 15 und 44 bei Wassererhärtung höhere, zum Theil wesentlich höhere Festigkeiten als bei Lufterhärtung, während bei den übrigen Kalken die meisten unter Wasser schlechter zu erhärten scheinen als an der Luft. Bei einigen Kalken zeigen beide Arten von Proben kaum merkliche Unterschiede. Ähnlich liegen die Verhältnisse bei den hydraulischen Kalken, die in der schweizerischen Prüfungs-Anstalt — darunter einige sogar bis zu zwei Jahren Alter²⁾ — geprüft wurden.

Bedauerlich ist, daß für die in der Versuchsanstalt geprüften Kalk keine Ergebnisse höherer Altersklassen (die Festigkeitsversuche erstrecken sich nur bis auf 90 Tage alte Proben) vorliegen³⁾. Man wird indeß in der Annahme nicht fehl gehen, daß die Mörtel aus guten hydraulischen Kalken sich ähnlich verhalten werden, wie alle Mörtel mit puzzolanartigen Zuschlägen (Traßkalkmörtel u. s. w.), d. h. daß mit fortschreitendem Alter die Festigkeit der Wasserproben die überwiegende sein wird; sei es, daß man sich den Vorgang der Erhärtung, der durch den während der anfänglichen Luftlagerung sich vollziehenden Uebergang des stets vorhandenen freien Kalkes⁴⁾ in kohlenfauren Kalk in der äußersten Mörtelschicht eingeleitet wird, während der Wasserlagerung auf der Kalkhydrofiliatbildung oder auf der chemischen Wasserbindung beruhend denkt. Während der Wasserlagerung nimmt wahrscheinlich auch noch die Kohlenensäure an dem Erhärtungsprozesse Theil. Michaëlis nimmt dies als gewiß an.

„Ob nun der Erhärtungsprozeß, sagt er, an der Luft oder unter Wasser vor sich gehe, immer theilhaftig sich unter gewöhnlichen Verhältnissen eine große Menge Kohlenensäure an demselben, und zwar aus dem Grunde, weil die Verwandt-

¹⁾ Untersuchungen des in der Gifel vorkommenden vulkanischen Sandes in Bezug auf seine Verwendbarkeit zur Mörtelbereitung. Mittheilungen aus den Königl. techn. Versuchsanstalten 1889. Ergänzungsheft I.

²⁾ Mittheilungen der Anstalt zur Prüfung von Baumaterialien am eidgen. Polytechnikum in Zürich. Selbst-Verlag der eidgen. Festigkeits-Anstalt. Zürich 1893, Heft 6, S. 377 und 378.

³⁾ In der Abtheilung für Baumaterialprüfung hat sich leider keine Gelegenheit geboten, Versuche auf lange Zeit hinaus im wissenschaftlichen Interesse auszuführen und den Antragstellern lag in den meisten Fällen daran, möglichst bald in den Besitz der Prüfungsergebnisse zu gelangen.

⁴⁾ Die hydraulischen Kalk sind bekanntlich nur so stark gebrannt, daß eben die Kohlenensäure ausgetrieben und der beigemischte Thon theils oder vollständig aufgeschlossen ist. Michaëlis sagt mit Bezug hierauf:

„Die Temperatur, welcher die hydraulischen Kalk ausgesetzt werden, reicht meist nur hin, die Kohlenensäure auszutreiben und den in ihnen enthaltenen Thon aufzuschließen.“

Wir stellen uns darunter am zweckmäßigsten die Trennung von Kieselsäure, Thonerde und Eisen auf die Weise bewirkt vor, daß die letztgenannten Beiden der überwiegenden Menge starker Basis gegenüber ihren Charakter ändern und in Säuren übergehen.

Es ist von keinem Belang für die folgenden Betrachtungen, ob wir die Vereinigung von einer gewissen, immerhin nicht unbeträchtlichen Menge Kalk mit Kieselsäure und Thonerde (Eisenoxyd) im Feuer schon annehmen oder nicht; sicher ist, daß die Temperatur niemals so hoch gesteigert wird, um sämmtlichen Kalk in Verbindung zu bringen, daß also stets eine mehr oder minder beträchtliche Menge des vorhandenen Kalkes frei bleibt“. —

schaft dieser Säure auf nassem Wege zum Kalk größer ist, als die irgend eine der andern Körper.

Seiner Unlöslichkeit und ziemlich großen Festigkeit halber kann aber die Bildung von kohlensaurem Kalk für den Erhärtungsprozeß im Allgemeinen nur von Vortheil sein.“ —

Dieser das erste Erhärtungsstadium der Wassermörtel bildende Uebergang des freien Kalkes in kohlen-sauren Kalk ist aber für Mörtel aus hydraulischen Kalken nicht nur vortheilhaft, sondern, wie die Erfahrung lehrt und die vorliegenden Ergebnisse beweisen, nothwendig. Bei den Mörteln sämmtlicher geprüfter Kasse mußte der Wasserlagerung eine gewisse, der Eigenart des Kalkes entsprechend lange Luftlagerung vorausgehen, wenn die Mörtel einen für die nachfolgende Wassererhärtung genügenden Zusammenhang erlangen sollten, oder das etwaige Nachlöschen des Kalkes im Wasser verhindert werden sollte. Bei früherer Unterwasser-Setzung weichten entweder die Probekörper auf oder wurden rissig (wenn der Kalk nicht gut abgelöscht war) und zerfielen. Die Dauer dieser Luftlagerung schwankte bei den verschiedenen Kalken außerordentlich; sie betrug in einem Falle 11 bezw. 12 Tage.

Daß öfteres Anfeuchten der Proben, wenn sie an der Luft erhärten, deren Festigkeit erhöht, zeigen die Beispiele Nr. 26 und 28.

Versuche zur Ermittlung der Haftfestigkeit von reinen Mörteln aus hydraulischen Kalken sind in den letzten Jahren nicht zur Ausführung gelangt.

Bauschinger ¹⁾ fand bei Abreißversuchen aus Perlmooser hydraulischem Kalk unter Verwendung von Ziegeln mit	frischer Bruchfläche (110 Tage alt)	natürlicher Bruchfläche (95 Tage alt)
die Kohäsion oder Adhäsion dieses Mörtels zu	1,0 kg/qcm	0,9 kg/qcm
und bei Abscheerversuchen ²⁾ unter Verwendung von Ziegeln mit	frischer Bruchfläche (105 Tage alt)	natürlicher Bruchfläche (90 Tage alt)
die Scheerfestigkeit zu	5,5 kg/qcm	5,4 kg/qcm

Böhme ³⁾ ermittelte bei Abreißversuchen mit über Kreuz gemauerten Rathenower Ziegelsteinen im Mittel aus je 10 Versuchen folgende Werthe für die Haftfestigkeit:

		28 Tage alt	90 Tage alt
		(Luftlagerung)	
1 Gewth. hydraulischer Kalk + 1 Gewth. Normalsand:	0,752 kg/qcm	3,394 kg/qcm	
1 " " " + 3 " "	0,670 "	2,183 "	

In der Abtheilung für Baumaterialprüfung wurden bei laufenden Prüfungen mit Mörteln aus hydraulischem Kalk, denen allerdings Portland-Cement zugesetzt war, nachstehende Werthe für die Haftfestigkeit dieser Mörtel bei Luftlagerung ermittelt:

1 Raumthl. hydraulischer Kalk +	}	3 Tage alt	28 Tage alt	90 Tage alt
1 " Cement +		1,1 kg/qcm ⁴⁾	2,6 kg/qcm ⁴⁾	2,9 kg/qcm ⁴⁾
3 " Mauer-sand		0,8 " ⁵⁾	1,3 " ⁵⁾	1,6 " ⁵⁾
5 Raumthl. hydraulischer Kalk +	}	7 Tage alt	28 Tage alt	90 Tage alt
1 " Cement +		0,8 kg/qcm ⁶⁾	1,2 kg/qcm ⁶⁾	2,4 kg/qcm ⁶⁾
20 " Mauer-sand				

¹⁾ J. Bauschinger, Mittheilungen aus dem mechanisch-technischen Laboratorium der k. Polytechnischen Schule in München. Verlag von Theodor Ackermann, München. 1873, Heft 1, S. 16 und 17.
²⁾ Den Versuchen lagen nur je zwei Proben zu Grunde.
³⁾ Mittheilungen aus den Königl. techn. Versuchsanstalten. Jahrg. 1884. S. 48 und 49.
⁴⁾ Versuchsreihe mit über Kreuz gemauerten Kochziegeln (Kaminsteinen).
⁵⁾ Versuchsreihe mit über Kreuz gemauerten Vollziegeln (Kaminsteinen).
⁶⁾ Ermittelt an Kochziegeln.

Auf das Verhältniß $\frac{\text{Druck}}{\text{Zug}}$ der Mörtel aus hydraulischen Kalken lassen sich nach den vorliegenden Ergebnissen keine sicheren Schlüsse ziehen. Angesichts der Thatsache, daß die Druckfestigkeit der Wasseralkmörtel verhältnißmäßig gering ist, erklärt es sich, daß auch das Verhältniß $\frac{\text{Druck}}{\text{Zug}}$ kleiner ist, als das von Mörteln aus Portland-Cement, welche bekanntlich eine verhältnißmäßig hohe Druckfestigkeit haben, namentlich bei höherem Alter.

Nach der vorstehenden Zusammenstellung der Festigkeitswerthe für die Mischung 1 Raumtheil Kalkpulver + 3 Raumtheile Normalsand schwankt das Verhältniß $\frac{\text{Druck}}{\text{Zug}}$ für 28 Tage alte Wasserproben zwischen $\frac{1}{1,1}$ und $\frac{1}{5,3}$; im Mittel beträgt es $\frac{1}{3,3}$.

Daß die Zugfestigkeit verhältnißmäßig höher ist als die Druckfestigkeit, ist zum Theil darin begründet, daß die Zugproben beim Einschlagen stärker verdichtet werden, als die Druckproben (eine Folge größerer Schlagarbeit bezogen auf die Einheit der Mörtelmasse).

Dies läßt sich namentlich an dem Raumgewicht der Mörtelproben aus Bau- bezw. Mauer sand erkennen, die sich meist in Folge günstigerer Kornzusammensetzung dieser Sande besser verdichten als die Normalsandmörtel (vergl. Kalk Nr. 22, 34, 36 und 41).

In der chemischen Zusammensetzung schwanken die hydraulischen Kalken nach den ermittelten Analysenzahlen ziemlich erheblich. Der leichteren Uebersicht wegen seien die Ergebnisse der Prüfung auf chemische Zusammensetzung, die in der Abtheilung für Baumaterialprüfung ausgeführt wurden, nachstehend zusammengestellt, und zwar nach fallendem Kalkgehalt geordnet. Die Kalk 8, 9 und 10 sind sogenannte dolomitische Kalken.

Analysen von hydraulischen Kalken.

Die in Klammern stehenden Zahlen beziehen sich auf den Kalk im ausgeglühten, d. h. wasser- und kohlenstofffreien Zustand.

Bezeichnung bezw. Ursprung des Kalkes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Wasserhalt des Kalkmerks Armenting ¹⁾ Kohlstoff-Rippe	Cementkalk aus Osternick a. S.	Magerer Kalk aus Wachen	Wasserhalt aus dem Kalkmerks Geise i. W.	Schwarzkalk aus der Pfalz	Sattkalk aus Lothringen	Schwarzkalk aus Lothringen	Kalk aus Sachsen	Kalk aus Schlesien	Schwarzkalk aus der Pfalz
Kieselsäure	12,60 (12,83)	10,21 (10,73)	13,36 (15,71)	18,01 (21,11)	6,85 (8,72)	15,54 (17,81)	13,80 (16,66)	2,02 (2,40)	2,52 (2,96)	3,25 (4,07)
Eisenoxyd und Thonerde	1,20 (1,22)	3,84 (4,04)	1,75 (2,58)	4,29 (5,03)	3,92 (4,99)	8,37 (9,59)	7,83 (9,45)	6,26 (7,43)	2,27 (2,67)	4,65 (5,82)
Kalk	83,40 (84,93)	78,83 (81,81)	64,41 (75,76)	62,63 (72,96)	56,83 (72,30)	56,53 (64,81)	53,83 (65,01)	47,46 (56,33)	47,20 (55,50)	43,71 (54,69)
Magnesia	0,18 (0,18)	0,80 (0,84)	Spuren	0,31 (0,36)	4,87 (6,20)	1,24 (1,42)	1,22 (1,47)	28,40 (33,71)	28,00 (32,92)	26,97 (33,75)
Schwefelsäure	0,43 (0,44)	1,33 (1,40)	0,34 (0,40)	0,20 (0,24)	0,78 (0,99)	1,14 (1,31)	0,62 (0,74)	0,27 (0,32)	0,87 (1,02)	0,36 (0,45)
Unaufgeschlossener Rückstand	—	—	4,65 (5,47)	—	4,88 (6,21)	4,46 (5,11)	5,83 (7,02)	—	2,14 (3,52)	—
Glühverlust	9,80 —	4,87 (5,12)	14,98 —	17,24 —	21,40 —	12,77 —	17,21 —	18,68 —	17,58 —	20,08 —
Rest (Alkalien)	0,39 (0,40)	—	—	0,26 (0,30)	0,47 (0,59)	—	—	—	1,69 (1,98)	Mangan- ver- bindungen
									Mangan- oxyhydrog.	

¹⁾ An ungeschlammtem Stückkalk bestimmt.

Die Prüfung des in Berlin und Umgegend vielfach verwendeten Müdersdorfer hydraulischen Kalkes auf chemische Zusammensetzung lieferte folgendes Ergebnis:

Analyse
von Müdersdorfer hydraulischem Kalk.

	aus dem Jahre 1901		aus dem Jahre 1902	
Kieselsäure	8,48	(10,52) %	13,58	(16,87) %
Eisenoxyd und Thonerde	5,62	(6,97) "	7,28	(9,02) "
Kalk	58,10	(72,06) "	57,00	(70,80) "
Magnesia	0,89	(1,10) "	1,49	(1,85) "
Schwefelsäure	1,23	(1,52) "	1,06	(1,32) "
Unaufgeschlossener Rückstand	4,70	(5,83) "	—	— "
Glühverlust	19,38	— "	19,49	— "
Rest (Alkalien)	1,60	(1,98) "	0,10	(0,12) "

Zum Vergleich seien nachstehend noch einige von anderen Forschern gefundene Analysen hydraulischer Kalkes, die als bewährte Wasserkalke gelten, angeführt¹⁾.

Bezeichnung bezw. Ursprung des Kalkes	Chaux hy- draulique Grenoble	Chaux du Teil (La Farge)	Chaux du Teil (Alignole)	Chaux du Senonches	Teplitzer Wasser- Kalk	Beocfiner Wasser- Kalk	Curowiger (Zumat- schauer) Kalk	Eperinzer Wasser- Kalk
Kieselsäure	7,23	22,95	20,33	26,77	23,62	16,82	30,27	26,4
Thonerde	4,56	1,12	1,0	1,57	6,55	7,18	1,30	4,0
Eisenoxyd	0,95	1,28	0,82	1,12	9,55	4,88	2,16	1,9
Kalk	84,22	74,64	77,87	70,54	60,62	54,07	60,42	64,4
Magnesia	—	—	—	—	—	9,31	1,06	2,16
Alkalien	—	—	—	—	—	—	0,76	0,93
Sand, Thon	3,04	—	—	—	—	Unlösliche Kieselsäure 5,36	Kohlensäure 3,62	—

Auch hier sehen wir große Abweichungen in der Zusammensetzung des Materials, die — von den dolomitischen Kalken abgesehen — namentlich in dem schwankenden Verhältniß von Kalk zu Thon zum Ausdruck kommen.

Daß die chemische Zusammensetzung bezw. das Verhältniß von Kalk zu Thon nicht allein für die Bewerthung der Wasserkalke nach Güte und Erhärtungsfähigkeit maßgebend ist, daß vielmehr hierfür noch andere Punkte in Frage kommen, ist bekannt.

Michaëlis²⁾ hebt als solche Punkte den Gehalt an Eisen, die Form, in welcher der Quarz sich vorfindet und insbesondere die physikalische Beschaffenheit (Dichte) der Kalke hervor.

„Je dichter und fester das Material nämlich an und für sich schon ist, desto dichter wird es auch nach dem Brennen und Erhärten, und da das Haupterforderniß für den Bestand eines Wassermörtels dieses ist, den Zutritt des Wassers auf das geringst mögliche Maß zu reduciren, so liegt es klar zu Tage, daß dieser Bedingung um so vollkommener genügt wird, je dichter die Moleküle aggregirt sind, je weniger porös der hydraulische Mörtel ist.“

Daß außer den genannten Verhältnissen auch das Herstellungsverfahren und die Art der Ablösung auf die später zu erlangende Festigkeit von Einfluß sind, ist zweifellos.

Nachstehend seien die in Frankreich gültigen Lieferungsbedingungen des französischen Marineamtes für den hydraulischen Kalk von Teil, der als besonders vorzüglicher und be-

¹⁾ Hauenschild. Katechismus der Baumaterialien. II. Theil. Die Mörtelsubstanzen. Verlag von Lehmann & Wenzel, Wien. Jahrg. 1879. S. 115.

²⁾ Michaëlis. Die hydraulischen Mörtel. 1869. S. 73.

währter hydraulischer Kalk gilt und als typischer Vertreter dieser Bindemittelart angesehen wird, in der Uebersetzung mitgetheilt (vergl. E. Leduc, Chaux et Ciments. Librairie. J. B. Baillière et Fils, Paris 1902, S. 434).

Hydraulischer Kalk.

Hafen von Toulon: Nationale Marine.

Hydraulischer Kalk von Teil. — Der Kalk soll ausschließlich hydraulischer Kalk von Teil, aus der Fabrik von Pavin de Lafarge sein.

Derfelbe soll in gedeckten Wagen und in plombirten Säcken, welche im Mittel je 50 kg Kalkpulver enthalten, von Teil nach Toulon gebracht werden.

Auf der einen Seite soll die Plombe, welche die beiden Enden der weißen Packsehnur, mit der der Sack verschnürt ist, sichert, die Aufschrift „Lafarge“ mit drei Sternen im Dreieck darum und auf der anderen Seite die Aufschrift „Chaux hydraulique“ tragen. Der Lieferant soll überdies den Ursprung des Kalkes nachweisen, indem er den Frachtbrief und die Faktura sofort bei der Ankunft des Kalkes in Toulon vorweist.

Jeder Sack mit Kalk, welcher Beginn von Abbinden aufweist, wird zurückgewiesen und muß vom Lieferanten innerhalb 24 Stunden vom Bauplatz entfernt sein, andernfalls läßt ihn die Marine auf Kosten des Lieferanten entfernen und nach dem Abraum des Hafens tragen. Der Kalk muß nachstehenden Bedingungen entsprechen:

1. Dichte. — Die Dichte (Raumgewicht) des hydraulischen Kalkes von Teil wird nach dem Verfahren bestimmt, wie es bei den hydraulischen Kalken des Landes üblich ist. Das Gewicht eines Kubikdecimeters soll zwischen 0,750—0,800 kg betragen.
2. Bindezeit. — Man stellt in einer Zinnform aus Mörtel in der Mischung 400 kg Kalk auf 1 cbm Seesand in dickbreiiger Steife einen Probekörper her, welcher der freien Luft ausgesetzt, 38 Stunden nach dem Anmachen die Vicatsche Nadel tragen muß.
3. Zugfestigkeit. —

- a) Man stellt in Zinnformen Probekörper aus reinem Kalk in dickbreiiger Steife her, welche, sobald sie die Vicatsche Nadel tragen können, ausgeformt und an der freien Luft belassen werden. Diese Probekörper werden später in Gruppen von je fünf mittelst des Apparates, Bauart „Suc“, zerrissen und müssen nachstehende Zugfestigkeiten, bezogen auf den Quadratcentimeter des kleinsten Querschnittes des Probekörpers, ergeben:

Nach 8 Tagen	3,0 kg
„ 15 „	3,500 „
„ 30 „	4,500 „
„ 60 „	7,000 „

- b) Aus Mörtel in der Mischung 400 kg Kalk auf 1 cbm Seesand, welcher durch ein Drahtsieb getrieben und mit Meerwasser gewaschen ist, werden Zugproben hergestellt, 38 Stunden nach deren Anmachen entformt, an die freie Luft gebracht und in Gruppen von je fünf zerrissen.

Die Zugfestigkeiten sollen für einen Quadratcentimeter betragen:

2,500 kg	15 Tage nach der Herstellung
3,500 „	30 „ „ „ „
5,500 „	60 „ „ „ „

- c) Eine Anzahl Zugprobekörper aus Mörtel in der Mischung 400 kg Kalk auf 1 cbm Seesand werden 2 Stunden nach ihrer Herstellung sammt der Formen in einen Bottich mit Meerwasser völlig eingetaucht. Die Formen werden nach 15 Stunden entfernt und die Probekörper wieder unter Wasser gesetzt. Die Probekörper müssen beim Zerreißen nachstehende mittlere Zugfestigkeiten pro qcm ergeben:

1,700 kg	15 Tage nach der Herstellung
3,700 „	30 „ „ „ „
6,800 „	60 „ „ „ „

Während der Dauer der Wasserlagerung müssen die Probekörper unverfehrt bleiben und ihre scharfen Kanten bewahren. Der Zerreißungsquerschnitt der Probekörper soll ein Quadrat von 0,04 m Seitenlänge sein.



WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA

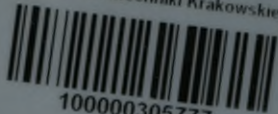


L. inw.

33658

Kdn., Czapskich 4 — 678. 1. XII. 52. 10.000

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000305777