

Der rheinische Trass  
als hydraulischer Zuschlag  
in seiner Bedeutung  
für das Baugewerbe

Zusammengestellt

von

Anton Hambloch

in

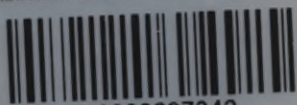
Andernach a. Rhein

1903

Selbstverlag des Verfassers

19.19  
22

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000297342

XX  
860



Der rheinische Trass  

---

als hydraulischer Zuschlag  
in seiner Bedeutung  
für das Baugewerbe.



Zusammengestellt von

Anton Hambloch

in

Andernach a. Rhein.



—❖— 1903. —❖—



*II 311.*

Selbstverlag des Verfassers.

xx  
860

Nachdruck verboten. \* Uebersetzungsrecht vorbehalten.

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA  
KRAKÓW

112470

Akc. Nr. 1437/49

## Inhalts-Verzeichnis.

|   | Seite |
|---|-------|
| 1. Die Fundstätten des Trasses . . . . .  | 1—2   |
| 2. Leucittuff — Beller Backofenstein, Weiberner-, Riedenersteine, Kalk-<br>tuffe, Tropfsteine, Schwemmsteine . . . . .  | 3—4   |
| 3. Analysen von Tuffstein und Trass . . . . .   | 5—6   |
| 4. Gewinnung von Tuffstein . . . . .  | 7     |
| 5. Die Entstehung des Tuffsteins . . . . .  | 7     |
| 6. Die Anwendung des Trasses als hydraulischer Zuschlag . . . . .   | 8—11  |
| 7. In der Baupraxis bewährte Trass-Kalkmörtel-Mischungen im<br>Allgemeinen . . . . .  | 11—12 |
| 8. Mitteilungen über die angewendeten Mischungsverhältnisse von Trass-<br>Kalkmörtel bei grossen Bauten der letzten 40 Jahre:   |       |
| a. Wasserbauten . . . . .   | 12—15 |
| b. Hochbauten . . . . .   | 15—16 |
| 9. Festigkeit des Trassmörtels — Einfluss des Kalkes und Sandes durch<br>Untersuchungen mit verschiedenen Materialien und wechselnder<br>Behandlungsweise; Ermittlungen über die günstigsten Mischungs-<br>verhältnisse für die einzelnen Verwendungsfälle . . . . .  | 16—25 |
| 10. Résumé der vorstehenden Versuchsergebnisse . . . . .  | 25—27 |
| 11. Mitteilungen über die Resultate weiterer Versuche . . . . .   | 27—32 |
| 12. Die wesentlichsten Vorzüge des Trassmörtels zu allen Wasserbauten<br>und Bauwerken, bei denen es auf Dichtigkeit ankommt; seine Wohl-<br>feilheit, Dichtigkeit, hohe Elastizität, geringe Schlamm-<br>bildung, grosse Ergiebigkeit, langsamere und regelmässige Erhärtung, Haft-<br>festigkeit (Adhäsion) . . . . . | 33—35 |
| 13. Aufbewahrung fertig gemischten Trassmörtels . . . . .   | 35    |
| 14. Frostbeständigkeit des Trassmörtels . . . . .   | 36    |
| 15. Feuchte Lagerung und Nasswerden von Trass . . . . .   | 36—37 |
| 16. Prüfung von Trass . . . . .   | 37—43 |
| 17. Gutachten und Zeugnisse über Erfahrungen mit Trass-Kalkmörtel . . . . .   | 44—54 |
| 18. <i>Trass als Zusatz zum Cement</i> . . . . .  | 55—56 |
| 19. Mörtelberechnungen von Cementmörtel im Vergleiche mit Cement-<br>Trassmörtel . . . . .  | 57    |
| 20. Prüfungen und Festigkeiten von Cement-Trassmörtel $\frac{1}{2}$ Cementmörtel<br>in Süsswasser und in Seewasser . . . . .  | 58—63 |
| 21. Zusammenstellung über bereits praktisch angewendete Cement-Trass-<br>und Cement-Trass-Kalkmörtel . . . . .  | 63—66 |
| 22. Gutachten und Zeugnisse über Erfahrungen mit Cement-Trass- und<br>Cement-Trass-Kalkmörtel . . . . .   | 66—67 |
| 23. Schlusswort . . . . .   | 67—68 |





## Die Fundstätten des Trasses.

Der Name „Trass“ ist nach Dressel\*) dem holländischen „Tyraas“ (Tarras) = Kitt (Bindemittel) entlehnt und bezeichnet ein aus Tuffstein (auch Duckstein genannt) gewonnenes Produkt der vulkanischen Eifel, welches unter die Gattung der natürlichen Puzzolanen (P = Sammelname für hydraulische Zuschläge) gehört.

Die besten Fundorte des echten Tuffsteins sind bei den Dörfern Plaidt, Kretz und Kruft im Nettethal unweit Andernach am Rhein belegen, woselbst solcher noch in sehr umfangreichen Mengen vorhanden ist.

Er findet sich dort nur in ziemlich grosser Tiefe, fast ganz unter der Grundwasserlinie, vor.

Weitere Tuffsteinlager finden sich im Brohlthale, doch sind diese heute nahezu erschöpft.

Im Auslande sind noch als Fundstätten für Puzzolanen vulkanischen Ursprungs (natürliche\*\*) bekannt diejenigen in Italien, in der Krim (Süd-Russland), auf den Azoren und auf Java.

Man unterscheidet bei der Gewinnung des Tuffsteins gelbe, graue, dunkelgraue oder blaue Steine.

Der gelbe Tuffstein ist dasjenige Vorkommen, welches der Wasserlinie am nächsten liegt, während die dunkleren Arten, die zugleich die härteren und in der Regel auch die besseren Steine sind, tiefer unter derselben lagern. Eine scharfe Trennung der einzelnen Schichten findet nicht statt, vielmehr ist der Farbenwechsel ein allmählicher.

Für's Allgemeine wird der in den Handel kommende Trass, entsprechend dem natürlichen Vorkommen in den Gruben, aus einer Mischung von:  $\frac{1}{2}$  gelben,  $\frac{1}{4}$  grauen, und  $\frac{1}{4}$  dunkelgrauen Steinen gemahlen.

Als äussere Erkennungszeichen für guten Tuffstein gelten, dass solcher beim Zerschlagen scharfe Kanten zeigt und dabei einen hellen Klang hat, porös und von gleichmässiger Struktur ist.

Wie dies auch bereits von anderer Seite hervorgehoben, kann man wohl sagen, dass je härter der Stein, je schärfer der Bruch und je dunkler die Farbe, um so besser die Qualität ist. Vergl. auch Wolfram, „Mitteilungen über Tuffstein, Trass etc.“

\*) Dressel, „Geognostisch-geologische Skizze der Laacher Vulkangegend.“

\*\*) Künstliche Puzzolanen s. z. B. Ziegelmehl, gebrannter Thon, Hochofenschlacken, Wasserglas u. s. w.

Ueber dem echten Tuffstein lagern noch andere vulkanische Gesteinsmassen oder kommen als Verwerfungen in den Gruben vor, welche die Namen Tauch, Pfeiffen, Knuppen führen, sowie ferner Asche, (Aschenknuppen) auch wilder Trass — Bergtrass — genannt werden. Diese Materialien eignen sich indes, weil meistens lose und staubartig und von geringer Kohärenz, nicht zur Verwendung in der Baupraxis.

Trotzdem gelangen diese minderwertigen Produkte noch häufig anstatt des aus echtem Tuffstein gewonnenen Trasses in den Handel und zwar vorwiegend der Brohler Bergtrass, der in grosser Mächtigkeit — stellenweise bis zu 30 Meter — zu beiden Seiten des Brohlthales auf dem dort nur mehr in geringen Mengen vorhandenen guten Tuffstein auflagert. Um zu dem letzteren zu gelangen, sind daher bedeutende Gewinnungskosten aufzuwenden, weshalb die Verwertung des Bergtrasses für die Rentabilität der Brohlthaler Betriebe eine nur zu natürliche ist.

Dieser „wilde Trass“ wird deswegen im Brohlthale vielfach teils mehr — teils weniger mit echtem Trasse, der, wie vorerwähnt, dort nur noch spärlich vorhanden, vermischt und so an den Mann gebracht, welchem Umstände es zuzuschreiben ist, dass man dem Trasserzeugnisse des Brohlthales in Baukreisen heute mit berechtigtem Misstrauen begegnet. Das Hauptabsatzgebiet des Brohler Trasses ist deshalb das Ausland (Holland und Belgien) geworden, woselbst oft die Qualitätserfordernisse für echten Trass, auf die ich später noch ausführlicher zurückkomme, nicht so streng gehandhabt werden, wie dies bei uns in Deutschland geschieht. Eine weitere Folge der vorhin angeführten Missstände in der Verschlechterung des echten Trasses durch minderwertige Beimengungen ist die Vorschrift, dass bei allen grossen Bauwerken — namentlich Staats- und Marinebauten — der Trass beinahe ausschliesslich nur mehr in ungemahlenem Zustande als „Tuffstein“ angeliefert werden darf. Dort wird dann derselbe mittelst Steinbrecher vorzerkleinert und in Kollergängen (Broyeurs) bei weiterer Vermahlung und Vermengung mit Kalk und Sand zum fertigen Mörtel verarbeitet, der durch seine innige Mischung von vorzüglicher Beschaffenheit ist.

Ueber die Verfälschungen des echten Trasses sei auch auf die Schrift des Königl. Bergrates Liebering in dessen Beschreibung des Bergreviers Coblenz I, Seite 75, wie auf die bereits früher angeführte Broschüre des damaligen Regierungsbaumeisters, jetzigen Königl. Baurates Wolffram „Mitteilungen über Tuffstein, Trass etc. der vulka-

nischen Eifel“, Seite 6 und ferner auf den Bericht der Handelskammer Coblenz, 1882, Seite 14, verwiesen.

Als weitere Trassvorkommen werden die Lager bei Winnigen a. d. Mosel bezeichnet, welches Produkt aber hinsichtlich seiner Qualität nach Dr. Michaëlis\*) nur dem Bergtrasse gleich zu erachten ist.

Auch sollen an verschiedenen Stellen des Westerwaldgebirges sowie im Riesthale bei Nördlingen in Bayern Fundgruben für Trass liegen; dies wird aber zu Unrecht behauptet.

Während man es im ersteren Falle mit einem Material trachytischen Charakters zu thun hat, — Trachyt (bei thätigen und erloschenen Vulkanen auch als Trachyttuff\*\* und Trachytlava auftretend) ist ein durch seinen Sanidiningehalt (glasiger Feldspath) und seine lichtgraue und lichtrötliche Farbe ausgezeichnetes, mit Trass nicht zu verwechselndes Ergussgestein — s. Drachenfels am Rhein — ist das bayerische Vorkommen im Riesthal nach Prof. Dr. Feichtinger\*\*\*) von dem rheinischen Trass, der Puzzolanerde (dem italienischen Trasse nach dem Gewinnungsorte Puzzuoli benannt) wie von den vulkanischen Tuffen überhaupt grundverschieden; namentlich wechselt seine Zusammensetzung sehr häufig und gelatiniert dasselbe mit Salzsäure nicht und löst sich in Salzsäure auch nur wenig.

In beiden Fällen ist die Möglichkeit der technischen Verwertung, wie wiederholte Versuche erwiesen haben, für diese Erzeugnisse eine sehr minimale.

Das Gleiche gilt für die Abfälle des in der Nähe des Brohlthales, d. h. bei den Dörfern Bell, Rieden, Weibern, Kempenich, Engelen und Wehr, in grossen Massen auftretenden **Leucittuffes**, auch Beller Backofenstein (durch seine hohe Widerstandsfähigkeit gegen Hitze), Riedenerstein, Weibernerstein etc. bezeichnet, welcher wegen seiner leichten Bearbeitungsweise ein allgemein bekannter und weithin geschätzter Bau- und Bildstein ist.

Vom Leucittuff, nach den in demselben vielfach enthaltenen Leucitkrystallen so benannt — sagt Dressel:

„Der feste Trass (womit echter Trass gemeint ist. D. V.) stellt eine weissgraue oder gelblich weisse, weiche aber doch kompakte Masse dar. Er enthält an krystallinischen Einsprenglingen: Sanidin, Augit, Hornblende, Magneteisen, Glimmer, Hauyn und Titanit. **Leucit fehlt ihm ganz.**“

\*) Dr. Michaëlis „Die hydraulischen Mörtel insbesondere der Portland-Cement.“

\*\*) Mit Trachyttuff bezeichnet man auch das Verwitterungsprodukt der trachytischen Grundmasse.

\*\*\*) Dr. Feichtinger, „Die chemische Technologie der Mörtelmaterialien.“

Indem Dressel dann in seiner Abhandlung noch weiter auf die grosse Verschiedenheit der im Trasse und im Leucittuff vorkommenden Bimssteine, die in letzterem nur sporadisch vorkämen, hinweist, sagt er, **dass auch aus diesem Grunde der Trass wesentlich ein ganz anderes Tuffgestein sei als der Leucittuff.**

Als charakteristisches Merkmal für den Leucittuff führe ich noch dessen dichtes Gefüge an — im Gegensatz zu dem porösen Trassstein.

Trotz dieser scharfen auch von anderen namhaften Geologen betonten sehr verschiedenen Arten des Trasses und des Leucittuffes wird, der kaum nennenswerten hydraulischen Fähigkeiten des letzteren ungeachtet, noch häufig versucht, namentlich in Belgien, die vorbesprochenen Abfälle des Leucittuffes wie auch solchen selbst, an Stelle des echten Trasses einzuschmuggeln.

Es seien ferner die Kalktuffe — Tropfsteine — erwähnt, welche auch als Tuffsteine bezeichnet werden.

Diese Gesteinsarten gehören ganz anderen Bildungen an. Solche sind sedimentären Ursprungs (lediglich durch Wasserablagerungen — Sinterungen entstanden), während die hydraulischen Tuffsteine der Vordereifel Produkte vulkanischer Erhebungen sind.

Schliesslich ist noch zu bemerken, dass die in unserer Gegend massenhaft fabrizierten Schwemmsteine oder besser Bimssandsteine, oft auch den irrigen Namen „Tuffsteine“ führen. Diese Bimssandsteine werden aus Bimssand (gleichfalls ein vulkanisches Produkt der Vordereifel, durch Durchströmung von Gasen und Dämpfen durch glutflüssige trachytische Laven entstanden) mit hydraulischem Kalk als Formpresssteine hergestellt und finden wegen ihren vorzüglichen Eigenschaften, Trockenheit, geringes Gewicht etc., zu Fachwänden, Ausstücken der Decken, Ausmauerung von Balkonen, auch vielfach zum Bau ganzer Häuser ausgedehnte Verwendung.

Um dem Interessenten ein anschauliches Bild über das Tuffsteinvorkommen des Nettethales, sowie Aufschluss über die chemische Zusammensetzung des in diesem gewonnenen reinen Trasssteins in Gegenüberstellung mit einigen geringeren Sorten und Knuppentrass\*) von Brohl zu geben, verweise ich auf die folgende Darstellung des Querschnittes einer Tuffsteingrube der Firma Gerhard Herfeldt bei Plaidt, wie auch auf die daran anschliessenden Analysen einiger auf dem Gebiete der Mörtelkunde bekannter Techniker und Chemiker.

\*) Knuppen sind die Uebergänge vom festen Trassgestein zu den ihm auflagernden loseren Varietäten.



} Schutzmauer  
 } Bimssteinschicht  
 } Tuffasche  
 } Alte Männer\*)  
 } Wasserlinie  
 } Gelber Tuffstein  
 } Grauer Tuffstein  
 } Blauer Tuffstein

Entwässerungs-Kanal

## Tuffstein-Grube

von Gerhard Herfeldt in Plaidt bei Andernach a. Rhein.

\*) Bergtechnischer Ausdruck für in früheren Zeiten bereits ausgebeutete und wieder ausgefüllte Grubenräume.



Analyse von Dr. Michaëlis von echten Tuffstein-Sorten aus dem Nettethal:

|   | I.<br>gelb     | II.<br>blaugrau | III.<br>grau   | IV.<br>blaugrau | V.<br>gelbgrau | VI.<br>blaugrau |
|---|----------------|-----------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|
| Kieselsäure   | 60.345         | 60.087          | 59.707         | 59.333          | 59.540         | 59.172          |
| Thonerde  | 19.414         | 19.425          | 20.852         | 20.777          | 20.250         | 20.462          |
| Eisenoxyd   | 4.749          | 4.842           | 4.427          | 4.714           | 4.415          | 5.179           |
| Manganoxyd  | 0.913          | 0.495           | 0.347          | 0.523           | 0.542          | 0.448           |
| Kalkerde  | 2.177          | 2.236           | 1.775          | 1.954           | 2.136          | 2.783           |
| Bittererde  | 1.604          | 1.749           | 1.297          | 1.958           | 1.334          | 1.985           |
| Kali  | 5.447          | 4.433           | 4.961          | 4.687           | 4.791          | 4.669           |
| Natron  | 4.271          | 6.031           | 5.989          | 5.501           | 5.709          | 4.931           |
| Schwefelsäure   | 1.131          | 0.926           | 0.784          | 0.684           | 1.326          | 0.525           |
| An löslicher freier hydratischer Kieselsäure durch Behandlung mit kohlen-saurem Natron waren vorhanden: | <b>100.051</b> | <b>100.224</b>  | <b>100.139</b> | <b>100.131</b>  | <b>100.043</b> | <b>100.154%</b> |
| Glührückstände nach Behandlung mit Salzsäure  | 8.540          | 8.481           | 11.905         | 9.404           | 10.600         | 9.067           |
|   | 29.652         | 32.258          | 27.166         | 33.242          | 27.898         | 33.585          |

NB. Die gefundenen Zahlen dieser Analyse sprechen für eine übereinstimmende Beschaffenheit des guten Tuffsteins.

## Analysen verschiedener Autoren.

|                        |             | 1.    | 2.                 | 3.   | 4.   | 5.   | 6.   | 7.   |
|------------------------|-------------|-------|--------------------|------|------|------|------|------|
| In Salzsäure löslich   | Kieselsäure | 11.50 | 5.15               | 29.5 | 31.0 | 14.5 | 10.6 | 8.2  |
|                        | Thonerde    | 17.70 | 16.02              | 5.1  | 10.5 | 8.3  | 6.1  | 5.2  |
|                        | Eisenoxyd   | 11.77 | 3.33 <sup>*)</sup> | 3.9  | 6.1  | 4.8  | 3.6  | 4.3  |
|                        | Kalk        | 3.15  | 1.25               | 6.5  | 3.0  | 3.5  | 3.6  | 2.2  |
|                        | Magnesia    | 2.14  | 0.81               | 7.1  | 0.7  | 0.9  | 0.9  | 0.9  |
|                        | Kali        | 0.29  | 3.52               | 6.4  | 10.0 | 1.8  | 1.2  | 1.3  |
|                        | Natron      | 2.43  | 2.17               |      |      | 0.6  | 1.5  | 1.5  |
|                        | Wasser      | 7.65  | 12.65              | 12.6 | 7.7  | 2.8  | 5.5  | 6.1  |
| In Salzsäure unlöslich | Kieselsäure | 37.43 | 47.93              | 28.0 | 23.0 | 42.3 | 48.7 | 44.0 |
|                        | Thonerde    | 1.25  | 2.26               | 5.0  | 6.0  | 8.3  | 6.1  | 10.0 |
|                        | Eisenoxyd   | 0.57  | 0.48               | —    | —    | 4.6  | 4.9  | 7.1  |
|                        | Kalk        | 2.25  | —                  | 1.2  | 1.0  | 4.8  | 2.6  | 4.5  |
|                        | Magnesia    | 0.27  | 0.50               | —    | —    | 1.3  | 1.0  | 1.6  |
|                        | Kali        | 0.07  | 0.65               | —    | —    | 0.3  | 2.3  | 2.8  |
|                        | Natron      | 1.11  | 1.27               | —    | —    | 0.5  | 1.8  | 1.1  |

1. Trass, eine geringere gelbgraue Sorte (Elsner)<sup>\*\*\*)</sup>.
2. „ Ia. blauer (unterste Lage) aus dem Nettethal (Vohl)<sup>\*\*\*)</sup>
3. „ aus Holland } (Rivot).
4. „ „ „ } (Rivot).
5. Gelber Tuffstein aus dem Nettethal } (Kyll).
6. Grauer „ „ „ „ } (Kyll).
7. Blauer „ „ „ „ } (Kyll).

## Analysen von Prof. von Tetmajer.

Bezogen auf bei 110° C. getrockneten Zustand der Materialien

| Trass-Sorte:                       | Bei Behandlung<br>mit Salzsäure | Kiesel- | Thon- | Eisen- | Calcium- | Magnesia | Alkalien | Wasser<br>+ Bitumen | Summa  |
|------------------------------------|---------------------------------|---------|-------|--------|----------|----------|----------|---------------------|--------|
|                                    |                                 | säure   | erde  | Oxyd   | Oxyd     | Oxyd     |          |                     |        |
|                                    |                                 | %       | %     | %      | %        | %        | %        | %                   |        |
| Grauer<br>Steintrass<br>von Plaidt | lösliche Stoffe                 | 1,54    | 12,88 | 5,28   | 2,15     | 0,65     | —        | —                   | 22,50  |
|                                    | unlösliche „                    | 63,95   | 2,71  | 1,53   | 0,59     | 0,34     | —        | 6,61                | 75,73  |
|                                    | Gesamtmenge                     | 65,49   | 15,59 | 6,81   | 2,74     | 0,99     | 1,77†    | 6,61                | 100,00 |
| Knuppentrass<br>von Brohl          | lösliche Stoffe                 | 11,76   | 18,83 | 10,44  | 3,73     | 1,91     | 3,12     | —                   | 49,79  |
|                                    | unlösliche „                    | 39,79   | 3,84  | 0,72   | 1,26     | 0,21     | 0,42     | 3,58                | 49,82  |
|                                    | Gesamtmenge                     | 51,55   | 22,67 | 11,16  | 4,99     | 2,12     | 3,54     | 3,58                | 99,61  |

\*) Eisenoxydul. — \*\*) Dingl. pol. J. 93, 441. — \*\*\*) Dingl. pol. J. 173, 201.

†) Als Differenz bestimmt.



## Gewinnung des Tuffsteins.

Die Gewinnung des Tuffsteins geschah schon zu Zeiten der Römer und wurde von diesen unterirdisch, als Stollenbau\*) betrieben, erstreckte sich indes mangels geeigneter Wasserhaltungseinrichtungen nur auf die oberen Lagen, d. h. soweit es der Grundwasserstand gestattete. Heute geschieht der Aufschluss der Tuffsteingruben des Nettethales nur im Tagebau und ist es möglich, allerdings unter Aufwand kostspieliger Wasserhaltung, durch kräftige Centrifugalpumpen das Trassgestein fast in seinem ganzen Vorkommen auszubeuten.

Die zusammenhängenden Felsmassen des echten Tuffsteins werden durch Anbohrung in grösseren Blöcken mit Pulver abgesprengt und dann durch Aexte und Keile in kleinere Stücke zerschlagen. Die auf solche Weise gewonnenen Tuffsteine werden in einzelnen Haufen sogen. Arken zum Trocknen aufgesetzt und gelangen nach völliger Austrocknung entweder in diesem Zustande zum Versandt oder an die mit den Grubenfeldern vereinigten Mühlenbetriebe. In letzteren werden dann die Steine nach geschehener Vorzerkleinerung mittelst maschineller Steinbrecher, in Kollergängen oder Kugelmühlen zu feinem Trasse vermahlen.

---

## Die Entstehung des Tuffsteins.

Ueber die Entstehung des Tuffsteins herrschen unter den Geologen geteilte Meinungen.

Während einesteils behauptet wird, der Tuffstein verdanke seinen Ursprung einem Aschenregen durch Ausbrüche der Vulkane des Laacher-Seegebietes (Vordereifel) und sei dann durch Einwirkung von Wasser und Druck erhärtet, nehmen die Anderen an, dass derselbe das Produkt vulkanischen Schlammes sei, das sich in den Mulden (Thalniederungen) abgelagert habe.

Für die letztere Erklärung spricht die grössere Wahrscheinlichkeit, indem der Tuffstein nur die Thäler der Nette und des Brohlbaches ausfüllt, auf den Höhen aber nicht anzutreffen ist. Eine weitere Unterstützung für die Ansicht, dass das Trassgestein ein Schlammguss ist, mag darin erblickt werden, dass in demselben häufig verkohlte Baumstämme und Pflanzen auftreten. Das Vorhandensein dieser Zeugen vorgeschichtlicher Zeiten deutet darauf hin, dass der Schlammstrom keine zu hohe Temperatur

\*) S. Grubenbild „Alte Männer.“

gehabt haben muss, also sich auf seinem Laufe abgekühlt hat; denn sonst wäre das Holz etc. völlig geschwunden. Die Abkühlung des Schlammstroms ist wohl auch durch die Mitwirkung von Wasser, welches die vulkanischen Eruptionen begleitete, unterstützt worden und kann gefolgert werden, dass der Tuffstein diesem Umstande des Abschreckens seine Hydraulicität verdankt; ein gleicher Vorgang wie bei der Granulierung basischer Hochofenschlacken.

Dass die dem echten Trassstein auflagernden sogen. wilden Gesteinsmassen meist lose und staubartig, mit geringen hydraulischen Eigenschaften, wird dahin erklärt werden können, dass dieselben Produkte einer späteren den Schlammergüssen gefolgteten trockenen Vulkanität sind.

Ueber das Alter der Vulkane unserer Gegend erachten die Geologen als Beginn der vulkanischen Thätigkeit die mittlere Tertiärperiode; die Tuffe sollen vorwiegend erst in der Diluvialzeit entstanden sein.

### Die Anwendung des Trasses als hydraulischer Zuschlag.

Seine technische Begriffserklärung — „hydraulischer Zuschlag“ — besagt schon, dass Trass kein selbständiges Bindemittel ist, sondern ein solches erst in Verbindung mit zu Pulver oder Teig gelöschtem Kalk oder Cement wird, da erst durch Aufschluss des Trasses durch Aetzkalk die in demselben enthaltene freie Kieselsäure die Silikatbildung bewirken kann.

Wie schon Vitruvius Pollio beschreibt, war den Römern die Benutzung der Puzzolane (Trass) als Puzzolan-Kalkmörtel bekannt. Fast ganz Rom steht auf Tuff und Puzzolane. Auch kann an alten römischen Bauwerken im Rheinland als erwiesen gelten, dass die Römer den rheinischen Trass infolge ihrer Vertrautheit mit der Puzzolane in Italien, in ihren Niederlassungen am Rhein zur Bereitung von Mörtel benutzt haben.\*) Die hauptsächliche Verwendung für den rheinischen Tuffstein war aber in früheren Jahrhunderten diejenige als Baustein zur Herstellung von Bau- und Denkmälern, Altären, Särgen, vorzugsweise auch zu Kirchenbauten.

Seine Anwendung zum Bereiten von hydraulischem Mörtel riefen die Holländer wieder ins Leben, wodurch die Benutzung als Baustein allmählig einging.

Bernhard van Santen war es, der im Jahre 1682 die erste Trassmühle in Brohl am Rhein erbaute, woraus zu

\*) Vergl. Cöln-Trierer Wasserleitung aus Römerzeit, römische Stadtmauern Cöln, eine Reihe Römerbauten beim Wichelshofe in Bonn u. a. m.

entnehmen ist, dass die Holländer den Trass und seine Verwendung nach der von Vitruv beschriebenen Art schon kannten.

Als Unterlagen hierfür nenne ich die alten holländischen Bauwerke bei Enkhuizen — „De Drommedaris“ — (1572 erbaut), das „Rathaus“ (1600) und „de Koepoort“ (1649). S. a. die Broschüre von Gerhard Herfeldt in Andernach über „Das Verhalten hydraulischer Bindemittel in See- und Süßwasser“ vom Jahre 1896.

Diese alten Ueberlieferungen weisen somit darauf hin, dass die Anwendung des rheinischen Trasses zum hydraulischen Mörtel bis zum 16ten Jahrhundert zurück zweifelsfrei feststeht. Dass dieselbe sich bis zur Jetztzeit in so sehr bedeutendem Masse ausgedehnt hat, ist wohl der glänzendste Beweis für die hervorragenden Eigenschaften und die Bewährung des Trassmörtels.

Diese letzteren sowie die rationelle Benutzung des alterproben Trassmörtels darzuthun, soll der Zweck meiner folgenden Ausführungen sein.

### Zusammensetzung des Trassmörtels.

Wie schon vorbemerkt, erhärtet Trass nur in Verbindung mit Kalk oder Cement; — auf letztere Anwendungsart komme ich später noch im Besonderen zurück. — Hieraus geht hervor, dass neben der Kalkfrage hinsichtlich der Qualität des Kalkes, eine möglichst innige Mischung der gesamten Materialien (Trass, Kalk und Sand) das Haupterfordernis für seine erfolgreiche Anwendung ist. Weil die Konsistenz bei Trassmörtel von grossem Einflusse auf seine Erhärtung ist, so muss darauf gehalten werden, dass das fertige Gemisch weder zu trocken noch zu nass ist; in kellegerechtem Zustande (für die Praxis) soll der Trassmörtel von recht plastischer Beschaffenheit sein.

Bei Versuchen im Laboratorium ist, um eine Deformierung der anfänglich weichen Probekörper zu verhüten\*), die Mörtelsubstanz ziemlich trocken anzumachen und soll dieselbe — angerührt — feuchter Erde ähneln und sich mit der Hand zusammen ballen lassen; s. a. unter Prüfung von Trass. Dort wird für die Normenmischung (3 G.-T. Trass, 1 G.-T. Kalkhydratpulver + 3 G.-T. Normalsand) 0.9 bis 1.0 G.-T. Wasser vorgeschrieben.

Es steht ausser allem Zweifel, dass ein reiner und guter Kalk bei inniger Vermischung mit Trass und Sand und richtiger Erwählung des Mischungsverhältnisses für den jewei-

\*) Hierzu ist es auch ratsam, wegen des grossen Haftungsvermögens von Trassmörtel die zu den Versuchskörpern dienenden Formen vor dem jedesmaligen Gebrauche etwas anzüölen.

ligen Zweck stets einen ausgezeichneten Mörtel liefert, wohingegen man bei verunreinigten bezw. minderwertigen Kalken weniger hohe Anforderungen an seine Erhärtungsenergie etc. stellen kann.

Bedauerlicherweise muss hier gesagt werden, dass schlechter Kalk und unzunfthmässige Behandlung des Trassmörtels beim Mischen wie in der Zusammensetzung oft der Grund zur Abwendung von diesem bei ordnungsmässigem Verfahren so vorzüglichen Bindemittel sind.

Vor der Frage des anzuwendenden Mischungsverhältnisses ist daher diejenige betreffs der Qualität des Kalkes zu prüfen; dann ist darüber zu entscheiden, ob Fettkalk (Weisskalk) oder Hydraul. Kalk (Graukalk), ersterer in Pulverform oder als Kalkteig, am zweckentsprechendsten benutzt werden soll.

### Als allgemeine Regeln gelten folgende:

1) Eignet sich Fettkalk vermöge seiner chemischen Zusammensetzung zu Wasserbauten besser wie Hydraulischer Kalk, während letzterer aus dem gleichen Grunde mehr zu Luftbauten (Bauten im Trockenen) verwendet wird. Der Gebrauch des ersteren als Kalkteig ist demjenigen mit Pulverkalk vorzuziehen, weil bei der Ablöschung zu Teig der Lösprozess ein viel vollständigerer ist und eine Nachlöschung im Mauerwerk — wie dies bei Pulverkalken durch unvollkommenes Löschen\*) und daraus resultierendem späteren Aufgehen der ungelöscht gebliebenen Kalkpartikelchen vorkommen kann, ausgeschlossen wird, was zu einer völlig sicheren Gewähr für ein gutes und dichtes Mauerwerk erheblich beiträgt.\*\*)

2) Bei Verwendung von Pulverkalk aus Fettkalk ist eine höhere Kalkmenge als wie bei Teig zu normieren, infolge der in dem losen Kalkpulver enthaltenen Hohlräume; z. B. rechnet man in der Praxis auf 1 Raumteil Kalkteig zumeist  $1\frac{1}{2}$  Raumteile Kalkpulver.

3) Soll Hydraul. Kalk, sogen. Wasserkalk Anwendung finden, welcher infolge seiner schnellen Anfangserhärtung im Wasser nur in Pulverform zuzulassen ist, so sind gleichfalls grössere Kalkmengen durch den in solchem enthaltenen geringeren Kalkgehalt (CaO) wie Fettkalk gebräuchlich.

\*) Durch unreinen Kalk oder zu geringen Wasserzusatz.

\*\*\*) Zu Laboratoriums-Versuchen soll das Kalkhydrat in Pulverform wegen der einfacheren und schnelleren Vermischung mit Trass und Sand verwendet werden, doch sind dann die grösseren, beim Lösprozesse unaufgeschlossen gebliebenen Teile auf einem Siebe von 120 Maschen pro qcm zu entfernen.

4) Für die Festsetzung der Kalkmengen überhaupt, so richtet sich diese nach dem Fettigkeitsgrad des Kalkes (Gehalt an reinem Kalk), wie auch nach der Kornbeschaffenheit des Sandes und Feinheit des Trassmehles.

Auf alle Fälle ist ein Uebermass von Kalk zu vermeiden. Während ein Ueberschuss von Trass nicht schaden kann, weil die Teile im Trass, welche nicht vom Kalk gebunden werden, als vorzüglicher Sand wirken, können zu fette Mörtel, bezw. solche mit zu hohem Kalkgehalte störend sein.

Dieser Umstand fällt namentlich bei Bauten in Seewasser ins Gewicht, weil der „freie“ d. h. nicht gebundene Kalk vom Seewasser angegriffen wird. Vergl. meine späteren Mitteilungen unter Festigkeit der Mörtel und die Zerstörung von Cementmörteln durch Meerwasser.

**Als in der Baupraxis seit Jahrhunderten besonders bewährte Mischungsverhältnisse empfehle ich folgende:**

Mischung nach Raumteilen:

I. Für Bauten unter Wasser, bei denen es auf absolute Dichtigkeit ankommt:

a. bei Fettkalkteig:

Trass: Kalk: Sand:  
1 :  $\frac{2}{3}$ —1 : 1— $1\frac{1}{4}$

b. Fettkalkpulver.

Trass: Kalk: Sand:  
1 : 1— $1\frac{1}{2}$  : 1— $1\frac{1}{4}$ .

II. Für Bauten über Wasser, also Trockenmauerwerk, welches ziemlich rasch erhärten soll:

a. wie vor!

Trass: Kalk: Sand:  
 $1\frac{1}{4}$ — $1\frac{1}{2}$  : 1 :  $1\frac{1}{2}$ — $2\frac{1}{2}$

b. wie vor!

Trass: Kalk: Sand:  
 $1\frac{1}{4}$ — $1\frac{1}{2}$  :  $1\frac{1}{2}$ — $1\frac{3}{4}$  :  $1\frac{1}{2}$ — $2\frac{1}{2}$ .

III. Für Trockenmauerwerk, welches längere Zeit erhärten kann, bezw. das Zeit zu längerer Erhärtung hat:

a. wie vor!

Trass: Kalk: Sand:  
1 : 2 : 3—5

b. wie vor!

Trass: Kalk: Sand:  
1 : 3 : 3—5.

IV. Für Verputzarbeiten: (aussen)\*

a. wie vor!

Trass: Kalk: Sand:  
 $1\frac{1}{4}$  : 1 :  $2\frac{1}{2}$ — $3\frac{1}{2}$

b. wie vor!

Trass: Kalk: Sand:  
 $1\frac{1}{4}$  :  $1\frac{1}{2}$  :  $2\frac{1}{2}$ — $3\frac{1}{2}$ .

\*) Für Innenputze können fetttere Mischungen gewählt werden = bei gleichen Trass- und Kalkzusätzen =  $1\frac{1}{3}$ — $2\frac{1}{3}$  Sand.

## V. Beton-Mauerwerk:

Zur Herstellung von solchem richtet sich naturgemäss die Menge des Zuschlages an Kies-Schotter oder Kleinschlag nach der Beanspruchung gegen Druck, Dichtigkeit u. s. w., wie denn überhaupt alle Mischungsverhältnisse von Fall zu Fall einer besonderen Prüfung und Festsetzung — wie schon früher angedeutet — bedürfen.

Ferner ist beim Beton von Belang die Beschaffenheit und die Zusammensetzung des Steinmaterials, wobei als das zweckmässigste dasjenige zu erachten ist, welches möglichst alle Korngrössen aufweist, wodurch die Zwischenräume reduciert werden. Bei der Bereitung von Betons sind daher vorab auch die Hohlräume des Kieses, Schotters oder Kleinschlages zu ermitteln, ehe die betr. Mischung bestimmt wird.

Um ganz sicher zu verfahren, sollen dichte Betons stets mit einem Ueberschuss der Kittmasse (des Mörtels) von 20 bis 25% über den Hohlräumen des Gemisches hergestellt werden.

Bei Trassmörteln schwankt der Kies-Schotter- oder Steinzuschlag je nach den Erfordernissen von 4 bis 10 Raumteilen auf die einzelnen Mörtelmischungen.

Aus der grossen Fülle von praktisch angewendeten und bestens erprobten Trassmörtel- und Trassmörtelbeton-Mischungen, wobei ich der mannigfachen Zahl wegen nur eine Reihe grösserer Bauten der letzten Dezennien anführe, mögen die nachfolgenden Zahlen mit Nennung der einzelnen Bauwerke als wertvolle Anhaltspunkte bei Bauausführungen in Trassmörtel Aufschluss geben:

## Wasserbauten.

### Quaimauern, Docks, Entwässerungs-Kanäle, Betonierungen für Brücken, Schleusen, Thalsperren u. s. w.

1. Ein älteres Bauwerk — errichtet 1856—1859.

#### Rheinbrücke bei Köln.

a) Bei dem Mörtel, welcher sofort unter Wasser gebracht wurde und unter demselben verblieb:

1 Raumteil zerfallener Kalk, 2 Raumteile Trass,

b) in der Höhe des wechselnden Wasserstandes:

1 Raumteil Trass, 1 Raumteil Kalk, 1 Raumteil Sand,

c) bei allem über dem Wasser verbleibenden Mauerwerk:

1 Raumteil Trass, 2 Raumteile Kalk, 4—5 Raumteile Sand,

**2. Für die Betonierung der 4 Trockendocks in Kiel  
in den 1870er Jahren:**

1 $\frac{1}{2}$  Raumteile Trass, 1 Raumteil Kalk,  $\frac{1}{2}$  Raumteil Sand.

Auf einen cbm fertigen Mörtel kamen ca. 2 cbm Schotter.

**3. Für die Hellingsbauten für den Kriegshafen an der Kieler  
Bucht in den 1870er Jahren:**

1 Raumteil Trass, 1 Raumteil Kalk, 1 Raumteil Sand auf 1 cbm Mörtel  
und 2 cbm Steinzuschlag.

**4. Für die Betonierung der sämtlichen Ostsee-Schleusen des  
Kaiser Wilhelm-Kanals bei Holtenau, Rendsburg und  
Brunsbüttelhafen:**

1 Raumteil Trass,  $\frac{2}{3}$  Raumteile Fettkalkteig, 1 Raumteil Sand  
und ca. 4 Raumteile Kies.

**5. Quaimauern des Freihafens der freien Hansastadt Bremen:**

1 Raumteil Trass, 1 Raumteil Wasserkalk, 1 Raumteil Sand  
und 4—5 Teile Kies. (Raumteile.)

**6. Hafenneubau der Stadt Köln:**

1 Raumteil Trass, 1 Raumteil Wasserkalk, 1 $\frac{1}{2}$  Raumteile Sand  
und 5 Raumteile Kies.

**7. Werftmauer der Stadt Mülheim-Rhein:**

**Zum Beton:**

1 Raumteil Trass, 1 Raumteil Fettkalkteig, 1 Raumteil Sand und  
 $4\frac{1}{2}$  Raumteile Kies.

**Zum aufgehenden Mauerwerk:**

1 $\frac{1}{2}$  Raumteile Trass, 1 Raumteil Fettkalkteig, 1 Raumteil Sand.

**8. Neubau der Rheinbrücken in den Jahren 1872 und später:**

1. bei Rheinhausen,
2. „ Duisburg, Bahnstrecke Osterath-Essen,
3. „ Oberlahnstein,
4. „ Coblenz,
5. „ Güls über die Mosel.

Bei diesen grossen Bauten fand eine sehr umfassende Verwendung von  
Trass für die Beton- und Mörtelbereitung statt.

**Zum Beton wurde ein Mörtel von:**

4 Raumteile Trass, 3 Raumteile Beckumer Wasserkalk,  
2 Raumteile Sand verwandt.

Zum Mauerwerk wurde je nach dem Wasserzudrang entweder dieselbe Mörtelmischung oder auch die Mischung:

1 Trass, 1 Kalk, 1 Sand, oder 2 Trass, 3 Kalk, 4 Sand  
nach Raumteilen verwandt.

### 9. Entwässerungs-Kanalisation der Stadt Köln.

Zum Kanalmauerwerke wurde wegen der unbedingten Dichtigkeit  $1\frac{1}{2}$  Volumen (Raumteil) Trass, 1 Volumen Kalkteig, 1 Volumen Sand verwandt.

Zum Fundamentmauerwerk:

1 Volumen Trass, 1 Volumen Kalkteig, 1 Volumen Sand.

Zum Beton:

$1\frac{1}{2}$  Volumen Trass, 1 Volumen Kalkteig,  $2\frac{1}{2}$  Volumen Sand und  $4\frac{1}{2}$  Volumen Kies.

10. Zu den in den letzten 10 Jahren unter der Oberleitung des Herrn Geheimen Regierungsrat Professor Intze-Aachen in den Rheinlanden erbauten Thalsperren

bei Remscheid,  
„ Altena in der Fülbecke,  
„ Marienheide,  
„ Milspe,  
„ Beyenburg

wurde zum Mauerwerk ausschliesslich Trassmörtel verwendet,  
teilweise in der Mischung:

$1\frac{1}{2}$  Raumteile Trass, 1 Raumteil Kalkteig, 1 Raumteil Sand und teilweise:  
 $1\frac{1}{2}$  Raumteile Trass, 1 Raumteil Kalkteig,  $1\frac{1}{2}$  Raumteile Sand.

11. Thalsperre „Lauchensee“ bei Lautenbach i. Elsass.

1 Raumteil Trass, 1 Raumteil Kalkteig, 3 Raumteile Sand.

12. Bau der neuen Rheinschleuse in Strassburg (Els.),  
1899/1900 erbaut.

Für die Beton-Sohle:

1 Volumen (Raumteil) Trass, 1 Volumen hydraul. Kalkpulver, 1 Volumen Rheinsand und 4 Volumen Rheinkies.

13. Zu der im Bau begriffenen grössten Thalsperre Europas,  
„Urftthalsperre in der Eifel“.

*Das Staubecken soll  $45\frac{1}{2}$  Millionen cbm Wasser fassen.*

Zum Mauerwerk ausschliesslich Trassmörtel in der Mischung:

$1\frac{1}{2}$  Volumen Trass, 1 Volumen Fettkalkteig,  $1\frac{3}{4}$  Volumen Sand.



**14. Ferner in den gleichen Mischungsverhältnissen zu den zu erbauenden Thalsperren**

bei Solingen,  
 „ Haspe,  
 „ Lüdenscheid,  
 „ Radevormwald,  
 „ Meschede,  
 „ Schalksmühle,  
 „ Vollme.

**15. Zu den im Bau begriffenen beiden Trockendocks Nr. 5 u. 6 in Kiel wird eine Mörtelmischung verwendet von:**

3 Volumen Trass,  $2\frac{1}{2}$  Volumen Kalkteig (i. d. Grube eingelöscht),  
 4 Volumen Sand.

Es wird alsdann auf 1 cbm Steinschlag = 0.48 cbm Mörtel zugemischt — also rund auf 1 cbm Mörtel 2 cbm Steinschlag.

---

## Hochbauten,

ausgeführt von Staats- und kommunalen Baubehörden.

### Zahlreiche Profanbauten am Rhein,

wo wegen starker Bodenfeuchtigkeit oder hohem Grundwasserspiegel auf möglichste Dichtigkeit des Fundament- und Kellermauerwerks gesehen werden musste:

$1\frac{1}{2}$  Raumteile Trass, 1 Raumteil Kalkteig, 1 Raumteil Sand.

---

### Neubau des Archivs der Bibliothek der Stadt Köln

(zum Versetzen der Sockel und sonstigen Werksteine), ferner:

### Neubau der Herz-Jesu-Kirche in Köln (Zülpicherplatz):

1 Raumteil Trass, 1 Raumteil Kalkteig, 2 Raumteile Sand.

---

### Neues Gerichtsgebäude in Köln — Fundamente Keller und Aussenmauern —,

Kasernenbauten Mülheim (Rhein) und Kalk bei Köln — Fundamente und Kellerräume,

### Neubau der Gasfabrik und der protestantischen Kirche

**Mülheim a. Rhein.**

1 Raumteil Trass, 1 Raumteil Kalkteig, 3 Raumteile Sand.

---

### Post-Neubau in Köln:

Mauerwerk für das Kellergeschoss:

$\frac{1}{2}$  Raumteil Trass, 1 Raumteil Kalkteig,  $2\frac{1}{2}$  bis 3 Raumteile Sand.

Zum aufgehenden Mauerwerk:

$\frac{1}{4}$  Raumteil Trass, 1 Raumteil Kalkteig,  $2\frac{1}{2}$ —3 Raumteile Sand.

### Neubau des Archivs der Bibliothek der Stadt Köln:

$\frac{1}{2}$  Raumteil Trass, 1 Raumteil Kalkteig,  $2\frac{1}{2}$  Raumteile Sand.

### Renovationsbauten zum Wiederaufbau der Hohkönigsburg in den Vogesen bei Schlettstadt (z. Zt. im Bau):

1 Raumteil Trass, 2 Raumteile gemahlener Schwarzkalk, 3 Raumteile Sand  
(aus gemahlenem Sandstein.)

NB. Die vorstehenden Angaben über angewendete Mischungsverhältnisse von Trassmörtel bei den genannten Bauwerken — nebst solchen, die in Holland gebräuchlich, letztere von Professor van der Kloes-Delft zusammengestellt, sind auch im Wesentlichen von Professor Max Gary-Charlottenburg in einem höchst interessanten Artikel über Trass, seine Prüfung und Verwendung in den Mitteilungen der Königl. techn. Versuchsanstalten zu Berlin, Heft 1, Jahrgang 1901, veröffentlicht.

### Festigkeit des Trassmörtels, Einfluss des Kalkes und Sandes.

Hier darf ich in den Kreisen der Herren Baumeister voraussetzen, dass die darüber verfassten Schriften der Firma Gerhard Herfeldt in Andernach, als die Ergebnisse vieljähriger und umfassender Versuche derselben, bekannt sind.

Ich führe an:

- „Mitteilungen über die hydraulischen Eigenschaften des Trassmörtels“ vom Jahre 1882.
- „Mitteilungen über Trassmörtel“ vom Jahre 1887.
- „ „ „ das Verhalten hydraulischer Bindemittel in Seewasser und in Süßwasser“ vom Jahre 1896.

In Nachstehendem veröffentliche ich neuere und neueste Versuche der genannten Firma auf diesen Gebieten, bei welchen auch die in der vorstehenden Ueberschrift angeführten Einflüsse des Kalkes und Sandes hinsichtlich deren Qualität und Beschaffenheit, Einwirkung der Temperatur während der Erhärtung, sowie die günstigsten Mischungsverhältnisse bei Trassmörtel im Seewasser, Gegenstand besonderer Beobachtungen waren.

Ueber die dabei von mir gewonnenen Erfahrungen und Aufschlüsse mache ich auf das den Resultaten folgende Résumé der Prüfungen aufmerksam.

### Serie A.

## Versuche mit Nettethaler Trass (von Plaidt), Bergisch. Kalkpulver, ungesiebttem Rheinsand.

(Rückstand auf dem 25 Maschensieb wurde abgesiebt.)

Mischung nach Raumteilen.

|                        |                  |
|------------------------|------------------|
| Raumgewichte für Trass | 1 Liter = 1000 g |
| „ Kalkpulver 1 „       | = 500 g          |
| „ Sand 1 „             | = 1500 g         |

mit verschiedener Anzahl Hammerschläge angefertigt.

Erhärtung in Süßwasser.

Mischungsverhältnis:

1 Vol. Trass, 1 Vol. Kalkp., 1 Vol. Sand + Wasser.\*)

|  |  | Zugfestigkeit<br>nach 28 Tagen | Druckfestigkeit<br>dito |
|--|--|--------------------------------|-------------------------|
|  |  | per qcm                        | per qcm                 |
| 1) mit 150 Schlägen des Böhme'schen<br>Hammerapparates<br>eingeschlagen: |  | 15.94 kg                       | 77.50 kg                |
| 2) „ 100 „ „ wie oben:   |  | 15.48 „                        | 73.06 „                 |
| 3) „ 50 „ „ „ „  |  | 15.01 „                        | 63.67 „                 |
| 4) „ 25 „ „ „ „  |  | 14.98 „                        | 57.41 „                 |

Diese Festigkeitsziffern stellen die Mittelwerte bei Zugproben aus je 10 und bei Druckproben aus je 5 Probekörpern dar.

Durchschnittl. Temperatur des Erhärtungswassers ca.  $10\frac{1}{2}^{\circ}$  C.

Festigkeitsziffern derselben Mischung mit 150 Schlägen bezüglich Fortschreitung der Erhärtung:

|                                 |                      |   |
|---------------------------------|----------------------|---|
| 1) Zugfestigkeit nach 90 Tagen  | Druckfestigkeit dito | } Mittelwerte<br>aus<br>je 5 bezw. 3<br>Proben. |
| 23.49 kg                        | 126.23 kg            |   |
| 2) Zugfestigkeit nach 365 Tagen | Druckfestigkeit dito | }   |
| 26.60 kg                        | 154.46 kg            |   |

\*) Die Konsistenz der geprüften Mörtel, hinsichtlich des Wasserzusatzes, war bei allen die gleiche. S. Notiz unter Anwendung von Trass als hydraulischer Zuschlag — bei Versuchen im Laboratorium — wegen Wasserzusatz.

## Serie B.

Versuche mit **Materialien (Trass und Kalk) wie vor und Berliner Normal-Sand.**

Raumgewicht für Sand = 1500 g für 1 Liter.

|                                       | Zugfestigkeit<br>nach 28 Tagen | Druckfestigkeit<br>dito | Mittelwerte<br>aus<br>je 5 bezw. 3<br>Probe-<br>körpern. |
|---------------------------------------|--------------------------------|-------------------------|--|
| 1) mit 25 Schlägen des Hammerapparats | 18.40 kg                       | 80.58 kg                | }  |
| 2) " 150 " " " "                      | 21.07 "                        | 121.16 "                |  |

Durchschnittl. Temperatur des Erhärtungswassers 13° C.

## Serie C.

Versuche mit **Nettethaler Trass (von Plaidt), hydraul. Kalkpulver v. d. Lahn und gemischtkörnigem Rheinsand.**Erhärtung in **Seewasser**.\*) Mischung nach Raumteilen.

|                                |          |
|--------------------------------|----------|
| Raumgewichte für 1 Liter Trass | = 1000 g |
| 1 " hydraul. Kalkpulver        | = 575 g  |
| 1 " gemischtk. Sand            | = 1500 g |

| Trass     | Kalk  | Sand    | +   | Wasser   | Zugfestigkeit<br>nach 28 Tagen: | } Mittelwerte<br>aus je 5<br>Versuchs-<br>körpern. |
|-----------|-------|---------|-----|----------|---------------------------------|--|
| Mischung: | 1     | : 1     | : 2 | + Wasser | 22.60 kg                        |  |
| "         | 1 1/2 | : 1     | : 2 | + "      | 23.01 "                         |  |
| "         | 1 1/2 | : 1 1/2 | : 2 | + "      | 25.82 "                         |  |
| "         | 1     | : 1 1/2 | : 2 | + "      | 18.63 "                         |  |
| "         | 1     | : 2     | : 2 | + "      | 17.20 "                         |  |

Durchschnittl. Temperatur des Erhärtungswassers 18° C.

## Serie D.

Versuche mit **Nettethaler Trass (von Plaidt), Fettkalkpulver aus Berg. Gladbach und gemischtkörnigem Rheinsand.**

Vergleichende Versuche bezügl. des günstigsten Mischungsverhältnisses hinsichtlich des Kalkzusatzes.

Erhärtung in **Süss- und Seewasser**. Mischung nach Raumteilen.

|                                |          |
|--------------------------------|----------|
| Raumgewichte für 1 Liter Trass | = 1000 g |
| 1 " Kalkpulver                 | = 500 g  |
| 1 " Sand                       | = 1500 g |

\*) Das Seewasser zu allen Versuchen entstammte der Nordsee (ca. 3‰ feste Rückstände) und wurde besonders in der ersten Zeit in den Behältern für die Lagerung der Probekörper häufig erneuert.

mit 150 Schlägen des Böhme'schen Hammerapparates:

| Trass Kalk Sand |    |   |    | Zugfestigkeit<br>nach 28 Tagen: |                                  |
|-----------------|----|---|----|---------------------------------|----------------------------------|
| Mischung:       | 1  | : | 1  | :                               | 1 + Wasser in Süßwasser 23.28 kg |
| "               | "  | " | "  | "                               | in Seewasser <b>26.82</b> "      |
| "               | 1  | : | 1½ | :                               | 1 + " in Süßwasser 25.90 "       |
| "               | "  | " | "  | "                               | in Seewasser <b>20.76</b> "      |
| "               | 1  | : | 1  | :                               | 2 + " in Süßwasser 18.88 "       |
| "               | "  | " | "  | "                               | in Seewasser <b>16.97</b> "      |
| "               | 1  | : | 2  | :                               | 2 + " in Süßwasser 16.27 "       |
| "               | "  | " | "  | "                               | in Seewasser <b>14.21</b> "      |
| "               | 1½ | : | 1  | :                               | 2 + " in Süßwasser 18.10 "       |
| "               | "  | " | "  | "                               | in Seewasser <b>25.19</b> "      |
| "               | 1½ | : | 1½ | :                               | 2 + " in Süßwasser 15.87 "       |
| "               | "  | " | "  | "                               | in Seewasser <b>21.75</b> "      |
| "               | 1  | : | 1½ | :                               | 3 + " in Süßwasser 12.88 "       |
| "               | "  | " | "  | "                               | in Seewasser <b>11.29</b> "      |
| "               | 1  | : | 2  | :                               | 3 + " in Süßwasser 13.54 "       |
| "               | "  | " | "  | "                               | in Seewasser <b>13.32</b> "      |
| "               | 1  | : | 2  | :                               | 4 + " in Süßwasser 10.15 "       |
| "               | "  | " | "  | "                               | in Seewasser <b>8.11</b> "       |

Mittelwerte aus je 10 Probekörpern.

Durchschnittl. Temperatur des Erhärtungswassers =  $17\frac{1}{2}^{\circ}$  C.

Serie E.

Versuche wie vor (mit denselben Materialien)

mit 25 Schlägen des Hammerapparates:

| Trass Kalk Sand |   |   |   | Zugfestigkeit<br>nach 28 Tagen: |                                  |
|-----------------|---|---|---|---------------------------------|----------------------------------|
| Mischung:       | 1 | : | 1 | :                               | 1 + Wasser in Süßwasser 19.56 kg |
|                 |   |   |   |                                 | in Seewasser <b>22.47</b> "      |

Durchschnittl. Temperatur  $17,2^{\circ}$  C.

Mittel  
aus 10

Serie F.

Versuche auf Druckfestigkeit — mit Materialien wie vor —  
mit Zusatz von Kies.

Mischung nach Raumteilen.

Trass Kalk Sand

1) Mischung 1 : 1 : 1 + Wasser + 4 Kies-Zuschlag:

|                     |                      |  | Druckfestigkeit<br>nach 28 Tagen: |                   |
|---------------------|----------------------|--|-----------------------------------|-------------------|
| a. mit 25 Schlägen: | in Süßwasser:        |  | 73.06 kg                          | } Mittel<br>aus 3 |
|                     | <b>in Seewasser:</b> |  | <b>78.58</b> "                    |                   |
| b. „ 150 „          | in Süßwasser:        |  | 81.14 kg                          |                   |
|                     | <b>in Seewasser:</b> |  | <b>89.90</b> "                    |                   |

Trass Kalk Sand

2) **Mischung 1 : 1<sup>1/2</sup> : 2 + Wasser + 4 Kies-Zuschlag :**

|                     |                      |  | Druckfestigkeit<br>nach 28 Tagen: |                   |
|---------------------|----------------------|--|-----------------------------------|-------------------|
| a. mit 25 Schlägen: | in Süßwasser:        |  | 57.90 kg                          | } Mittel<br>aus 3 |
|                     | <b>in Seewasser:</b> |  | <b>66.36</b> "                    |                   |
| b. „ 150 „          | in Süßwasser:        |  | 66.40 kg                          |                   |
|                     | <b>in Seewasser:</b> |  | <b>71.79</b> "                    |                   |

Durchschnittl. Temperatur 16,5° C.

**Serie G.**

Versuche mit **Nettethaler Trass** (von Plaidt), **Beckumer Wasser-Kalkpulver** und gemischtkörnigem Rheinsand.

Mischung nach Raumteilen. Raumbgewicht für 1 Liter Trass = 1000 g  
 „ 1 „ Kalkp. = 600 g  
 „ 1 „ Sand = 1500 g

Erhärtung in **Seewasser** — mit **25 Schlägen des Hammerapparates** —

| Mischung: | Trass            | Kalk             | Sand | Wasser | Zugfestigkeit<br>nach 28 Tagen: | Druckfestigkeit<br>dito: |  |
|-----------|------------------|------------------|------|--------|---------------------------------|--------------------------|--|
|           | 1 <sup>1/2</sup> | 1                | 0    | +      | 24.76 kg                        | 104.20 kg                | } Mittelwerte aus je 10<br>bezw. 5 Probekörpern. |
| „         | 1                | 1                | 1    | +      | 23.19 „                         | 87.16 „                  |  |
| „         | 1                | 1 <sup>1/2</sup> | 2    | +      | 20.43 „                         | 71.39 „                  |  |
| „         | 1                | 2                | 3    | +      | 17.05 „                         | 62.49 „                  |  |
|           |                  |                  |      |        | nach 365 Tagen:                 |                          |  |
| „         | 2                | 1                | 0    | +      | 25.37 kg                        | —                        |  |
| „         | 2                | 1                | 1    | +      | 26.45 „                         | —                        |  |

Durchschnittl. Temperatur = 17<sup>3/4</sup>° C.

Sämtliche bis jetzt aufgeführten Proben erhärteten 1 Tag an feuchter Luft und wurden dann unter Wasser gebracht.

**Serie H.**

Versuche mit verschiedenen Trassmörteln, bei welchen die Proben nach ihrer Herstellung in den Formen direkt unter Wasser gesetzt wurden.

Die Formen wurden nach 3tägiger Erhärtung von den Probekörpern abgelöst.

Mischung nach Raumteilen.

Erhärtung in **Seewasser** (1 Tag an feuchter Luft).

Materialien: Nettethaler Trass (von Plaidt), **Fettkalkpulver aus Raeren b. Aachen** und gemischtkörniger Rheinsand.

**25 Schläge.**

|           | Trass           | Kalk              | Sand         |  | Zugfestigkeit nach 365 Tagen: |                      |
|-----------|-----------------|-------------------|--------------|--|-------------------------------|----------------------|
| Mischung: | 1 $\frac{1}{2}$ | : 1               | : 1 + Wasser |  | 25.92 kg                      | } Mittel<br>aus je 5 |
| "         | 1 $\frac{1}{2}$ | : 1 $\frac{1}{4}$ | : 2 + "      |  | 28.93 "                       |                      |
| "         | 1 $\frac{1}{2}$ | : 1 $\frac{1}{2}$ | : 3 + "      |  | 16.20 "                       |                      |

Durchschnittl. Temperatur der ersten 4 Wochen = 16 $\frac{1}{2}$ ° C.

**Serie J.**

Versuche mit **hydraul. Kalkpulver** aus Tournai i. Belg., Nettethaler Trass (von Plaidt) u. **Meersand von Heyst i. Belg.**

Erhärtung in **Seewasser** (1 Tag an feuchter Luft).

Mischung nach Raumteilen. Raumgewichte für 1 Liter Trass = 1000 g  
 " 1 " Kalkp. = 850 g  
 " 1 " Sand = 1400 g

|           | Trass           | Kalk              | Sand         |  | Zugfestigkeit nach |           |            |                |
|-----------|-----------------|-------------------|--------------|--|--------------------|-----------|------------|----------------|
|           |                 |                   |              |  | 14 Tagen:          | 28 Tagen: | 365 Tagen: |                |
| Mischung: | 1 $\frac{1}{2}$ | : 1               | : 1 + Wasser |  | 15.84 kg           | 21.32 kg  | 26.53 kg   | } Mittel aus 5 |
| "         | 1               | : 1               | : 1 + "      |  | 16.35 "            | 22.43 "   | 25.04 "    |                |
| "         | 1 $\frac{1}{2}$ | : 1 $\frac{1}{4}$ | : 2 + "      |  | 13.02 "            | 20.11 "   | 24.41 "    |                |
| "         | 1               | : 1               | : 2 + "      |  | 12.13 "            | 18.13 "   | 21.28 "    |                |
| "         | 1               | : 1 $\frac{1}{4}$ | : 2 + "      |  | 12.72 "            | 21.87 "   | 20.27 "    |                |

Durchschnittl. Temperatur = 15 $\frac{3}{4}$ ° C.

**Druckfestigkeitsproben** mit denselben Materialien mit **Kies-Zusatz.**

|           | Trass           | Kalk              | Sand         |            | Druckfestigkeit nach |            |                                    |
|-----------|-----------------|-------------------|--------------|------------|----------------------|------------|------------------------------------|
|           |                 |                   |              |            | 28 Tagen:            | 365 Tagen: |                                    |
| Mischung: | 1 $\frac{1}{2}$ | : 1               | : 1 + Wasser | + 3 Kiesel | 54.33 kg             | 84.83 kg   | } Mittel aus je 5<br>Probekörpern. |
| "         | 1 $\frac{1}{2}$ | : 1               | : 1 + "      | + 4 "      | 37.66 "              | 124.66 "   |                                    |
| "         | 1 $\frac{1}{2}$ | : 1 $\frac{1}{4}$ | : 2 + "      | + 3 "      | 45.16 "              | 109.33 "   |                                    |
| "         | 1 $\frac{1}{2}$ | : 1 $\frac{1}{4}$ | : 2 + "      | + 4 "      | 42.33 "              | 115.66 "   |                                    |

Durchschnittl. Temperatur der ersten 4 Wochen 16° C.

## Serie K.

Versuche mit Trier'schem Dolomitmalkpulver aus Wellen  
a. d. Mosel, Nettethaler Trass (von Plaidt)  
und normalkörnigem Rheinsand.

Erhärtung in Seewasser. Mischung nach Raumteilen.

|           |   |                          |            |                      |            |  |  |
|-----------|---|--------------------------|------------|----------------------|------------|--|--|
|           | Raumgewichte für 1 Liter Trass            | =                        | 1000 g     |                      |            |  |  |
|           | „ 1 „                                     | Kalkp.                   | =          | 625 g                |            |  |  |
|           | „ 1 „                                     | Sand                     | =          | 1500 g               |            |  |  |
|           |   | Zugfestigkeit nach       |            | Druckfestigkeit nach |            |  |  |
|           |   | 28 Tagen:                | 365 Tagen: | 28 Tagen:            | 365 Tagen: |  |  |
|           |   | (1 Tag an feuchter Luft) |            |                      |            |  |  |
|           | Trass Kalk Sand                           |                          |            |                      |            |  |  |
| Mischung: | 1 $\frac{1}{2}$ : 1 : 1 + Wasser          | 21.42 kg                 | 25.78 kg   | 119.33 kg            | 137.33 kg  |  |  |
| „         | 2 : 1 : 1 + „                             | 21.72 „                  | 22.48 „    | 124.— „              | 138.— „    |  |  |
| „         | 2 : 1 : 1 $\frac{1}{2}$ + „               | 22.10 „                  | 22.34 „    | 96.— „               | 128.66 „   |  |  |
| „         | 1 $\frac{1}{2}$ : 1 : 1 $\frac{1}{2}$ + „ | 21.37 „                  | 25.06 „    | 114.— „              | 143.50 „   |  |  |
| „         | 1 : 1 : 1 + „                             | 18.68 „                  | 23.05 „    | 109.— „              | 139.— „    |  |  |
| „         | 1 $\frac{1}{2}$ : 1 $\frac{1}{4}$ : 2 + „ | 17.06 „                  | 23.45 „    | 104.33 „             | 135.— „    |  |  |
| „         | 1 $\frac{1}{2}$ : 1 : 2 + „               | 15.88 „                  | 23.52 „    | 92.— „               | 138.33 „   |  |  |

## Serie L.

Versuche mit denselben Materialien.

Erhärtung in Süßwasser. Mischung nach Raumteilen.

|           |                             |           |            |                    |           |  |  |
|-----------|-----------------------------|-----------|------------|--------------------|-----------|--|--|
|           |                             |           |            | Zugfestigkeit nach |           |  |  |
|           | Trass Kalk Sand             | 28 Tagen: | 365 Tagen: | 2 Jahren:          | 3 Jahren: |  |  |
| Mischung: | 1 : 1 : 1 + Wasser          | 18.22 kg  | 23.24 kg   | 23.67 kg           | 24.80 kg  |  |  |
| „         | 1 : 1 $\frac{1}{4}$ : 2 + „ | 15.78 „   | 21.57 „    | 20.63 „            | 20.27 „   |  |  |
| „         | 1 : 1 $\frac{1}{2}$ : 2 + „ | 14.96 „   | 22.62 „    | 20.12 „            | 19.98 „   |  |  |
| „         | 1 : 1 $\frac{1}{2}$ : 3 + „ | 13.30 „   | 23.64 „    | 21.92 „            | 20.70 „   |  |  |
| „         | 1 : 2 : 3 + „               | 11.92 „   | 21.12 „    | 20.26 „            | 17.14 „   |  |  |

Mittelwerte aus je 5 Zugproben und 3 Würfeln. 4 Wochen Temperatur 16,8<sup>o</sup>C.

## Serie M.

Versuche mit Dolomitmalk aus dem Bergischen (in Pulverform),  
Nettethaler Trass (von Plaidt) und gemischtkörnigem Rheinsand.

Erhärtung in Seewasser. Mischung nach Raumteilen. 25 Schläge.

|                                |   |         |
|--------------------------------|---|---------|
| Raumgewichte für 1 Liter Trass | = | 1000 g  |
| 1 „ Kalkpulver                 | = | 600 g   |
| 1 „ Sand                       | = | 1500 g. |



|           | Trass           | Kalk              | Sand |          | Zugfestigkeit nach |            |                   |
|-----------|-----------------|-------------------|------|----------|--------------------|------------|-------------------|
|           |                 |                   |      |          | 28 Tagen:          | 365 Tagen: |                   |
| Mischung: | 1 $\frac{1}{2}$ | : 1               | : 1  | + Wasser | 21.36 kg           | 32.91 kg   | } Mittel aus je 5 |
| "         | 1               | : 1               | : 1  | + "      | 18.25 "            | 29.42 "    |                   |
| "         | 1 $\frac{1}{2}$ | : 1 $\frac{1}{4}$ | : 2  | + "      | 19.74 "            | 31.05 "    |                   |
| "         | 1               | : 1               | : 2  | + "      | 15.66 "            | 27.65 "    |                   |
| "         | 1               | : 1 $\frac{1}{2}$ | : 2  | + "      | 12.48 "            | 18.47 "    |                   |

Durchschnittliche Temperatur der ersten 4 Wochen = 12 $\frac{3}{4}$ <sup>0</sup> C.

Versuche auf **Druckfestigkeit** mit denselben Materialien wie vor.

Erhärtung in **Seewasser. 25 Schläge.**

|           | Trass           | Kalk              | Sand |          | Druckfestigkeit nach 365 Tagen: |  |                           |
|-----------|-----------------|-------------------|------|----------|---------------------------------|--|---------------------------|
|           |                 |                   |      |          |                                 |  |                           |
| Mischung: | 1 $\frac{1}{2}$ | : 1               | : 1  | + Wasser | 157.66 kg                       |  | } Mittel aus je 6 Würfeln |
| "         | 1               | : 1               | : 1  | + "      | 145.66 "                        |  |                           |
| "         | 1 $\frac{1}{2}$ | : 1 $\frac{1}{4}$ | : 2  | + "      | 151.33 "                        |  |                           |
| "         | 1               | : 1               | : 2  | + "      | 133.13 "                        |  |                           |

Durchschnittliche Temperatur der ersten 4 Wochen = 13 $\frac{3}{4}$ <sup>0</sup> C.

### Serie N.

Proben, im Auftrage der Bauleitung der Rheinschleuse in Strassburg im Elsass im Winter 1899 angefertigt:

### Mischung nach Raumteilen.

Erhärtung in Süßwasser — mit 150 Schlägen des Böhme'schen Hammerapparates.

Verwandte Materialien: Nettethaler Trass (von Plaidt),

" " hydraulisches Kalkpulver vom Kalkwerk Glasser, Strassburg,

" " Rheinsand, wie derselbe in Strassburg vorkommt, bei welchem nur die über 2 $\frac{m}{m}$  grossen Stückchen abgesiebt wurden.

Bei den Materialien wurden folgende Gewichte zu Grunde gelegt:

für den Trass = 1000 g = für 1 Liter,

" " hydrant. Staubbkalk = 800 g = " 1 "

" " Rheinsand = 1500 g = " 1 "

### 1) Mischung = 1 Trass : $\frac{2}{3}$ Kalk : 1 Sand + Wasser.

Zugfestigkeit nach 14 Tagen = 12.58 kg per qem

" " " 28 " = 16.77 " " "

Druckfestigkeit " 28 " = 63.00 " " "

" " " 3 Monaten = 70.50 " " "

2) **Mischung = 1 Trass :  $\frac{3}{4}$  Kalk : 1 Sand + Wasser.**

|                             |   |       |            |
|-----------------------------|---|-------|------------|
| Zugfestigkeit nach 14 Tagen | = | 15.02 | kg per qcm |
| "    "    28    "           | = | 18.92 | " " "      |
| Druckfestigkeit " 28 "      | = | 66.00 | " " "      |
| "    "    3 Monaten         | = | 88.00 | " " "      |

3) **Mischung = 1 Trass : 1 Kalk : 1 Sand + Wasser.**

|                             |   |        |            |
|-----------------------------|---|--------|------------|
| Zugfestigkeit nach 14 Tagen | = | 15.78  | kg per qcm |
| "    "    28    "           | = | 20.64  | " " "      |
| Druckfestigkeit " 28 "      | = | 93.50  | " " "      |
| "    "    3 Monaten         | = | 131.50 | " " "      |

4) **Mischung = 1 Trass :  $1\frac{1}{4}$  Kalk : 1 Sand + Wasser.**

|                             |   |        |            |
|-----------------------------|---|--------|------------|
| Zugfestigkeit nach 14 Tagen | = | 15.85  | kg per qcm |
| "    "    28    "           | = | 20.79  | " " "      |
| Druckfestigkeit " 28 "      | = | 75.00  | " " "      |
| "    "    3 Monaten         | = | 104.00 | " " "      |

Diese Wertziffern stellen bei den Zugproben das Mittel auf 5 Probekörper dar.

Aus den Versuchsergebnissen erhellt, dass das günstigste Mischungsverhältniss mit Bezug auf Festigkeit die Mischung nach Raumteilen 1 Trass : 1 Kalk : 1 Sand darstellt.

Diese Mischung wurde daher auch beim Bau der Rheinschleuse 1899/1900 angewandt.

Ich erlaube mir noch darauf aufmerksam zu machen, dass die Festigkeitsziffern als vorzügliche bezeichnet werden müssen, besonders da die Proben im Winter bei einer Temperatur des Erhärtungswassers von nur ca.  $14^{\circ}$  C. angefertigt wurden.

---

**Serie O.**

Versuchsergebnisse der im Auftrage der Bauleitung der grossen Urftthalsperre in Gemünd i. Eifel angestellten Proben mit Trass-Kalkmörtel.

Die Versuche wurden ausgeführt in der Thalsperrenmischung nach Raumteilen:

**$1\frac{1}{2}$  Volumen Trass : 1 Volumen Kalkteig :  $1\frac{3}{4}$  Volumen Sand.**

Als Trass wurde verwendet: Nettethaler Trass (von Plaidt),

" Kalk " " : gebrannter Fettkalk, in Stücken zu Teig gelöscht, aus Walheim b. Aachen,

" Sand " " : feinkörniger und gemischtkörniger Haldensand des Mechernicher Bergwerksvereins i. Mechernich (Rheinprov.).

**150 Schläge mit dem Böhme'schen Hammerapparat.**

Erhärtung im Süsswasser,

Als Grundgewichte der obengenannten verwendeten Materialien wurden angenommen:

für 1 Liter Trass = 1000 g

„ 1 „ Kalk = 1350 g

„ 1 „ Sand = 1500 g

Mischung wie vorgenannt nach Raumteilen =

**1<sup>1</sup>/<sub>2</sub> Vol. Trass : 1 Vol. Kalkteig : 1<sup>3</sup>/<sub>4</sub> Vol. Sand + Wasser.**

Zugfestigkeit nach 2 Wochen = 12.51 kg per qcm

„ „ 6 „ = 22.98 „ „ „

„ „ 12 „ = 26.32 „ „ „

Druckfestigkeit „ 2 „ = 81.60 „ „ „

„ „ 6 „ = 129.70 „ „ „

„ „ 12 „ = 168.50 „ „ „

Es sind dies Mittelwerte bei den Zugproben aus 5, bei den Druckproben aus 2 Probekörpern.

Die vorstehenden Resultate sind ganz ausgezeichnete zu nennen.

Die Temperatur des Erhärtungswassers betrug ca. 17° C.

## Résumé der vorstehenden Versuchsergebnisse.

Bezüglich der gefundenen Festigkeitsziffern gestatte ich mir zusammenfassend zu bemerken, dass dieselben in völlig übereinstimmender Weise bestätigen, dass bei der Zusammensetzung von Trass-Mörteln unbedingt jeder Ueberschuss an Kalk zu vermeiden ist, bezw. dem Mörtel nur soviel Kalk zuzusetzen, als der demselben beizumengende Trass bei seiner Erhärtung zu binden instande ist. Dies gilt namentlich für Bauten in See, vergl. auch meine Ausführungen dieserhalb unter Zusammensetzung des Trassmörtels.

Bemerkenswert ist bei den niedergelegten Versuchsergebnissen, dass sich bei der Erhärtung in Seewasser die ungünstige Wirkung des Kalküberschusses schon bei einer Erhärtungsdauer der Versuchskörper von nur 28 Tagen zeigt (**vergl. Serie C, D, F, G, H, I, K und M**), während bei der Erhärtung in Süßwasser sich der schädliche Einfluss des Ueberschusses an Kalk erst nach einer Erhärtungsdauer von 1 bzw. 2 Jahren zeigt (**vergl. Serie L**).

Ferner erhellt aus den vorliegenden Resultaten, dass die **Temperatur** bei dem Erhärtungsprozess des Trassmörtels auf dessen Anfangserhärtung einen erheblichen Einfluss hat; sie beschleunigt oder verzögert solche, ist indes ohne Einfluss auf die Erhärtung überhaupt.

Bezüglich der dem Trassmörtel beizumengenden Kalkmenge ergeben die mitgeteilten Befunde, dass diese sich zur Hauptsache auch nach dessen Beschaffenheit richtet, und ist daher bei der Anwendung von Fettkalk die Kalkmenge geringer festzusetzen, wie bei mageren Kalksorten.\*)

Die vorteilhaftesten Mischungsverhältnisse speciell für Bauwerke im Seewasser werden daher immer diejenigen sein, welche bei Vermeidung eines Ueberschusses von Kalk eine absolute Dichtigkeit gewährleisten.

Ich nenne hier die Mischungen:

|                                    |  |                                   |
|------------------------------------|--|-----------------------------------|
| 1. $1\frac{1}{2}$ Raumteile Trass, |  | 2. $1\frac{1}{4}$ Raumteil Trass, |
| 1 Raumteil Kalkpulver,             |  | 1 „ Kalkpulver,                   |
| 1 „ Sand.                          |  | 1 „ Sand.                         |

Bei magerem Kalk — eventl. auch noch

|                      |
|----------------------|
| 3. 1 Raumteil Trass, |
| 1 „ Kalkpulver,      |
| 1 „ Sand.            |

a. Bei Verwendung von Kalkteig eventl.

|                           |  |                                   |
|---------------------------|--|-----------------------------------|
| 1. 1 Raumteil Trass,      |  | 2. $1\frac{1}{2}$ Raumteil Trass, |
| $\frac{2}{3}$ „ Kalkteig, |  | 1 „ Kalkteig,                     |
| 1 „ Sand.                 |  | $1-1\frac{1}{2}$ „ Sand.          |

Bei Bauten, die nur zeitweise dem Seewasser ausgesetzt sind, können magere Mischungen genommen werden, z. B.:

1 Trass,  $1\frac{1}{2}$  Kalkpulver, 2 Sand, oder bei Kalkteig  
1 Trass, 1 Kalkteig, 2 Sand. (Raumteile.)

In Anlehnung hieran gestatte ich mir, auf die in der besonderen Aufstellung über Trassmörtel angeführten — bei Seebauten etc. in der Praxis bereits angewendeten und sich vorzüglich bewährten Mischungsverhältnisse — hinzuweisen.

Ganz besonders erlaube ich mir auf die nunmehr bei Thalsperren-Bauten zur Anwendung gelangende Mischung von

$1\frac{1}{2}$  Raumteilen Trass,  
1 Raumteil Kalkteig,  
 $1\frac{3}{4}$  Raumteile Sand,

deren vollkommenste Dichtigkeit für solche Bauten den notwendigsten Faktor darstellt, aufmerksam zu machen.

Betreffs der übrigen in den Serien **A, B, E, L, N und O** angegebenen Festigkeitsziffern, so bieten solche beachtenswerte Unterlagen für die Vorzüglichkeit des Trassmörtels.

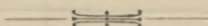
\*) Vergl. Abschnitt: Anwendung des Trasses als hydraul. Zuschlag,

Die unter **Serie A und B** genannten Zahlen ergeben, dass Trassmörtel auch schon bei der geringen Anzahl von 25 Hammerschlägen eine grosse Härte bezw. Dichte aufweist und der Unterschied zwischen 25 und 150 Schlägen gar nicht sehr gross ist.

Ich bemerke dies im Gegensatze zum Cementmörtel, bei welchem Differenzen zwischen 25 und 150 Hammerschlägen bis zu 50% seiner Festigkeitszahlen gefunden wurden.

Die bezeichneten Versuchsergebnisse beweisen ferner, dass der gemischtkörnige Sand, wie derselbe häufig in der Natur vorkommt, die höchsten Festigkeitsziffern liefert.

Zuletzt erwähne ich noch besonders die unter **Serie H** ergebnen Befunde mit verschiedenen Trassmörteln, bei denen die Versuchskörper nach ihrer Herstellung direkt unter Wasser (i. d. Formen) gebracht wurden. Dieselben blieben völlig intakt und ergaben hohe Wertziffern; sie bieten dadurch einen vollständigen Beweis für die absolute Dichtigkeit des Trassmörtels.



Hieran anschliessend bezeichne ich dann noch die Resultate von folgenden weiteren bezw. noch nicht veröffentlichten Versuchsreihen von Gerhard Herfeldt in Andernach.

### 1) Trass-Kalkmörtel-Proben auf Druckfestigkeit

nach verschiedenem Alter und Beobachtung der fortschreitenden Erhärtung:

Als **Trass** wurde solcher wie vor

„ **Kalk** „ **Bergisch-Fettkalkpulver**

„ **Sand** „ **Normalkörn. Rheinsand** verwendet.

Die Probekörper wurden hergestellt mit 25 Schlägen des Böhme'schen Hammerapparates.

**Erhärtungsdauer:** nach 1-tägiger Lagerung an feuchter Luft

= 1 Monat

= 1 Jahr

= 3 Jahre.

Mischung nach Raumteilen.

**Grundgewichte der Einzelmaterialien:**

1 Liter Trass = 1000 g

1 „ Kalkp. = 500 „

1 „ Sand = 1500 „

**Erhärtung: in Süsswasser.**

**Druckfestigkeit in kg per qcm.**

| Mischung:<br>Trass : Kalkpulver : Sand.<br>1 : 1 : 1.<br>+ Wasser. |                        |                        | Mischung:<br>Trass : Kalkpulver : Sand.<br>1 : 1 <sup>1/4</sup> : 2.<br>+ Wasser. |                        |                        | Mischung:<br>Trass : Kalkpulver : Sand.<br>1 : 1 <sup>1/2</sup> : 2.<br>+ Wasser. |                        |                        |
|--|------------------------|------------------------|---|------------------------|------------------------|---|------------------------|------------------------|
| Alter:<br>1 Monat  | Alter:<br>1 Jahr       | Alter:<br>3 Jahre      | Alter:<br>1 Monat   | Alter:<br>1 Jahr       | Alter:<br>3 Jahre      | Alter:<br>1 Monat   | Alter:<br>1 Jahr       | Alter:<br>3 Jahre      |
| 103.00 kg  | 138.00 kg              | 152.00 kg              | 94.00 kg  | 136.00 kg              | 170.00 kg              | 87.00 kg  | 115.00 kg              | 144.00 kg              |
| 99.00 "  | 130.00 "               | 172.00 "               | 96.00 "   | 140.00 "               | 183.00 "               | 84.00 "   | 112.00 "               | 152.00 "               |
| 103.00 "   | 132.00 "               | 169.00 "               | 96.00 "   | 141.00 "               | 177.00 "               | 83.00 "   | 112.00 "               | 164.00 "               |
| 106.00 "   | 131.00 "               | 165.00 "               | 97.00 "   | 134.00 "               | 176.00 "               | 85.00 "   | 110.00 "               | 150.00 "               |
| 97.00 "  | 130.00 "               | 172.00 "               | 99.00 "   | 135.00 "               | 172.00 "               | 83.00 "   | 118.00 "               | 153.00 "               |
| im Mittel<br>101.60 kg   | im Mittel<br>132.20 kg | im Mittel<br>165.00 kg | im Mittel<br>96.40 kg   | im Mittel<br>137.20 kg | im Mittel<br>175.60 kg | im Mittel<br>84.40 kg   | im Mittel<br>113.40 kg | im Mittel<br>152.60 kg |

| Mischung:<br>Trass : Kalkpulver : Sand.<br>1 <sup>1/2</sup> : 1 : 1.<br>+ Wasser. |                        |                        | Mischung:<br>Trass : Kalkpulver : Sand.<br>1 <sup>1/2</sup> : 1 <sup>1/4</sup> : 2.<br>+ Wasser. |                        |                        | Die höchsten Festigkeits-<br>ziffern sowie die günstigsten<br>Zahlen bezüglich Fort-<br>schreitung des Erhärtens<br>aus diesen 5 Versuchsreihen<br>ergab die Mischung:<br><br>Trass : Kalkpulver : Sand<br>1 <sup>1/2</sup> : 1 <sup>1/4</sup> : 2.<br><br>Fortschreitung des Er-<br>härtens in Verhältniszahlen:<br>1 Monat : 1 Jahr : 3 Jahre:<br><b>100 : 161 : 189.</b> |
|---|------------------------|------------------------|--|------------------------|------------------------|---|
| Alter:<br>1 Monat   | Alter:<br>1 Jahr       | Alter:<br>3 Jahre      | Alter:<br>1 Monat  | Alter:<br>1 Jahr       | Alter:<br>3 Jahre      |   |
| 96.00 kg  | 150.00 kg              | 173.00 kg              | 101.00 kg  | 167.00 kg              | 198.00 kg              |   |
| 98.00 "   | 136.00 "               | 172.00 "               | 106.00 "   | 169.00 "               | 190.00 "               |   |
| 103.00 "  | 130.00 "               | 165.00 "               | 100.00 "   | 166.00 "               | 205.00 "               |   |
| 96.00 "   | 145.00 "               | 176.00 "               | 107.00 "   | 171.00 "               | 202.00 "               |   |
| 97.00 "   | 145.00 "               | 175.00 "               | 107.00 "   | 164.00 "               | 190.00 "               |   |
| im Mittel<br>98.00 kg   | im Mittel<br>141.20 kg | im Mittel<br>172.20 kg | im Mittel<br>104.20 kg   | im Mittel<br>167.40 kg | im Mittel<br>197.00 kg |   |

Bei dieser Gelegenheit sei einiges über das Verhältnis von Zug-  $\%$  Druckfestigkeit gesagt. Dasselbe schwankt zwischen 1 : 5—8 und richtet sich nach dem grösseren oder geringeren Sandzusätze, indem dadurch die Eigenfestigkeit der einzelnen Mörtelmischungen (gegen Druck) erhöht oder vermindert wird.

## 2) Resultate der Untersuchungen nach den Mitteilungen der königl. techn. Versuchsanstalten zu Berlin,

4. Heft, Jahrgang 1900,

zum Zwecke der günstigsten Mörtelmischungen für die Fülbecker und Gemünder (Urft-) Thalsperren.

Bei letzteren vergl. auch die veröffentlichten von Gerhard Herfeldt aus gleicher Veranlassung für die örtliche Bauleitung (Wasserbauinspektor Frentzen-Gemünd) veranstalteten Versuche;

| 1  | 2                         | 3                     |      |      |      |                 |       |       |       | 4                  |
|--|---------------------------|-----------------------|------|------|------|-----------------|-------|-------|-------|--------------------|
|  |                           | Festigkeit            |      |      |      |                 |       |       |       |                    |
|  |                           | Zugfestigkeit         |      |      |      | Druckfestigkeit |       |       |       |                    |
|  |                           | in kg/qcm nach Wochen |      |      |      |                 |       |       |       |                    |
|  | Art der Erhärtung         | 4                     | 6    | 12   | 18   | 4               | 6     | 12    | 18    | Wasserdichtigkeit  |
| 1 1/2 Raumteil Plaidter Trass<br>1 " Kalkteig  | 3 Tage Luft, dann Wasser. | —                     | 13,7 | 15,2 | 16,8 | —               | 71,9  | 90,3  | 108,7 |                    |
| 1 1/2 " Schlebuscher Sand<br>Antr.: Prof. Intze zu Aachen.   | Nur an der Luft.          | —                     | 8,1  | 9,3  | 9,9  | —               | 70,1  | 81,1  | 89,2  |                    |
| 1 1/2 Raumteil Plaidter Trass<br>1 " Beckumer Wasseralk  | 1 Tag Luft, dann Wasser.  | —                     | 17,4 | 21,2 | 22,8 | —               | 101,7 | 133,9 | 157,5 | Wasserdicht.       |
| 3/4 " Rheinsand<br>Antr.: Derselbe.  | Nur an der Luft.          | —                     | 11,4 | 16,5 | 17,7 | —               | 94,3  | 114,5 | 143,6 | Nicht wasserdicht. |
| 1 1/2 Raumteil Plaidter Trass<br>1 " Fettkalkteig  | 3 Tage Luft, dann Wasser. | —                     | 20,5 | 24,8 | 25,9 | —               | 118,7 | 132,8 | 148,1 | Wasserdicht.       |
| 1/2 " Rheinsand<br>Antr.: Derselbe.  | Nur an der Luft.          | —                     | 11,1 | 11,4 | 13,6 | —               | 93,9  | 96,1  | 114,2 | Wasserdicht.       |
| 1 1/2 Raumteil Plaidter Trass<br>1 " Kalkteig  | 2 Tage Luft, dann Wasser. | —                     | 23,6 | 24,4 | 28,7 | —               | 127,0 | —     | 166,1 | Wasserdicht.       |
| 1 3/4 " Rheinsand<br>(20,5 <sup>0</sup> / <sub>0</sub> *)  |                           |                       |      |      |      |                 |       |       |       |                    |
| 1 1/2 Raumteil Plaidter Trass<br>1 " Kalkteig  | Desgl.                    | —                     | 21,8 | 24,5 | 27,3 | —               | 139,3 | —     | 152,5 | Wasserdicht.       |
| 2 " Rheinsand<br>(17,6 <sup>0</sup> / <sub>0</sub> )   |                           |                       |      |      |      |                 |       |       |       |                    |
| 1 1/2 Raumteil Plaidter Trass<br>1 " Kalkteig  | Desgl.                    | —                     | 21,8 | 24,0 | 26,8 | —               | 118,1 | —     | 141,3 | Wasserdicht.       |
| 2 1/2 " Rheinsand<br>(15,5 <sup>0</sup> / <sub>0</sub> )<br>Antr.: Thalsperren-Genossenschaft Fielbecke im Kreise Altena i. W. |                           |                       |      |      |      |                 |       |       |       |                    |
| 1 1/2 Raumteil Plaidter Trass<br>1 " Sötenicher Wasseralk  | 1 Tag Luft, dann Wasser.  | —                     | 26,9 | 29,2 | —    | —               | 102,8 | 133,6 | —     | Wasserdicht.       |
| 1 3/4 " Mech. Pochsand (16,0 <sup>0</sup> / <sub>0</sub> )   |                           |                       |      |      |      |                 |       |       |       |                    |

\*) Geben Wasserzusatz in Prozenten an.

| 1     | 2   | 3                                  |      |      |    |                 |       |       |    | 4            |  |
|-------|---|------------------------------------|------|------|----|-----------------|-------|-------|----|--------------|--|
|       |   | Festigkeit                         |      |      |    |                 |       |       |    |              |  |
|       |   | Zugfestigkeit                      |      |      |    | Druckfestigkeit |       |       |    |              |  |
|       |   | in kg/qcm nach Wochen              |      |      |    |                 |       |       |    |              |  |
|       |   | 4                                  | 6    | 12   | 18 | 4               | 6     | 12    | 18 |              |  |
| 1 1/2 | Raumteil Plaidter Trass   | 3 Tage<br>Luft,<br>dann<br>Wasser. |      |      |    |                 |       |       |    |              |  |
| 1     | " Söten. Fettkalk   |                                    | 24,0 | 28,0 | —  | —               | 133,6 | 180,4 | —  | Wasserdicht. |  |
| 1 3/4 | " Mech. Pochs.<br>(16,0%)   |                                    |      |      |    |                 |       |       |    |              |  |
| 1 1/2 | Raumteil Plaidter Trass   | 1 Tag<br>Luft,<br>dann<br>Wasser.  |      |      |    |                 |       |       |    |              |  |
| 1     | " Mech. Fettkalk-<br>teig   |                                    | 26,2 | 33,0 | —  | —               | 148,2 | 180,0 | —  | Wasserdicht. |  |
| 1 3/4 | " Mech. Pochs.<br>(15,3%)   |                                    |      |      |    |                 |       |       |    |              |  |
| 1 1/2 | Raumteil Plaidter Trass   | Desgl.                             |      |      |    |                 |       |       |    |              |  |
| 1     | " Walheimer<br>Kalkteig   |                                    | 25,5 | 29,0 | —  | —               | 148,5 | 185,0 | —  | Wasserdicht. |  |
| 1 3/4 | " Mech. Pochs.<br>(15,1%)   |                                    |      |      |    |                 |       |       |    |              |  |
| 1 1/2 | Raumteil Plaidter Trass   | Desgl.                             |      |      |    |                 |       |       |    |              |  |
| 1     | " Walheimer<br>Kalkteig   |                                    | 28,1 | 29,9 | —  | —               | 151,6 | 185,3 | —  | Wasserdicht. |  |
| 1 3/4 | " Mech. Haldens.<br>(18,3%)   |                                    |      |      |    |                 |       |       |    |              |  |
| 1 1/2 | Raumteil Plaidter Trass   | Desgl.                             |      |      |    |                 |       |       |    |              |  |
| 1     | " Walheimer<br>Kalkteig   |                                    | 24,3 | 27,2 | —  | —               | 139,0 | 167,0 | —  | Wasserdicht. |  |
| 1 3/4 | " Sand - Kiesge-<br>misch, (75% Mech. Pochs.,<br>25% Mech. Pochkies)<br>(12,2%) |                                    |      |      |    |                 |       |       |    |              |  |
| 1 1/4 | Raumteil Plaidter Trass   | 3 Tage<br>Luft,<br>dann<br>Wasser. |      |      |    |                 |       |       |    |              |  |
| 1     | " Walheimer<br>Kalkteig   |                                    | 19,1 | 25,6 | —  | —               | 135,9 | 185,5 | —  | Wasserdicht. |  |
| 1 3/4 | " Mech. Pochs.<br>(12,0%)   |                                    |      |      |    |                 |       |       |    |              |  |

Antr.: Rurthalsperren-Gesellschaft, G. m. b. H. zu Gemünd.

3. Zum Schlusse dieses Abschnittes über Festigkeit führe ich noch einige Versuche der Königl. Versuchs-Anstalt-Berlin und von Gerhard Herfeldt in Andernach aus den Jahren 1889/1890 an, die erweisen sollen, dass der aus den Kreisen der Cementindustrie vielfach erhobene Einwand, wonach der Trassmörtel als ein Wassermörtel,



bedeutend geringere Resultate bei Lufterhärtung zeitige, nichtig ist. Trassmörtel braucht naturgemäss Wasser bzw. Feuchtigkeit zu seinem Erhärtungsprozesse; dass hierzu aber feuchte Luft bei Laboratoriumsproben\*) und in der Praxis die langsame Austrocknung des frischen Mauerwerks\*\*\*) in den dicken Mauermassen ausreichend ist, geht aus den zur Klärung dieser Frage nachvermerkten Ergebnissen zur Evidenz hervor:

### a) Resultate der Königl. Prüfungsstation für Baumaterialien in Berlin vom Juli 1889:

|   |       |    |  |       |             |
|---|-------|----|--|-------|-------------|
| Mischung nach Raumteilen:                                   |       |    | Mischung nach Raumteilen:                |       |             |
| Trass : Fettkalkteig : Sand.                                |       |    | Wie nebenstehend!                        |       |             |
| 1   | :     | 1  | :  | 2     | (Rheinsand) |
| Erhärtung: 1 Tag an feuchter Luft,<br>27 Tage unter Wasser: |       |    | Erhärtung: 28 Tage nur an feuchter Luft: |       |             |
| Zugfestigkeit per qcm.                                      |       |    | Zugfestigkeit per qcm.                   |       |             |
| 1.  | 20.50 | kg | 1.                                       | 21.50 | kg          |
| 2.  | 20.00 | "  | 2.                                       | 21.00 | "           |
| 3.  | 18.75 | "  | 3.                                       | 18.50 | "           |
| 4.  | 20.00 | "  | 4.                                       | 20.00 | "           |
| 5.  | 21.00 | "  | 5.                                       | 19.00 | "           |
| 6.  | 18.00 | "  | 6.                                       | 20.50 | "           |
| 7.  | 21.50 | "  | 7.                                       | 20.50 | "           |
| 8.  | 21.50 | "  | 8.                                       | 18.50 | "           |
| 9.  | 21.00 | "  | 9.                                       | 20.00 | "           |
| 10.   | 22.00 | "  | 10.                                      | 18.00 | "           |
| Sa. 204.25 kg pro qcm.                                      |       |    | Sa. 197.50 kg pro qcm.                   |       |             |
| Mittel <b>20.43</b> kg pro qcm.                             |       |    | Mittel <b>19.75</b> kg pro qcm.          |       |             |

### b) Resultate der Versuche von Gerhard Herfeldt in Andernach: Versuchsreihe aus dem Jahre 1889 (Kellegerechte Mörtel).

a. Mit Lengericher Fettkalkteig und Kieler Sand.

Alter 1 Monat.

|                          |                |      |                            |                        |
|--------------------------|----------------|------|----------------------------|------------------------|
| Mischung nach Raumteilen |                |      | Zugfestigkeit per qcm:     |                        |
| Trass                    | Kalkteig       | Sand | Erhärtung an feuchter Luft | Erhärtung unter Wasser |
| 1                        | $\frac{3}{4}$  | 1    | 12.33 kg                   | 10.41 kg               |
| 1                        | $\frac{7}{8}$  | 1    | 13.08 "                    | 10.87 "                |
| 1                        | 1              | 1    | 13.95 "                    | 11.95 "                |
| 1                        | $1\frac{1}{4}$ | 2    | 10.41 "                    | 9.38 "                 |
| 1                        | $1\frac{1}{2}$ | 2    | 12.05 "                    | 8.53 "                 |
| 1                        | $1\frac{3}{4}$ | 2    | 9.92 "                     | 8.40 "                 |
| 1                        | $1\frac{1}{2}$ | 3    | 9.31 "                     | 6.83 "                 |
| 1                        | $1\frac{3}{4}$ | 3    | 9.54 "                     | 8.41 "                 |
| 1                        | 2              | 3    | 11.41 "                    | 6.90 "                 |

\*) In einem mit Wasserdampf gesättigten\*\*) Raume.

\*\*) Vergl. Beschlüsse der Konferenzen München, Dresden, Berlin, Wien des Internationalen Verbandes für die Materialprüfungen der Technik. (Hefte 1887 Seite 44 und 45, 1893 Seite 54.)

\*\*\*) Ueber den Verdunstungsverlust und die sehr langsame Austrocknung von frischem Trassmauerwerk berichtete Regierungsbaumeister Mattern in Nr. 102 des Centralbl. d. Bauverw. v. J. 1901 in einem sehr lezenswerten Artikel über die „Gewichtsermittlung von Bruchsteinmauerwerk.“

b. Mit **Letmather** Fettkalkteig und Kieler Sand.**Alter 1 Monat.**

|   |               |   |          |          |
|---|---------------|---|----------|----------|
| 1 | $\frac{1}{2}$ | 1 | 15.22 kg | 12.39 kg |
| 1 | $\frac{3}{4}$ | 1 | 12.99 „  | 12.04 „  |
| 1 | 1             | 1 | 13.44 „  | 11.12 „  |
| 1 | $\frac{3}{4}$ | 2 | 12.39 „  | 10.31 „  |
| 1 | $\frac{7}{8}$ | 2 | 11.20 „  | 9.22 „   |
| 1 | 1             | 2 | 10.63 „  | 9.70 „   |

c. Mit **Bergischem** Fettkalkteig und normalkörnigem Rheinsand.**Alter 6 Wochen.**

|   |   |   |          |          |
|---|---|---|----------|----------|
| 1 | 1 | 2 | 16.56 kg | 14.94 kg |
|---|---|---|----------|----------|

d. Mit **Lengericher** hydraulischem Kalkpulver und Kieler Sand.**Alter 3 Monate.**

|   |                |   |          |          |
|---|----------------|---|----------|----------|
| 1 | $1\frac{1}{2}$ | 2 | 13.63 kg | 12.50 kg |
|---|----------------|---|----------|----------|

**Alter 1 Jahr.**

|   |                |   |          |          |
|---|----------------|---|----------|----------|
| 1 | $1\frac{1}{2}$ | 2 | 22.40 kg | 21.06 kg |
|---|----------------|---|----------|----------|

e. Mit **Bergischem** Fettkalkteig und normalkörnigem Rheinsand.**Alter 6 Wochen.**

Druckfestigkeit per qcm.

|   |   |   |          |          |
|---|---|---|----------|----------|
| 1 | 1 | 2 | 95.92 kg | 95.52 kg |
|---|---|---|----------|----------|

**Versuchsreihe aus dem Jahre 1890.**

(Mörtel in Normalkonsistenz.)

a. Mit Kalkpulver **Thalsperre Lautenbach** und Stampfsand Lautenbach.**Alter 1 Monat.**

| Mischung nach Raumteilen. |                |      | Zugfestigkeit per qcm:     |                        |
|---------------------------|----------------|------|----------------------------|------------------------|
| Trass                     | Kalk           | Sand | Erhärtung an feuchter Luft | Erhärtung unter Wasser |
| 1                         | 1              | 1    | 14.43 kg                   | 12.63 kg               |
| 1                         | $1\frac{1}{2}$ | 2    | 16.20 „                    | 11.35 „                |
| 1                         | 2              | 3    | 16.51 „                    | 14.20 „                |

b. Mit Kalkpulver **Altkirch** und Stampfsand Lautenbach.**Alter 1 Monat.**

|   |   |   |          |          |
|---|---|---|----------|----------|
| 1 | 1 | 1 | 15.03 kg | 11.60 kg |
| 1 | 2 | 3 | 14.70 „  | 10.98 „  |

c. Mit Kalkpulver **Ruprechtsau** und Stampfsand Lautenbach.**Alter 1 Monat.**

|   |                |   |          |          |
|---|----------------|---|----------|----------|
| 1 | 1              | 1 | 16.09 kg | 15.80 kg |
| 1 | $1\frac{1}{2}$ | 2 | 17.19 „  | 14.22 „  |

d. Mit Kalkpulver **Freiburg** und Stampfsand Lautenbach.**Alter 1 Monat.**

|   |   |                |          |          |
|---|---|----------------|----------|----------|
| 1 | 2 | $2\frac{1}{2}$ | 16.43 kg | 13.76 kg |
|---|---|----------------|----------|----------|

## Die wesentlichsten Vorzüge des Trassmörtels zu Wasserbauten und allen Bauwerken, bei denen es auf Dichtigkeit ankommt:

### 1. Seine Wohlfeilheit.

Trassmörtel bietet bei grösserer oder geringerer Entfernung vom Produktionsorte des Trasses **eine Ersparnis bis zu 50%** gegenüber Cementmörtel.

Augenblicklich stellt sich der Preis per 10.000 kg (= 10 cbm) Trass an den Gewinnungsstätten je nach der geforderten Mahlfeinheit auf Mark 110.— bis 140.—

Gute Portland-Cemente kosten dagegen unter normalen Verhältnissen Mark 280.— bis 300.— und mehr per 10.000 kg (= knapp 7 cbm) loco Fabrik.

Zum Vergleiche lasse ich einige Preisberechnungen nebst Feststellung der Ergiebigkeit folgen, aus denen die Vorteile des billigeren Trassmörtels ausser seinen noch näher zu besprechenden technischen Vorzügen in die Augen springen:

Hinsichtlich des bei den Berechnungen für echten Trass angenommenen Grundpreises von Mark 20.— per 1000 kg sei vorab bemerkt, dass solcher sich nur an den Plätzen unserer Küste infolge der grösseren Entfernung von den Fundorten ein geringes höher, hingegen in allen übrigen Fällen, auch dort wo in grossen Rheinschiffen direkt angeliefert werden kann, beträchtlich billiger stellen wird.

Die Ermittlungen der Mörtel-Ergiebigkeit geschahen mit gemischt-körnigem Rheinsand:

|               |                              |                               |
|---------------|------------------------------|-------------------------------|
| $\frac{1}{2}$ | normalkörnig                 | (zwischen 60 und 120 Maschen) |
| $\frac{1}{4}$ | zwischen 120 und 360 Maschen |                               |
| $\frac{1}{4}$ | " 360 "                      | 900 "                         |

Darnach berechnen sich die Mörtel wie folgt:

|   |   |                |
|---|---|----------------|
| 1,5 cbm Nettethaler Trass à 1000 kg à M. 20.— | = | M. 30.—        |
| 1 " Kalkpulver 500 "                          |   | 6.— 6.—        |
| 1 " Sand 1500 "                               |   | 3.— 3.—        |
| 0,6 " Wasser                                  |   |                |
| <b>4,1 cbm Mischung</b> kosten                |   | <b>M. 39.—</b> |

und ergeben 2,07 cbm Mörtel.

Es kostet also 1 cbm Mörtel **M. 18.84**

|      |     |                   |           |   |         |   |         |
|------|-----|-------------------|-----------|---|---------|---|---------|
| 1,50 | cbm | Nettethaler Trass | à 1000 kg | à | M. 20.— | = | M. 30.— |
| 1,25 | „   | Kalkpulver        | 500       | „ | 6.—     |   | 7.50    |
| 2    | „   | Sand              | 1500      | „ | 3.—     |   | 6.—     |
| 0,75 | „   | Wasser            |           |   |         |   |         |

**5,50** cbm Mischung kosten M. 43.50

und ergeben 2,79 cbm Mörtel.

Es kostet also 1 cbm Mörtel *M. 15.59.*

|       |     |        |           |   |         |   |         |
|-------|-----|--------|-----------|---|---------|---|---------|
| 1     | cbm | Cement | à 1500 kg | à | M. 45.— | = | M. 45.— |
| 2     | „   | Sand   | 1500      | „ | 3.—     |   | 6.—     |
| 0,540 | „   | Wasser |           |   |         |   |         |

**3,540** cbm Mischung kosten M. 51.—

und ergeben 2,205 cbm Mörtel.

Es kostet also 1 cbm Mörtel *M. 23.13.*

|       |     |        |           |   |         |   |         |
|-------|-----|--------|-----------|---|---------|---|---------|
| 1     | cbm | Cement | à 1500 kg | à | M. 45.— | = | M. 45.— |
| 2,50  | „   | Sand   | 1500      | „ | 3.—     |   | 7.50    |
| 0,660 | „   | Wasser |           |   |         |   |         |

**4,160** cbm Mischung kosten M. 52.50

und ergeben 2,618 cbm Mörtel.

Es kostet also 1 cbm Mörtel *M. 20.05.*

2. Seine grosse Ueberlegenheit an Dichtigkeit\*) und Elasticität\*\*) gegenüber Cementmörtel — s. seine fast ausschliessliche Anwendung zu Thalsperren-, Dock- und Schachtbauten (im Kohlenrevier), ferner

3. dass derselbe so gut wie **gar keine Schlamm**bildung\*\*\*) bei Betonierungen unter Wasser erzeugt, was bei Cementmörtel ein oft sehr lästig

\*) Ueber die Dichtigkeit vergl. die Wertziffern für solche nach Unna\*) (Quotient aus Kittmasse / Hohlräume) Mischung nach Raunteilen:

| a) Trass-Kalkmörtel.                |      |      |         | b) Cementmörtel.                    |      |    |         |
|-------------------------------------|------|------|---------|-------------------------------------|------|----|---------|
| Mischung: Dichtigkeits-Coëffizient: |      |      |         | Mischung: Dichtigkeits-Coëffizient: |      |    |         |
| Trass                               | Kalk | Sand |         | Cement                              | Sand |    |         |
| 1½                                  | :    | 1    | == 5.00 | 1                                   | :    | 2  | == 1.26 |
| 1                                   | :    | 1    | == 4.40 | 1                                   | :    | 2½ | == 1.10 |
| 1                                   | :    | 2    | == 2.30 | 1                                   | :    | 3  | == 0.93 |
| 1                                   | :    | 3    | == 1.44 | 1                                   | :    | 4  | == 0.80 |
| 1                                   | :    | 5    | == 1.69 | 1                                   | :    | 5  | == 0.75 |

\*\*) Wegen der hohen Elasticität und der geringen Schlamm

bildung des Trassmörtels vergl. die betreff. später angeführten Gutachten von Geheimrat Prof. Dr. ing. Intze-Aachen und Geheimer Admiraltätsrat Franzius-Kiel, beides Capacitäten auf dem Gebiete der Wasserbautechnik.

\*) Unna, „Die Bestimmung rationeller Mörtelmischungen für Festigkeit, Dichtigkeit und Kosten“, eine interessante Arbeit über langjährige Versuche des genannten Autors mit graphischen Darstellungen, im Kommissionsverlage von P. Neubner, Buchhandlung, Köln, erschienen.

empfundener grosser Uebelstand ist, z. B. Aufenthalt in der Weiterbetonierung durch Entfernung der Schlammmassen; Einbusse an den hydraulischen Eigenschaften desselben durch Entmischung.

4. **Seine grössere Ergiebigkeit im Mörtel**, durch das geringere spezifische Gewicht des Trasses, wobei hervorzuheben ist, dass 1000 kg Trass den gleichen Raum im fertigen Mörtel ausfüllen wie die  $1\frac{1}{2}$ -fache Menge (1500 kg) Cement = **0.480 cbm.**

5. **Seine langsamere und regelmässiger, auch nach Jahren noch fortschreitende Erhärtung.** Hier sei auf die häufig viel zu schnelle Erhärtung des Cementmörtels, welcher Umstand namentlich im Sommer als ein erhebliches Uebel auftritt, hingewiesen.

6. Seine durch zahlreiche Versuche erwiesene **Haftfestigkeit (Adhäsion)**, vermöge der plastischen und dichten Beschaffenheit von Trassmörtel; für Betonbauten und Mauerwerk mit Armierungen (Eiseneinlagen) von besonderer Bedeutung.

7. Bietet der echte Trass als ein **Naturprodukt** wesentlich höhere Garantien für seine Unveränderlichkeit, d. h. Gleichmässigkeit, wie der Cement als Fabrikat, welcher letzterer wegen seiner verschiedenen Zusammensetzungen nicht immer übereinstimmende Resultate mit Rücksicht auf seine Qualität liefert; vergl. die Praxis.

Auch hat der erstere eine viele Jahrhunderte alte Verwendung und Erfahrung hinter sich, während der Portland-Cement ein Erzeugnis der neueren Zeit ist.

Als ganz ausserordentliche Vorzüge des Trassmörtels seien zum Schlusse noch erwähnt —

dass a. **fertig gemischter Trassmörtel** — in grösseren Mengen angerührt — auch nach 24- bis 30stündiger Lagerung — — wenn er vor seiner Anwendung nochmals gehörig durcheinander geknetet wird, nichts an seiner Bindekraft verliert.

Bei früheren Festungsbauten in Coblenz war sogar direkt vorgeschrieben: Der Trassmörtel muss einen Tag, nachdem er angemacht ist, noch einmal in seinem eigenen Saft geknetet werden.

Die Folge dieser Bestimmung war, dass der Mörtel dadurch noch inniger und fester wurde, indem derselbe mit grösserem Wasserzusatz besser angerührt werden konnte, während der Lagerung in fertig gemischtem Zustande an Wasser durch Verdunstung abgab und eindickte.

Dass der fertig gemischte Cementmörtel indes durch kurzes Stehenlassen nach Herstellung an seiner Erhärtungsfähigkeit einbüssen und gänzlich verderben kann und daher nicht mehr ohne Schaden für das betr. Mauerwerk zu verwerten ist, gilt als bekannt.

b. **Seine festgestellte Raumbeständigkeit;** vergl. die „Mitteil. der Königl. techn. Versuchsanstalten, Berlin“, Heft 4, 1901, worin es u. a. heisst:

„Der aus hydraul. Tuffstein gewonnene und mit gut gelöschtem Kalk verarbeitete Mörtel gilt raumbeständig und bedarf keiner weiteren Prüfung. Nur in den Fällen, wo zweifelhafter oder unvollkommen gelöschter Kalk vorliegt, soll die Prüfung des Trasses — von der noch speciell die Rede ist — auch auf Raumbeständigkeit erstreckt werden.“

Bei geringeren Trasssorten, namentlich bei Brohler Bergtrass oder Gemische mit solchen und besseren Qualitäten, sind wiederholt Treiberscheinungen wahrgenommen worden. Wenn diese auch nicht in dem Masse wie bei treibenden Cementmörteln auftraten, so möchte ich doch die nachteiligen Eigenschaften der Volumenvermehrung bei minderwertigen Trassen nicht unerwähnt lassen.

c. **Seine Frostbeständigkeit,** für welche die Zeugnisse der leitenden Ingenieure bei verschiedenen Bauwerken als vollgültige Beweise gelten mögen; s. den Artikel von Regierungsbaumeister Sigle in Nr. 174 des Centralbl. d. Bauverwaltung vom 7. Mai 1887, worin über Arbeiten bei Frost beim Bau der Westerbaldalm berichtet wird. Vergl. ferner die beim Bau des Nordostsee-Kanals und bei mehreren Thalsperrenbauten gemachten Erfahrungen, nach welchen bei stärkerem Frost nur die äusseren Mörtelfugen etwas litten, ein Stillstand des Erhärtungsprozesses eintrat, der sich dann bei eintretender Erwärmung ohne jeglichen Schaden in normaler Weise weiter vollzog.

Genau die gleiche Thatsache fand Prof. van der Kloes<sup>\*)</sup>, Delft, worüber derselbe in seinem Vortrage am 12. Januar 1900 im Verein „Onderneming en Vrijheid“ im Haag referierte.

#### d. **Feuchte Lagerung von Trass.**

Es ist zur Genüge bekannt, dass Cement durch Feuchtigkeit und Nässe, wozu die Aufbewahrung in einem Raume, der feucht ist oder in den die äussere Luft freien Zutritt hat, schon hinreicht, in enormer Weise leidet, vielmehr unter Einfluss dieser Faktoren minderwertig und sogar gänzlich unbrauchbar wird. Diese bedeutsamen Missstände erklären sich füglich aus der selbstständigen Bindefähigkeit des Cementes unter Einwirkung von Wasser oder Feuchtigkeit. Trass hingegen ist ein in seinem Naturzustande vollkommen indifferentes Material, welches durch Feuchtigkeit oder nasses Lagern auch nicht die geringste

<sup>\*)</sup> In Holland bekannt durch seine umfassenden Arbeiten über Mörtel etc.

Einbusse an seiner Qualität und seinem Bindevermögen erleidet, weil derselbe eben nur in Verbindung mit Kalk oder Cement unter Zusatz von Wasser eine Erhärtung eingeht.

Die „Deutsche Bauzeitung“ gibt in Nr. 59 vom 22. Juli 1876 folgendes Gutachten ab:

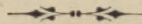
„Gemahlener Trass in reines Wasser versenkt, verliert nichts an seinem Werte als hydraulisches Material. Durch Berührung mit kalkhaltigem und „schlammigem Wasser kann die Güte des Trasses verringert werden; ganz unbrauchbar wird derselbe aber dadurch nicht.“

Um einwandfreie Unterlagen darüber zu erlangen, ob Trass durch langes Liegen oder durch Wasser in seiner Bindekraft beeinträchtigt wird, machte Gerhard Herfeldt in Andernach schon vor Jahren dieserhalb Versuche und zwar

- 1.\*) mit Trass, der 6 Monate an der Luft lagerte und häufig angefeuchtet wurde,
- 2.\*) „ „ „ völlig unter Wasser gesetzt wurde und geraume Zeit eingefroren war,
- 3.\*) „ „ „ 4 Monate im Seewasser lag, welches häufig der schärferen Probe wegen erneuert wurde.

Zu sämtlichen Versuchen wurden Kontrollproben mit frisch gemahlenem Trasse angestellt. Die Resultate aller Proben lieferten völlig übereinstimmende Festigkeitsziffern und erhärteten damit in überzeugender Weise die Thatsache, dass der Trass durch die vorbeschriebenen Prozeduren nichts an seiner Güte verloren hat.

Da in Baukreisen noch heute oft die Meinung vorherrscht, Trass erlitte gleich dem Cement eine Verschlechterung seiner hydraulischen Fähigkeiten, infolge Feuchtigkeit p. p., hielt ich es für angezeigt, die früheren Ermittlungen von Gerhard Herfeldt darüber hier zu wiederholen.



## Prüfung von Trass.

Die Lösung dieser Aufgabe beschäftigt schon seit vielen Jahren die beteiligten Kreise und ist der Mangel an einheitlichen Prüfungsmethoden für Trass (Puzzolane) in Deutschland\*\*) sowohl für die Abnehmer wie für die Produzenten seit langem als ein Uebel empfunden worden. Wenn auch die Konferenzen für die Vereinheitlichung der Materialprüfungsverfahren in München, Dresden, Berlin,

\*) Siehe auch die Mitteilungen von Gerhard Herfeldt in Andernach über Trassmörtel im Süßwasser und im Seewasser vom Jahre 1887 und 1886.

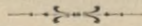
\*\*) Die Länder Holland und Belgien besitzen schon seit Jahren entsprechende Prüfungsvorschriften für Trass, vergl. für Holland „Algemeene Voorschriften voor de Uitvoeringen en het Onderhoud van Werken“; für Belgien „Cahier général des charges“.

Wien und Zürich vieles über diesen Gegenstand zutage gefördert haben, so waren doch, wie Prof. Gary in Heft 1, Jahrgang 1901 der Mitteilungen der Königl. techn. Versuchsanstalten, Berlin, hervorhebt, die gegebenen Vorschläge einerseits zu allgemein gehalten, um nach solchen einheitlich arbeiten zu können, andererseits fanden dieselben sachlich begründeten Widerspruch.

Erst der im Jahre 1896 gegründete „Deutsche Verband für die Materialprüfungen der Technik“ nahm Veranlassung, einen besonderen Ausschuss damit zu betrauen, einheitliche Prüfungen für den mörteltechnischen Wert der Puzzolane (Trass) auszuarbeiten.

Diesem Ausschusse nun, der mit Prof. Gary als Obmann an der Spitze, aus 11 Herren der Wissenschaft und Praxis besteht, ist es nach jahrelangen Arbeiten gelungen, Vorschriften über die Prüfung von Trass auf seinen mörteltechnischen Wert als Beschlüsse seiner am 29. September 1900 in Rüdesheim abgehaltenen Versammlung zu erlassen.

Diese Vorschriften lasse ich hier im Originaltexte folgen, wodurch jeder Baumeister in den Stand gesetzt wird, nach denselben seine Prüfungen für die Qualitätsbestimmungen des Trasses (Glühverlust-, Nadel-, Zug- und Druckproben) auf den Baustellen oder im Laboratorium zu machen.



Beschlüsse der 4. Versammlung  
zu Rüdesheim vom 29. September 1900.

## **Prüfung von Trass auf seinen mörteltechnischen Wert.**

### **I. Bestimmung des hygroskopischen Wassers und des Hydratwassers (Glühverlust).**

#### **Vorbemerkung.**

Guter Trass wird aus hydraulischen Tuffsteinen gemahlen. Die Untersuchung auf Glühverlust giebt in den meisten Fällen Anhalt dafür, ob der Trass aus guten hydraulischen Tuffsteinen hergestellt ist.

Guter Trass soll mindestens 7 pCt. Glühverlust (Hydratwasser, chemisch gebundenes Wasser) ergeben; doch soll diese Prüfung nicht allein als entscheidend für den Wert des Trasses angesehen werden.

Trasse von  $5\frac{1}{2}$  bis  $7\frac{1}{2}$  pCt. Glühverlust sind zum Gebrauch zuzulassen wenn die für die Festigkeit gestellten Bedingungen erfüllt werden.

#### **a. Vorbereitung der Proben.**

Von dem zu untersuchenden Trass wird eine Durchschnittsprobe von etwa 20 g entnommen und in einer Reibschale so weit zerkleinert, dass alles durch ein Sieb von 5000 Maschen auf 1 qcm geht.



Wird der zu untersuchende Trass aus angelieferten ungemahlten Tuffsteinen hergestellt, so ist darauf zu achten, dass die aus den letzteren entnommene Probe eine möglichst richtige Durchschnittsprobe von etwa 10 kg aus der Lieferung darstellt, und dass die entnommenen Steine genügend durcheinander gemischt werden.

Die 10 kg faustgrossen Stücke sind im Mörser zu zerstoßen, bis auf dem 1 Maschen-Sieb kein Rückstand verbleibt. Von dem Siebgut ist nach gründlichem Durchmischen 1 kg zu entnehmen, welches so weit zerkleinert wird, dass auf dem 60 Maschen-Sieb kein Rückstand verbleibt. Von diesem Siebgut sind 100 g fein zu reiben, bis auf dem 900 Maschen-Sieb kein Rückstand verbleibt.

### b. Ermittlung des Trockenverlustes.

Um die Menge des hygroskopischen (mechanisch festgehaltenen) Wassers zu bestimmen, werden von der nach der Vorschrift unter a vorbereiteten Trassmenge 10 g in ein Wiegegläschen mit eingeschlifftem Stopfen und einer Bodenfläche von mindestens 4 cm Durchmesser gefüllt. Das Gläschen wird offen mit geneigt auf die Oeffnung gelegtem Stopfen in einen Trockenschrank<sup>\*)</sup> mit Wasserumspülung und Lufterneuerung gebracht und während drei Stunden gleichmässig auf annähernd 98° C. erhitzt.

Alsdann wird das Gefäss mit dem warmen Stopfen verschlossen, herausgenommen und zum Abkühlen in einen Exsiccator gebracht. Die dann festgestellte Gewichtsabnahme wird als der Gehalt des Trasses an hygroskopischem Wasser angesehen<sup>\*\*</sup>).

### c. Ermittlung des Glühverlustes.

Um den Glühverlust zu bestimmen, werden von der nach der Vorschrift unter a vorbereiteten Trassprobe 10 g (die zweite Hälfte der vorbereiteten Menge) in einem Platin- oder Porzellantiegel entweder 30 Minuten über dem Gasgebläse oder im Hempel'schen Glühofen mindestens 40 Minuten bis zur Rotglut erhitzt. Hierbei ist darauf zu achten, dass die Anfangserwärmung des Trasses, der ausser Wasser auch Luft enthält, nur langsam gesteigert wird, so dass erst in 5—10 Minuten Rotglut eintritt; bei zu schneller Erhitzung reissen das heftig austretende Wasser, sowie die eingeschlossene Luft feine Teile des Trasses mit sich, wodurch Stoffverlust entsteht, der sich fälschlich als Glühverlust geltend machen würde.

Nach Ablauf der Glühzeit ist der Tiegel mit einer angewärmten Zange sofort zum Erkalten in einen Exsiccator zu bringen.

<sup>\*)</sup> Es ist darauf zu achten, dass die Flamme nicht unter dem Boden des Schrankes hervorschlägt und die Thür erhitzt, wodurch der Trockenraum stärker erwärmt wird, als es das kochende Wasser bedingt. Es ist ferner darauf zu achten, dass sich keine Wasserdämpfe im Innern des Schrankes niederschlagen können.

<sup>\*\*</sup>) Für die genaue Ermittlung des mechanisch gebundenen Wassers ist es notwendig, die Trocknung bei ungefähr 98° C. bis zu gleichbleibendem Gewicht fortzusetzen; für die Praxis werden aber meistens drei Stunden Trockenzeit genügen, da nach dieser Zeit die Gewichtsabnahme nur noch Zehntel-Prozent zu betragen pflegt, um welche sich der Glühverlust alsdann höher stellt,

Nach dem Erkalten wird die Gewichtsabnahme festgestellt.

Bei Berechnung des Glühverlustes (Hydratwassers) muss von dem Gewichtsverlust des geglühten Trasses der Gewichtsverlust des gleichzeitig getrockneten Trasses (das hygroskopische Wasser) in Abzug gebracht werden. Der dann noch verbleibende Gewichtsverlust des geglühten Trasses muss auf die Gewichtsmenge des vorgetrockneten Trasses, also Trass ohne hygroskopisches Wasser, in Prozenten berechnet werden.

## II. Mahlfeinheit\*).

Für die Prüfung auf Mahlfeinheit sollen die für die Cement-Prüfung üblichen Siebe von 144, 900 und 5000 Maschen auf 1 cm<sup>2</sup> benutzt werden.

Für die Siebung sind je 100 g bei 98—100° C. getrocknetes Pulver zu benutzen, und zwar soll die Siebung auf dem feinsten Gewebe beginnen. Der darauf zurückbleibende Rest soll gewogen und auf das nächstfolgende Sieb gebracht werden u. s. w.

## III. Nadelprobe.

Das Trasspulver ist im Anlieferungszustande zu verwenden; doch sollen die auf dem 144 Maschen-Sieb liegenden Körner ausgeschlossen werden, da sie den Nadelversuch vereiteln können. Eine Mischung von 2 G.-T. Trass, 1 G.-T. Kalkhydratpulver und 0,9 bis 1 G.-T. Wasser ist bei 15—18° C. anzurühren, in Hartgummidosen ohne Boden, die auf eine Glasplatte gesetzt werden, zu füllen und glatt abzustreichen. Die Dose soll sofort unter Wasser von 15—18° C. gebracht\*\*) und nach 2, 3, 4 und 5 Tagen im normalen Nadelapparat derartig geprüft werden, dass festgestellt wird, mit welcher Belastung die 300 g schwere Normalnadel mit 1 qmm kreisförmigem Querschnitt den Mörtel durchdringt.

Wenn der Trassmörtel bei niederen Temperaturen verwendet wird, z. B. im Winter oder für Grundbauten, so empfiehlt es sich, eine zweite Versuchsreihe bei entsprechender Temperatur auszuführen. In jedem Falle sind die Wasser- und die Luftwärme anzugeben.

Als Kalk soll bis zur Feststellung eines Normalkalkes ein möglichst reiner Marmorkalk verwandt werden.

## IV. Zug- und Druckfestigkeit.

Aus 2 G.-T. Trass + 1 G.-T. Kalkhydratpulver + 3 G.-T. Normalsand + 0,9 bis 1 G.-T. Wasser sollen Zug- oder Druckproben in der für die Cementprüfungen üblichen Form und Grösse mit 150 Schlägen von Böhme's Hammer eingerammt werden. Die Zugproben sind 20 Minuten nach Her-

\*) Der Trass soll so fein als möglich gemahlen werden, da die Binfefähigkeit des Stoffes mit seiner Feinheit wächst. Zur Zeit ist es gerechtfertigt zu fordern, dass auf dem Siebe von 900 Maschen auf 1 cm<sup>2</sup> höchstens 25% und auf dem Siebe von 5000 Maschen auf 1 cm<sup>2</sup> nicht mehr als 50% liegen bleiben.

\*\*) Die Ausführung der Nadelprobe bei Luftlagerung wird empfohlen, wenn der Trassmörtel zu Luftbauten verwandt werden soll.

stellung, die Druckproben 24 Stunden nach Herstellung aus den Formen zu nehmen.

Alle Körper sollen 24 Stunden nach der Herstellung in einem bedeckten, mit feuchter Luft erfüllten Zinkkasten aufbewahrt werden und hiernach 6 bzw. 27 Tage unter Wasser von 15–18° C. weiter erhärten. Unmittelbar nach der Entnahme aus dem Wasser sind die Körper zu prüfen\*).

Die Vorbereitung und die Verarbeitung der Mörtelstoffe soll in folgender Weise geschehen:

1. Das Trasspulver ist im Anlieferungszustande zu verwenden.
2. Der Kalk ist aus einem reinen Luft-(Fett-)Kalk\*\*\*) zu brennen. Je 5 kg des Aetzkalkes sind auf Walnussgrösse zu zerkleinern und in Drahtsieben so lange unter Wasser von 20° C. zu halten, bis keine Blasen mehr aufsteigen; dann ist der Kalk in ein hölzernes, mit Zink ausgeschlagenes Gefäss zu schütten, acht Tage lang bedeckt stehen zu lassen und auf dem 120 Maschen-Sieb abzusieben. Das Grobe ist zu verwerfen.

Richtig gelöschter Kalk hat etwa 25% Wasser. Soll der Kalk für spätere Versuche aufbewahrt werden, so ist er luftdicht abzuschliessen\*\*\*).

Als Normalsand soll der für Cementprüfungen übliche Sand von Freienwalde Verwendung finden.

Die Mischung des Mörtels soll in dem Normal-Mörtelmischer von Steinbrück-Schmelzer derart vorgenommen werden, dass die in einer Schüssel trocken vorgemischten, abgewogenen Mengen von Trass und Kalkpulver 20 Umgänge des Mörtelmischers erleiden, dann wieder in einer Schüssel mit dem Sande trocken vorgemischt und abermals während 20 Umdrehungen im Mischer bearbeitet werden, wobei das erforderliche Wasser während der ersten Schüsselumdrehung zugesetzt wird.

\*) Zur Zeit ist es üblich, nach 28 Tagen wenigstens 12 kg/qcm Zugfestigkeit und wenigstens 60 kg/qcm Druckfestigkeit des Kalk-Trass-Mörtels zu verlangen; für die Berechnung des Mittelwertes werden die 6 höchsten Zahlen aus je 10 erprobten Körpern benutzt.

\*\*) Sobald ein Normalkalk vereinbart worden ist, soll dieser zu allen Zwecken verwendet werden.

\*\*\*) Für Laboratorien und Versuchsanstalten empfiehlt es sich, derartig vorbereiteten Kalk in luftdicht verschlossenen Gefässen vorrätig zu halten.

Mit diesen Feststellungen erachtet der Ausschuss seine Arbeiten aber erst zum Teil erledigt, indem derselbe sich die folgenden Aufgaben als weitere Ziele seines Wirkens gestellt hat:

- 1) Die Aufsuchung eines Normalkalkes von möglichst gleichbleibenden Eigenschaften.
- 2) Die Aufsuchung von Verfahren für die Bestimmung der Raumbeständigkeit von Trass-Kalkmörtel, die bei Verwendung ge-

wisser, unvollkommen gelöschter Kalke praktischen Nutzen bieten.

- 3) Versuche über die Biegefestigkeit von Stäben mit dem abgeänderten Zugfestigkeitsprüfer nach den Vorschlägen des Herrn Dr. Michaëlis.

Neben vorbenannten Aufgaben wird dann die Frage nach Vorschriften über Mindestfestigkeiten für eine bestimmte Erhärtungsart und Dauer der Proben des Normalmörtels, wie bei Cement, Gegenstand fernerer Untersuchungen und Beschlussfassungen sein.

Die zur Zeit im Baugewerbe gehandhabten Erfordernisse für Tuffstein und Trass sind die folgenden:

- a. Bei Anlieferung von Tuffstein (ungemahlener Trass). Neben der Vorschrift, dass derselbe in der Mischung  $\frac{1}{2}$  aus gelben und aus je  $\frac{1}{4}$  grauen und dunkelgrauen (blauen) Steinen bester Qualität aus den Gruben des Nettetals anzuliefern ist, soll der Tuffstein ein gleichmässiges Gefüge haben, porös und so fest sein, dass er beim Zerschlagen scharfkantigen Bruch zeigt. Das spezifische Gewicht darf nicht grösser sein wie 1,20 bis 1,28. Steine, welche sich zwischen den Fingern zerreiben lassen und mit denen Striche wie mit Kreide gezogen werden können, sowie Verunreinigungen, sogen. feste Tuffasche und Tauchsteine, sind von der Lieferung auszuschliessen.
- b) Bei Anlieferung von Trass wird gefordert, dass solcher aus echtem Tuffstein gemahlen, durchaus rein und frei von jeder Beimischung, als Bergtrass — wilder Trass, Bimsstein u. s. w., sich scharf und nicht mehlartig anfühlen muss und mindestens 7 pCt. Glühverlust (chemisch gebundenes Wasser) enthält. Bezüglich der Ermittlung für solchen vergl. die Vorschriften über die Bestimmung des Hydratwassers (Glühverlust).

Als sein spezifisches Gewicht gilt, dass der Trass lose in ein Massgefäss geschüttet höchstens 94 kg pro hl wiegen soll.

Die Feinheit der Normal-Mahlung muss derart sein, dass auf einem Siebe von 60, 120, **900** und 5000 Maschen pro qcm ein Rückstand bleibt von höchstens 0,00, 3,50, **30** und 50 pCt. des Gewichts.

Für seine hydraulischen Eigenschaften wird als geringste Leistung beansprucht, dass eine Mörtelmischung aus 1 Raumteil Trass, 1 Raumteil gelöschtem Fettkalk oder Wasserkalk,

und  $\frac{1}{2}$  Raumteil Wasser (oder in Gewichtsteilen 2 Trass, 1 Kalk, 1 Wasser) nach der Mischung in ein passendes Gefäß gebracht und unter Wasser gesetzt bei einer Temperatur von  $12^{\circ}$  R. binnen 48 Stunden so merklich erhärtet, dass sie den Eindruck des Fingers nicht mehr annimmt und dass nach Verlauf von weiteren 48 Stunden eine Vicat'sche\*) Nadel von 1,2 mm Durchmesser ohne Spitze mit 1 kg beschwert, nicht mehr als 5 mm tief in das bis zum Rande mit der Mörtelmischung ausgefüllte Gefäß eindringt. Bei einer höheren Durchschnitts-Temperatur des Erhärtungswassers als wie  $12^{\circ}$  R. soll der Widerstand d. h. die Belastung entsprechend der Temperatur-Erhöhung gesteigert werden, und das Gewicht z. B. betragen bei  $15^{\circ}$  R. mittlerer Temperatur = 2 kg, bei  $18^{\circ}$  R. = 3,25 kg.

Ueber Mindestfestigkeiten gegen Zug oder Druck bestehen in Deutschland bislang keine übereinstimmenden Wertziffern.

Vielfach werden die Grenzwerte auf Grund von Vorprüfungen für die Beanspruchung der betreffenden Bauwerke ermittelt, so schrieb beispielsweise das Tiefbau-Amt Frankfurt-Main vor, dass ein Mörtel in der Normalmischung: 1 Raumteil Trass, 1 Raumteil hydraulisches Kalkpulver, 1 Raumteil Normalsand mit 15 Gewichtsprozent Wasser nach 28 Tagen (5 Tage Luft, 23 Tage Wasser) eine Zugfestigkeit in kg/qcm von 9 kg und eine Druckfestigkeit von 41 kg/qcm haben müsse.

Häufig ist auch die Forderung, dass Trassmörtel in der Normal-Mischung: 1 Raumteil Trass, 1 Raumteil Kalkhydratpulver (aus Fettkalk), 1 Raumteil Normalsand + 0,45 bis 0,50 Wasser (in Gewichtsteilen 2 Trass, 1 Kalkpulver, 3 Sand + 0,9 bis 1 Wasser) oder bei Kalkteig: 1 Raumteil Trass,  $\frac{2}{3}$  Raumteil Kalkteig + 1 Raumteil Sand, nach 14- und 28 tägiger Erhärtung (1 Tag an feuchter Luft, 13 und 27 Tage unter Wasser) bei einer mittleren Temperatur von  $12^{\circ}$  R. für das Erhärtungswasser = 8 kg bzw. 12 kg/qcm **Zug-** und 40 kg bzw. 60 kg/qcm **Druckfestigkeit im Mittel** aufweisen muss.

Diese Werte gelten in Holland als Normen-Festigkeiten.

Die Schlemm- oder Sinkprobe wird auch vielfach noch in Lieferungsbedingungen gestellt, nach welcher der gute Trass in einem Glase Wasser angerührt und nach dem Niederschlage der festen Substanz und Klärung des Wassers wenig oder gar keine schwimmenden Teilchen haben darf. Diese Prüfungsart stammt aus Holland (Bezinkproef) und ist dort sehr eingebürgert.

\*) Nach dem Erfinder „Vicat“ so benannt.

## Gutachten und Zeugnisse.

Bevor ich nun zu dem letzten Abschnitte „Trass als Zusatz zum Cement“ meiner vorliegenden Abhandlung übergehe, bringe ich in Folgendem eine Anzahl gutachtlicher Aeusserungen und Atteste von namhaften Autoritäten des Baufaches zur Veröffentlichung, die einen ausserordentlich schätzenswerten Beweis für die vorzüglichen Eigenschaften und Bewährung des Trassmörtels in der Praxis liefern.

### a. Gutachten:

#### 1. Gutachten des Herrn Geheimrats Prof. Dr. ing. Intze - Aachen, des bekannten Thalsperren-Erbauers.

Derselbe schreibt in Heft 22, Band XXXIX. der Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure in einem Artikel: „Die Erweiterung des Wasserwerks der Stadt Remscheid“ u. a. wie folgt:

.....

Eine der wichtigsten Fragen bei derartigen Ausführungen, diejenige der zu wählenden Mörtelart und Mörtelmischung, musste auch im vorliegenden Falle einem eingehenden Studium unterworfen werden, und es sind zu diesem Zwecke zahlreiche Festigkeitsversuche auf der kgl. Prüfungsstation zu Charlottenburg vor Beginn der Bauausführung gemacht worden. Die Ergebnisse sind nachstehend wiedergegeben und mit denjenigen verglichen, welche gegenwärtig für weitergehende Versuche ebenfalls in Charlottenburg angestellt werden. Ferner sind inzwischen durch mich Versuche eingeleitet in Bezug auf die elastischen Eigenschaften verschiedener Trass- und Cementmörtelmischungen, da diese Eigenschaften für die Beweglichkeit grösserer Mauern und die etwaige Entstehung von Rissen von grösster Bedeutung sind. Zunächst war für die Ausführung in Remscheid eine Mörtelmischung, entsprechend den besseren Mischungen, wie sie für Trassmörtel in Holland üblich sind, vorgesehen, die aus 1 Raumteil Kalkbrei,  $1\frac{1}{2}$  Raumteilen Trassmehl und  $\frac{1}{2}$  Raumteil Rheinsand bestand. Diese Mischung hatte nach den folgenden Resultaten der ersten Versuche vom Jahre 1888 die besten Ergebnisse, nicht nur in betreff der Zugfestigkeit, sondern auch in Bezug auf Dichtigkeit gegen hohen Druck, woraufhin ebenfalls die Mörtelproben untersucht werden mussten.

Sofort nach Beginn der Ausführung wurde ein stärkerer Sandzusatz als notwendig erachtet und durch die vorstehend angegebenen Ergebnisse der Versuche von 1889 auch als gerechtfertigt erwiesen; der Mörtel bestand demnach aus 1 Teil Kalkbrei,  $1\frac{1}{2}$  Teilen Trassmehl und 1 Teil Rheinsand. Die Festigkeitszahlen für diese Mischung hatten noch bessere Resultate ergeben als diejenigen mit geringerem Sandzusatz. Es zeigte sich hierbei weniger Gefahr des Rissigwerdens bei zu langem Verweilen des Mörtels an der Luft. Für eine beständige Nässung des Mörtels im Mauerwerke war vertragsmässig gesorgt worden, um die Vorteile zu erzielen, welche die vorstehend gegebenen Resultate der Versuche für die Erhärtung des Trassmörtels unter Wasser gegenüber der Erhärtung lediglich an der Luft ergeben hatten. Von allen in Vergleich gezogenen Mischungen verschiedener Sandarten und verschiedener Kalkarten mit Trass und eines sonst mehrfach zu derartigen Ausführungen angewandten Cementkalkmörtels musste

die vorhin genannte Mischung des Trassmörtels als die vorteilhafteste erkannt werden. So wurde nicht nur wegen der Kosten, sondern ganz besonders wegen der Vorteile für die Verwendung Trassmörtel vorgezogen, indem dieser, ohne seine guten Eigenschaften zu verlieren, wegen seines langsamen Abbindens längere Zeit ohne Bedenken fertig angemacht liegen kann (selbst 1 Tag oder noch etwas länger), bevor er verwendet zu werden braucht, eine Eigenschaft, die besonders bei Thalsperrenbauten von grosser Bedeutung ist, da man häufig wegen plötzlich eintretenden schlechten Wetters die Arbeit unterbrechen muss. Diese gute Eigenschaft spielt insofern noch eine grössere Rolle, als dann die während der Ausführung durch unvermeidliches Betreten des Mauerwerkes und durch den Transport von Materialien über frisches Mauerwerk hinweg entstehende Belastung und geringfügige Erschütterung von weniger oder gar keinem Nachteil ist gegenüber dem schnell erhärtenden Cement- oder Cementkalkmörtel. Es konnte daher bei Ausführung dieser Thalsperre Abstand davon genommen werden, die einzelnen Steine durch besondere Hebevorrichtungen, Laufkrane, Zangen u. s. w. zu versetzen, und es sind, wie die während der Ausführung gemachten Abbildungen der Aufnahmen, Fig. 7 bis 11, zeigen, die Steine auf einem Gleise und auf Wagen befördert, welche auf Holzunterlagen unmittelbare Stützung auf dem frischen Mauerwerke fanden. Die ersten Versuche mit dem stärkeren Sandzusatz wiesen darauf hin, dass höchst wahrscheinlich noch grössere Festigkeitszahlen zu erreichen seien, wenn der Sandzusatz etwas vergrössert würde, und es werden infolgedessen gegenwärtig Versuche in Charlottenburg ausgeführt, deren ebenfalls angegebene Resultate in Zahlen die Richtigkeit dieser Ansicht bestätigen. Es soll daher für die gegenwärtig in Ausführung begriffene Thalsperre in der Fülbecke bei Altena der stärkere Sandzusatz von  $1\frac{1}{2}$  Teilen Rheinsand bei 1 Teil Kalk und  $1\frac{1}{2}$  Teilen Trass angewandt werden und vielleicht nach den ebenfalls jetzt eingeleiteten weiteren Versuchen noch etwas erhöht werden, so lange die Festigkeit wächst und die Dichtigkeit gegen hohen Druck (Versuche werden angestellt für  $2\frac{1}{2}$  Atm. Wasserdruck, der auf Probeplatten wirkt) nicht nachlässt\*). Ganz besonders dürfen die sehr günstigen Zahlen in betreff der Zugfestigkeit des vorhin genannten Trassmörtels, wie sie für andere Trassmischungen niemals erzielt zu sein scheinen, sowohl auf ein richtiges Verhältnis zwischen Kalk und Trassmehl als auch besonders auf die sehr feine Mahlung des Trassmehles, wie ich sie vorschrieb, zurückzuführen sein. Es wurde nur der beste Trass aus dem Nettethal (Plaidter blauer Trass) zugelassen, dessen Feinheit auf einem Siebe von 900 Maschen pro qcm höchstens einen Rückstand von 20 pCt ergab. Der Trass ist in vollständig gleicher Güte von Anfang bis zu Ende von J. Meurin in Andernach geliefert worden.

Die Versuche über die Elastizität von Mörtelstäben, wie sie gegenwärtig noch in dem physikalischen Laboratorium der hiesigen technischen Hochschule unter meiner Leitung fortgesetzt werden, sind mit Stäben von 1,10 m Länge und 15,0 qcm Querschnitt angestellt worden, wie diese Stäbe in bereitwilligster Weise von der Firma Zervas Söhne in Köln nach Herstellung einer besonderen Maschine für diesen Zweck geliefert wurden, und zwar für verschiedene Trass- und Cementmörtelmischungen.

\*) Die inzwischen eingelaufenen weiteren Versuchsergebnisse zeigen für 2 Teile und selbst  $2\frac{1}{4}$  Teile Sand noch eine kleine Zunahme der Festigkeitszahlen und vollständige Dichtigkeit der Platten gegen  $2\frac{1}{2}$  Atm. Wasserdruck.

## Ergebnisse der Festigkeitsprüfung

| No.  | Bezeichnung                   | Alter der Proben | No. 1, 2, 3, 5 u. 6 sind 3 Tage an der Luft } und darauf<br>„ 7, 8 und 9 „ 2 „ „ „ „ } unter Wasser<br>„ 4 ist 1 „ „ „ „ „ } erhärtet |       |        |        |        |        |
|--|-------------------------------|------------------|---|-------|--------|--------|--------|--------|
|  |                               |                  | Zug   |       |        | Druck  |        |        |
|  |                               |                  | max.  | min.  | mittel | max.   | min.   | mittel |
| im Jahre 1888<br>angestellt                  | 1 R.-T. Weisskalkteig         | 6 Wochen         | 15,75   | 12,50 | 13,70  | 78,40  | 66,10  | 71,90  |
|  | 1,5 „ Trassmehl               | 12 „             | 15,75   | 14,50 | 15,15  | 95,20  | 84,00  | 90,30  |
|  | 0,5 „ Schlebusch Sand         |                  |   |       |        |        |        |        |
|  | 1 „ Beckumer Wasserkalkpulver |                  |   |       |        |        |        |        |
|  | 1,25 „ Trassmehl              | 6 „              | 18,00   | 16,75 | 17,35  | 114,20 | 94,10  | 101,70 |
|  | 0,75 „ Rheinsand              | 12 „             | 22,50   | 18,50 | 21,20  | 141,10 | 128,80 | 133,00 |
|  | 1 „ Fettkalk                  | 6 „              | 22,00   | 19,50 | 20,50  | 127,70 | 105,30 | 118,70 |
|  | 1,5 „ Trassmehl               |                  |   |       |        |        |        |        |
|  | 0,5 „ Rheinsand               |                  |   |       |        |        |        |        |
|  | 1 „ Fettkalk                  | 18 „             | —   | —     | 15,65  | —      | —      | 119,60 |
| 2 „ Sand                                     |                               |                  |   |       |        |        |        |        |
| 1 „ Dyckerhoff-Cement                        |                               |                  |   |       |        |        |        |        |
| 2 „ Sand                                     | 6 „                           | 21,50            | 19,25   | 20,65 | 138,90 | 122,10 | 129,70 |        |
| 1 „ Kalkteig                                 |                               |                  |   |       |        |        |        |        |
| 0,875 „ Rheinsand                            |                               |                  |   |       |        |        |        |        |
| 1,5 „ Plaidter Trass                         | 12 „                          | 25,25            | 22,25   | 23,68 | 164,60 | 149,00 | 155,20 |        |
| 0,625 „ Wasser                               | 6 „                           | 22,00            | 19,25   | 20,65 | 142,20 | 123,20 | 131,90 |        |
| 1 „ Kalkteig                                 |                               |                  |   |       |        |        |        |        |
| 1 „ Rheinsand                                |                               |                  |   |       |        |        |        |        |
| 1,5 „ Plaidter Trass                         | 12 „                          | 29,50            | 25,25   | 27,18 | 179,20 | 156,80 | 166,90 |        |
| 0,625 „ Wasser                               | 6 „                           | 22,75            | 17,00   | 19,80 | 123,10 | 106,90 | 114,50 |        |
| 1 „ Kalkteig                                 |                               |                  |   |       |        |        |        |        |
| 1 „ Rheinsand                                |                               |                  |   |       |        |        |        |        |
| 1,5 „ Trassmehl                              | 12 „                          | 25,50            | 20,00   | 22,25 | 128,40 | 109,10 | 117,90 |        |
| in den Jahren 1894 und<br>1895<br>angestellt | 1 „ Kalkteig                  | 6 „              | 22,75   | 16,25 | 20,05  | 136,10 | 115,60 | 121,90 |
|  | 1,25 „ Rheinsand              | 12 „             | 29,50   | 21,50 | 24,18  | 152,30 | 123,10 | 140,10 |
|  | 1,5 „ Trassmehl               |                  |   |       |        |        |        |        |
|  | 1 „ Kalkteig                  | 6 „              | 23,25   | 19,25 | 21,15  | 118,80 | 97,20  | 108,90 |
|  | 1,5 „ Rheinsand               | 12 „             | 29,50   | 22,50 | 26,05  | 141,50 | 118,80 | 129,90 |
|  | 1,5 „ Trassmehl               |                  |   |       |        |        |        |        |

Diese Versuche haben ergeben, dass bei gleichen Belastungen wesentlich grössere elastische Bewegungen im Trassmörtel entstehen als im Cementmörtel, und hierauf dürfte die im Rheinland und in Westfalen vielfach gemachte Beobachtung zurückzuführen sein, dass Mauerwerk in Trassmörtel selbst bei nennenswerten Bewegungen keine Neigung zur Bildung von Rissen zeigt. Auslaugung von Kalk aus dem Mörtel, welche bei fast allen Thalsperren sich zeigt und die Bildung von Kalksinter an der Luftseite zur Folge hat, ist bei der Remscheider Thalsperre nicht zu Tage getreten. Um solchen Kalksinterungen selbst bei etwaiger Durch-

## von Mörtelproben in kg/qcm.

| Wasserdichtigkeit von Platten von 7,1 cm Dmr. und 2,28 cm Dicke unter 2 bis 2 1/2 Atm. Wasserdruck | nur an der Luft erhärtet |       |        |        |        |        | Wasserdichtigkeit von Platten von 7,1 cm Dmr. und 2,28 cm Dicke unter 2 bis 2 1/2 Atm. Wasserdruck |
|--|--------------------------|-------|--------|--------|--------|--------|--|
|  | Zug                      |       |        | Druck  |        |        |  |
|  | max.                     | min.  | mittel | max.   | min.   | mittel |  |
| dicht  | 8,75                     | 7,50  | 8,10   | 77,30  | 65,00  | 70,10  | { nach 20 Min. feuchte Stellen, dann Tropfenbildung  |
| { 3 Tage nach dem Einlegen feuchte Stellen, dann Tropfenbildung                                    | 10,25                    | 8,75  | 9,25   | 87,40  | 75,00  | 81,10  | { 15 Min. nach dem Einlegen langsame Tropfenbildung  |
| dicht ohne Durchlass   | 12,50                    | 10,00 | 11,35  | 97,40  | 88,40  | 94,30  | { nach 30 Minuten langsame Tropfenbildung  |
| dicht  | 18,00                    | 15,50 | 16,45  | 117,60 | 108,60 | 114,50 | { nach 6 bis 8 Std. langsame Tropfenbildung  |
| { bereits nach 4 Wochen und später vollkommen dicht  | 12,00                    | 10,50 | 11,05  | 105,30 | 84,00  | 93,90  | { bereits nach 4 Wochen und später vollkommen dicht  |
|  | 12,00                    | 10,75 | 11,40  | 103,00 | 89,60  | 96,10  |  |
| { vollkommen dicht von 4 Wochen ab   | —                        | —     | 10,80  | —      | —      | 108,90 | { vollkommen dicht von 4 Wochen ab   |
| dicht ohne Durchlass   | 9,00                     | 6,00  | 7,38   | 96,30  | 79,50  | 86,10  | { nach 3 bis 4 Std. zeigten sich schwach feuchte Stellen.  |
|  | 9,50                     | 6,50  | 8,13   | 112,00 | 88,70  | 98,90  | { nach 3 Tagen kein Durchlass, also dicht  |
| dicht ohne Durchlass   | 10,00                    | 6,50  | 8,03   | 105,31 | 78,40  | 88,20  | { nach 3 bis 4 Std. schwach feuchte Stellen  |
|  | 10,50                    | 8,75  | 9,53   | 128,80 | 96,30  | 107,10 | { nach 3 Tagen kein Durchlass, also dicht.   |
| dicht ohne Durchlass   | —                        | —     | —      | —      | —      | —      | —  |
| dicht ohne Durchlass   | —                        | —     | —      | —      | —      | —      | —  |
| dicht ohne Durchlass   | —                        | —     | —      | —      | —      | —      | —  |

lässigkeit der Mauer vorzubeugen, wurde es von mir als notwendig erachtet, nicht nur einen reichlich hohen Zuschlag von Trassmehl im Vergleich zum Kalk anzuwenden, sondern auch durch äusserst feine Mahlung des Trassmehls und sorgfältigste Mörtelbereitung für gleichmässigste Verteilung des Trassmehles Sorge zu tragen, um dadurch möglichst sämtlichen Kalk gebunden zu haben. Um diese feine Mahlung des Trassmehles zu erreichen, musste davon Abstand genommen werden, den Trass an Ort und Stelle zu mahlen, was vielfach z. B. bei der Ausführung der im Fundament 62,5 m dicken Thalsperre der Gileppe in Belgien geschehen ist.



Vielleicht ist es diesem Umstande, dass die Mahlung des Trasssteines an der Gileppe nicht genügend vollkommen gewesen ist, zuzuschreiben, dass trotz der gewaltigen Dicke der Mauer eine sehr starke Auslaugung von Kalk, eine starke Durchsickerung von Wasser und die Bildung mächtiger Schichten von Kalksinter an der Luftseite der Thalsperre sich zeigen. Eine derartige Bildung von Kalksinter, überhaupt das Durchrieseln von Wasser durch die Mauerung hindurch, hat sich bei der Thalsperre in Remscheid nicht gezeigt.

.....

## 2. Gutachten des Herrn Geheim. Admiralitäts-Rats Rechten, Berlin.

### Auszüge aus der Abhandlung

„Der Bau der zweiten Hafen-Einfahrt zu Wilhelmshafen“, mitgeteilt vom damaligen Hafenbau-Direktor Rechten (jetzt Geh. Adm.-Rat) und vom Regierungsbaumeister H. Arnold. Enthalten in der Zeitschrift des Architekten- und Ingenieur-Vereins zu Hannover, Band XXXVII, Heft 4 (Jahrgang 1891).

#### e. Betongründung.

Die Tuffsteine wurden aus den bekannten Brüchen des Nettethales unweit Andernach am Rhein in Stücken bezogen und auf der Baustelle vermahlen.

Der Kalk ist aus Dornaper, Lengericher und Recklinghausener Brennerien in Stücken auf die Baustelle geliefert, daselbst in Gruben eingesumpft und in stichbarem Zustande zur Verwendung gelangt.

Der Sand wurde in Dangast a. d. Jade gewonnen; aus 25 cm Höhe eingelaufen wiegt 1 l : 1,610 kg. Die Korngrösse ist sehr gemischt; es beträgt der Rückstand im Normalsand-Grobsiebe von 60 Maschen auf 1 qcm: 13,5% und im Normalsand-Feinsiebe von 120 Maschen auf 1 qcm: 23%.

Die Schottersteine sind aus dem Kohlensandsteine des Piesberges bei Osnabrück mittels Steinbrecher auf durchschnittlich 6 cm Grösse zerkleinert; nur ein geringer Teil ist aus dem Abfalle der Bockhorner Klinker geschlagen und beim Ufermauer- und Molenbau verbraucht worden.

Zur Mörtel- und Betonbereitung wurde eine Maschinen-Anlage, ähnlich der bei den Kieler Dockbauten benutzt, die gleichzeitig als Schöpfwerk für den Schleusenbau eingerichtet war.

Die Materialien sind mittels Karren zugebracht und nach Raunteilen gemischt worden. Im Allgemeinen war für den Trassmörtel das Verhältnis 1 Trass : 1 Kalk : 1 Sand angenommen, doch wurde bei Betonierung der Seeschleuse nach der Beschaffenheit des Mörtels eine geringe Aenderung in der Füllung der Karren angeordnet, wodurch als Gesamt-Ergebnis des Material-Verbrauches sich ein Mischungs-Verhältnis von 1,16 Trass : 1 Kalk : 1,23 Sand ergab. Für den Beton ist die Mischung 1 Mörtel : 2 Steinschlag durchgeführt und der geforderten Dichtigkeit und Festigkeit durchaus entsprechend gefunden worden.

Die Bereitung geschah folgendermassen: Neben der Mörtel-Mulde auf der oberen Plattform wurde zuerst 1 Karre Sand gleichmässig ausgebreitet, darauf 1 Karre Kalk verteilt, und darüber 1 Karre Trass geschüttet; hiervon wurden einzelne Streifen senkrecht abgestochen und durch die rückwärtige Oeffnung der

vergitterten Muldenabdeckung in die Mulde eingeschaufelt. Nach dem Aussehen des Mörtelbreies ist der Wasserzusatz in die Mulde geregelt und dabei eine grosse Gleichmässigkeit in der zähflüssig durchgearbeiteten Mischung erzielt worden. — Die Schottersteine wurden in den mit einem Gitterboden versehenen Karren durch einen scharfen Strahl von 5 m Wassersäule tüchtig ausgespült. Je 2 Schotterkarren und 1 Mörtelkarre gelangten gleichzeitig an die Schüttrichter über die Betontrommeln und sind dann auf Zuruf des vor der Rutsche stehenden Mörtelkarrers zusammen eingekippt worden. Der fertige Beton, welcher über die Schräge an den Trommelmündungen auf die untere Plattform der Baugrubenberme glitt, entsprach in jeder Beziehung den strengsten Anforderungen.

Die rund 18000 cbm fassende Schleusenbetonierung ist in 94 Arbeitstagen ausgeführt worden, was eine tägliche Durchschnittsleistung von 192 cbm Beton ergibt, — welche in 240 Kasteufüllungen versenkt und mit 3 Betontrommeln zu je 64 cbm erzeugt worden sind, während die dazu erforderlichen 96 cbm Mörtel mit 1 Mulde bereitet werden konnten. . . . .

#### f. Blockgründung.

Die Blöcke wurden auf dem Lande aus hartbraunen Backsteinen in Trassmörtel von der Mischung 1 Trass : 1 Kalk : 1 Sand durchaus sattgemauert und mindestens 2 Monate bei stetiger Annässung erhärten gelassen. Sämtliche Blöcke erhielten dieselbe Grösse, von 3 m Länge, 1,5 m Breite und 1,4 m Höhe und je zwei symmetrisch angelegte und nach eingesetzten Holzlehren gemauerte keilförmige Scheerenlöcher, welche zur inneren Durchfeuchtung des Trassmauerwerks mit Seewasser gefüllt erhalten wurden. Jeder Block hatte 6,3 cbm Inhalt und 12250 kg Gewicht. . . . .

Der Blockbau wurde stets in voller Höhe bis 1,0 m mit Abtreppungen vor Kopf auf 10 m bis 20 m Länge vorgetrieben und sofort mit Trassbeton in der bewährten Mischung 1 Mörtel : 2 Schotter hinterfüllt. Dieser ist mittels Kasten durch den Krahn während der Ebbezeit eingesenkt, oben abgeglichen und festgestampft worden, sodass bei dem Ansteigen der Flut selbst durch Wellenschlag keine nennenswerte Ausspülung des Mörtels stattfand. . . . .

#### g. Mauerwerk.

Die Backstein-Uebermauerung des Betonbettes der Schleusensole ist in Cementmörtel der Raummischung 1 Cement : 2,5 Sand; das Sohlengewölbe und die Klinker-Verblendung in Cement-Trassmörtel der Mischung 0,5 Cement : 1 Kalk : 1 Trass : 2 Sand; die Hintermauerung der Molenverblendung in Cement-Trassmörtel der Mischung 0,3 Cement : 1 Kalk : 1 Trass : 1,5 Sand und die Hintermauerung binnenteichs allenthalben in Trassmörtel der Raummischung 1 Kalk : 1 Trass : 1 Sand ausgeführt.

Beim Mauern ist auf ein sorgfältiges Reinigen und gutes Nässen der Steine, auf einen gleichmässig geschmeidigen Mörtel, auf ein stets sattes Mörtelbett und durchaus volle Stossfugen geachtet worden. Auch die Verblendfugen mussten sofort beim Mauern voll hergestellt und durften nach dem Anziehen des Mörtels

unter Benützung desselben Verblendmörtels nur glatt abgestrichen werden; ein nachträgliches Auskratzen und Ausfügen derselben wurde nicht geduldet. . . . .

### 3. Gutachten des Herrn Geheim. Admiralitäts-Rats Franzius, Kiel.

#### Auszüge aus der Abhandlung

„Die Hellingsbauten für den Kriegshafen an der Kieler Bucht,“  
mitgeteilt vom damaligen Baumeister, jetzigen Geh. Admir.-Rat Franzius.  
Enthalten in der Zeitschrift des Architekten- und Ingenieur-Vereins zu  
Hannover, Band XXII, Heft 1 (Jahrgang 1876).

#### Bauausführung.

#### Vorhelling I.

Die Betonierung begann damit, dass in der ersten Nacht das schwimmende Gerüst, welches ebenso wie dasjenige des Stapelhellings konstruiert war, aber nur 4 Kasten trug, infolge eines wolkenbruchartigen Gewitterregens versank. Die Störung war jedoch nach einigen Tagen beseitigt. Da kurz vorher die Sohle des Stapelhellings II trocken gelegt war und die Betonschüttung sich in jeder Beziehung als vorzüglich gelungen erwiesen hatte, so durfte der Versuch gemacht werden, die Mischung des Cementmörtels für den Vorhelling abermals magerer zu wählen, und zwar aus 1 Teil Cement zu 2,5 Teilen Sand. Ende August war die Betonierung ausgeführt, die Herbststürme verboten sodann für längere Zeit die Trockenlegung der Baugrube, und als diese mit Hilfe der grossen Kreiselpumpe gegen Schluss des Jahres teilweise gelungen und eine Absteifung der Fangdämme gegeneinander durch zwei horizontale Reihen von Spreizen erfolgt war, verhinderte eingetretener Frost ein weiteres Arbeiten. . . . .

#### Hellinge II und III.

Allerdings waren, wie sich beim Abgleichen der Sohle und namentlich der Dämme zeigte, zwischen je 2 Kastenfüllungen auch jetzt noch stets Schlamm-schichten von einigen Millimetern Stärke bemerkbar, und es erscheint nicht unmöglich, dass bei ungenügender Uebermauerung des Betons derartige Adern im Laufe der Zeit zu Undichtigkeiten Veranlassung geben können, namentlich dann, wenn die Einwirkung des Seewassers auf den Beton in der That eine so zersetzende ist, wie von mancher Seite angenommen wird. . . . .

Da um diese Zeit auf dem Marine-Etablissement eine Trassmühle in Betrieb gesetzt war, so wurde diesmal sowohl wegen der Kostenersparung, als auch zur Gewinnung eines Vergleichs zwischen Cement- und Trassbeton die Anwendung des letzteren beschlossen. Die Mischung des Mörtels wurde zu gleichen Teilen Trass, Kalk und Sand festgestellt, im oberen Teile des Stapelhellings jedoch noch magerer genommen. (Siehe Tabelle a. n. Seite.) Der Mörtel ward durch einen neben der Trassmühle mit Dampf betriebenen Göpel bereitet, worauf dann Mörtel und Schotter in den unteren Trommeln der früher benutzten Betonmaschinen gemischt wurden. Das Betonierungsgerüst war das aus dem Helling II, die Schüttung

erfolgte in zwei Lagen, von der Landseite beginnend, so dass der Schlamm durch das eigene Gewicht auf der Sohle der Baugrube vorwärts gleiten musste. Schon während der Betonierung zeigte sich die Schlamm-Bildung als ausserordentlich gering im Verhältnis zu den früheren Betonierungen mit Cementmörtel. Auch war die langsame Erhärtung des Mörtels insofern von Annehmlichkeit, als es möglich war, grössere Mengen Beton im Voraus zu bereiten, so dass gelegentliche Störungen an den Maschinen keinen nachteiligen Einfluss auf die Versenkung ausüben konnten. Die durchschnittliche tägliche Leistung mit zwei Trommeln betrug denn auch 130 cbm, die grösste Leistung sogar 210 cbm. . . . .

Diese Trockenlegung konnte, da das Schöpfwerk zum Bau des Hellings II benutzt wurde, erst im August 1874 bewirkt werden, nachdem vorher der Rost des oberen Stapelhellings gelegt und die Mauerung dieses Teils ausgeführt war. Der Beton übertraf den Cementbeton nicht nur durch die weit geringeren Massen an Schlamm und losen Steinen, sondern auch besonders an Dichtigkeit erheblich. Während, wie oben erwähnt, in dem Cementboden überall zwischen je zwei geschütteten Kasten feine Schlamm-schichten nachzuweisen waren, zeigte der Trassbeton einen durchaus gleichmässigen Bruch, so dass es z. B. hier mehr Schwierigkeit machte, die Dämme mit Keilen abzubrechen, als beim Cementbeton, trotzdem dieser an und für sich bedeutend grössere Härte besass. . . . .

Im Laufe des Sommers 1875 erfolgte nacheinander ohne Mühe die Uebermauerung der Vorhellinge III und II.

Der Trassbeton hatte sich so dicht an die Spündwände gelagert, dass keine Quelle vorhanden war, obgleich im Vorhelling III infolge etwas geringerer Baggerung die Dicke der Betonsohle fast nur  $\frac{1}{5}$  der Höhe des ringsum vorhandenen Wasserdrucks betrug. Die Thondämme waren durch die längere Lagerung so dicht geworden, dass der Wasserzufluss ungemein gering war. . . . .

Es möge sodann eine Uebersicht der verbrauchten Beton-Materialien folgen, um zu zeigen, welche Resultate durch die Aenderung in den Mischungsverhältnissen des Mörtels und des Betons erzielt wurden. Es ist besonders zu beachten, wie viel geringer die Schlamm-Bildung und Ausspülung bei dem Trass-Beton war, als bei dem Cement-Beton, trotzdem die Verhältnisse bei den Betonierungen der Stapelhellinge II und III in jeder Beziehung als gleich bezeichnet werden müssen.

#### Notizen aus Preis-Tabelle.

|  |                            |
|--|----------------------------|
| Cement für die Tonne von 187,5 kg Netto . . . .  | von Mk. 8,80 bis Mk. 10.30 |
| Desgleichen . . . . .  | „ „ 14.10                  |
| Reinigen der Cement-Betonssole von Schlamm und losen Steinen für den qm . . . . .                    | „ 1.26                     |
| Desgleichen beim Trassbeton für den qm . . . . .   | „ —.75                     |
| Tuffstein für die Last = 2000 kg . . . . .   | „ 50.70                    |
| Cementbeton mit Mörtel von 1 : 2,5 bis 1 : 1,4, ohne Bereitung und Versenkung, für den cbm . . . . . | von Mk. 20.60 „ „ 31.56    |
| Trassbeton mit Mörtel von 1 : 1 : 1 desgleichen für den cbm . . . . .                                | „ „ 22.61                  |

#### 4) Gutachten desselben (wie unter 3), bei einem anderen Bauwerke.

##### Auszüge aus der Abhandlung

„Betonierung der 4 Trockendocks auf dem Marine-Etablissement zu Ellerbeck bei Kiel“, mitgeteilt vom damaligen Ober-Ingenieur jetzigen Geh. Adm.-Rat Rechten zu Kiel. Enthalten in der Zeitschrift des Architekten- und Ingenieur-Vereins zu Hannover, Band XX, Heft 4 (Jahrgang 1874).

Schon frühzeitig war auf die Beschaffung der hierzu erforderlichen kolossalen Materialienmassen Rücksicht genommen, sodass nur noch übrig blieb, für die Anfertigung und die Schüttung des Betons die geeigneten Vorkehrungen und zwar von genügender Leistungsfähigkeit zu treffen.

Vor Aufstellung eines derartigen Projekts musste zunächst darüber Beschluss gefasst werden, ob Trass- oder Cementmörtel zum Beton zur Verwendung kommen sollte.

Man wählte den ersteren namentlich mit Rücksicht auf die dadurch eintretende bedeutende Kostenersparung. Durch die von Wilhelmshaven erhaltene und bereits aufgestellte Trassmühle war es möglich, die Tuffsteine auf der Baustelle selbst zu mahlen und sich dadurch gegen alle Verfälschungen, die ja leider mit dem Trassmehl nur zu häufig vorgenommen werden, zu sichern. Ausserdem kam noch in Betracht, dass es nach Lage der Verhältnisse zulässig war, den fertigen Beton vor dessen Trockenlegung verschiedene Monate im Winter 1874 erhärten zu lassen, ohne dadurch den Fortgang des Baues zu stören. Der Trassmörtel bindet bekanntlich viel langsamer als der Cementmörtel. Nach dieser Eigenschaft sollte man annehmen, dass sich bei Verwendung des ersteren zum Beton viel mehr Schlamm wie beim Cementbeton bilden würde, jedoch gerade die entgegengesetzte Erscheinung ist bauseitig bei der Ausführung von Hellingsbauten, die teils mit Cement- teils mit Trassmörtel fundiert sind, während der Schüttung selbst beobachtet. Bestätigt wurde diese Beobachtung noch dadurch, dass sich bei dem trocken gelegten Cementbeton über der festgewordenen Masse viel lose Steine, die vollständig des Mörtels beraubt waren, vorfanden, während beim Trassbeton selbst die obersten Steine angebunden hatten.

Es lässt sich nicht leugnen, dass diese vorzügliche Eigenschaft des Trassmörtels denselben ganz besonders für die Ausführung von Betonierungen empfiehlt.

Das Gelingen einer Betonierung hängt bei Verwendung guter Materialien zunächst von der sorgsam Herstellung des Betons, aber hauptsächlich von der Art der Verschüttung desselben ab.

Für die Betonierung war die Beschaffung von 36 000 cbm Steinschlag, 5750 Last Trassmehl je 4000 Pfund und 7700 cbm gelöschten Kalks bei der angenommenen Mörtelmischung von  $1\frac{1}{2}$  Trass, 1 Kalk und  $\frac{1}{2}$  Sand, erforderlich.



## b. Zeugnisse:

### 1. Zeugnis des Herrn Admirals von Stosch.

Berlin, den 13. März 1875.

Dem Steinbruchbesitzer und Tuffstein-Lieferanten Herrn Gerhard Herfeldt zu Plaidt bei Andernach am Rhein bescheinige ich auf seinen Antrag, dass das aus seinen Tuffsteinbrüchen bezogene Material zu dem Trassmörtel der Marinebauten in Wilhelmshaven und Kiel seit vielen Jahren Anwendung gefunden hat, und seiner Vorzüglichkeit wegen noch fortwährend (fortdauernd) verwendet wird.

Herr p. p. Herfeldt selbst hat bei diesen seinen Lieferungen für die Marinebauten sich als tüchtiger und sehr zuverlässiger Geschäftsmann und Lieferant bewährt.

Der Chef der Admiralität.

(gez.) v. Stosch.

### 2. Zeugnis des Herrn Ministers für Handel, Gewerbe und öffentliche Arbeiten.

*Handelsministerium.*

Berlin, den 13. April 1875.

Auf Ew. Wohlgeboren Antrag (Eingabe) vom 1. v. Mts. bestätige ich gerne, dass nach den bei verschiedenen deutschen Hafen- und Schleusenbauten, namentlich in Bremerhafen, Geestemünde, Emden, Leer und Papenburg, gemachten Erfahrungen der echte Trass aus der vulkanischen Umgegend des Laacher Sees, rheinischer Trass genannt, zur Bereitung von hydraulischem Mörtel bei Wasserbauten, sowohl im Süßwasser als auch im Salzwasser sich vorzüglich bewährt hat.

Um nur gutes Material zu erhalten, ist hierbei allerdings die Vorsicht gebraucht worden, den Trass in Stücken zu beziehen und erst vor der Verwendung an der Baustelle mahlen zu lassen. --

Da eine gleiche Verwendung in ausgedehntem Masse bei dem Bau der Kriegshäfen an der Jahde und bei Kiel stattgefunden hat, und Sie auch auf gleiche Verwendung bei den Befestigungsbauten in Cöln, Königsberg, Friedrichsort, Langelutgensand p. p. Bezug nehmen, so bleibt Ihnen überlassen, wegen Bescheinigung der dort gemachten Erfahrungen über die Bewährung dieses Materials an die Kaiserl. Marine-Verwaltung und die betreffenden Fortifikationsbehörden sich zu wenden.

Der Minister für Handel, Gewerbe und öffentl. Arbeiten  
i. A.

(gez.) Machau.

An Herrn Gerhard Herfeldt, Wohlgeboren zu Plaidt.

### 3. Zeugnis der Kaiserl. Kanal-Kommission, Bauamt I. Brunsbüttelhafen.

Den Firmen Gerhard Herfeldt in Andernach und D. Zerwas Söhne in Köln wird hierdurch bescheinigt, dass dieselben gemeinsam zum Bau der Schleusen an der westlichen Mündung des Nord-Ostsee-Kanals die Lieferung von 24000 cbm Tuffsteine aus ihren bei Plaidt und Kruft gelegenen Gruben in der Zeit vom 1. September 1890 bis 31. Dezember 1891 rechtzeitig und zur vollen Zufriedenheit der Bauverwaltung ausgeführt haben.

Brunsbüttelhafen, den 1. Februar 1892.

An die Firmen Gerhard Herfeldt in  
Andernach und D. Zerwas Söhne,  
G. m. b. H., in Köln,

Kaiserl. Kanal-Kommission, Bauamt I.

i. V.

Rothe, Königlicher Regierungsbaumeister,

#### 4. Zeugnis der Kaiserl. Kanal-Kommission, Bauamt V.

Holtenuau, den 5. September 1893.

Für die Betonierung der Ostsee-Schleusen des Nord-Ostsee-Kanals bei Holtenuau lieferten der Tuffsteingrubenbesitzer Gerhard Herfeldt in Andernach und die Firma D. Zerwas Söhne in Köln 20700 cbm Tuffsteine.

Auf Antrag der Firmen bescheinige ich gern, dass dieselben ihre kontraktlich übernommenen Verpflichtungen nach jeder Richtung hin voll und ganz erfüllt haben, dass die Beschaffenheit der Materialien stets eine gleichmässig vorzügliche war und dass die Anlieferung der Tuffsteine zur vollen Zufriedenheit der Bauverwaltung stets pünktlich erfolgt ist.

Der in Kollergängen im Mischungsverhältnis 1 :  $\frac{2}{3}$  : 1 d. 1 Raumteil Trass,  $\frac{2}{3}$  Raumteile Fettkalk, 1 Raumteil Sand hergestellte Mörtel wurde während der Bauausführung vielfach aus dem Kollergang entnommen, auf seine Güte untersucht und stets als gut befunden. Derselbe ergab, nach einer Broyeur-Umlaufzeit von 10 Minuten aus letzterem entnommen und dann nach den Normen für einheitliche Prüfung von Portland-Cement weiter verarbeitet, nach 28 Tagen Erhärtung durchschnittlich eine Zugfestigkeit von 15 kg per qcm,

An die Firmen Gerhard Herfeldt in  
Andernach und D. Zerwas Söhne,  
G. m. b. H., in Köln.

Bauamt V.  
(gez.) Sympher, Königl. Wasserbauinspektor.

#### 5. Zeugnis der Bauleitung des Stau-Weiheres Lauchensee i. Elsass.

An die Firma Gerhard Herfeldt in Andernach a. Rhein.

Auf Ihr gefälliges mir hierher nachgesandtes Schreiben von gestern bestätige ich gern, dass ich namens der Landes-Verwaltung in den Jahren 1891—1894 von Ihnen 11 Waggons Sack-Trass und 242 Waggons Tuffsteine (blau, grau und gelb), zusammen 253 Waggons zu je 10 Tonnen zum Bau der Staumauer für den Lauchensee bezogen habe. Was die Beschaffenheit der Lieferung angeht und die Schnelligkeit der Ausführung der Bestellungen, so gereicht es mir zur Freude, meiner vollen Zufriedenheit hiermit Ausdruck geben zu können. Der Mörtel wurde in Kollergängen im Verhältnis von 1 Trass (oder vorgebrochener Tuffstein), 1 Weisskalkteig zu 3 Sand nach Raumteilen gemischt, und war von sehr guter Beschaffenheit hinsichtlich der Festigkeit und Dichtigkeit.

Hochachtungsvoll!  
(gez.) Bühler, Kaiserl. Meliorations-Bauinspektor.

Colmar, den 24. Oktober 1895.

## Trass als Zusatz zum Cement.

Ausser der im vorigen Teile ausführlich beschriebenen althergebrachten und bewährten Anwendung des Trasses zum Kalkmörtel wird in neuerer Zeit auch Trass mit überraschend günstigen Erfolgen als Zusatz zum Cementmörtel benutzt.

Wenn nun schon vor etwa 30 Jahren — wohl nach empirischem Verfahren der Herren Bauleiter — kombinierter Trass-Cementmörtel zu verschiedenen Marinebauten (vergl. Wilhelmshaven und Danzig) erfolgreich zu Klinkerverblendung und Hintermauerung von Molenverblendungen etc. benutzt wurde, ist die in jüngerer Zeit bereits stark verbreitete Anwendung von Trass als Zusatz bzw. teilweiser Ersatz zum Cement **an Stelle reinen Cementmörtels** eine Folge der Forschungen des bekannten Cementtechnikers **Dr. Michaëlis-Berlin**, worüber derselbe im Jahre 1895 eine Schrift, betitelt „Das Verhalten der hydraulischen Bindemittel in Meerwasser“, veröffentlichte.

Die Theorie Dr. Michaëlis', nach dessen jahrelangen Versuchen, gipfelt darin, dass alle Cemente in ihrem Erhärtungsprozesse im Mörtel überschüssigen, sogen. freien (nicht an Silicate gebundenen) Kalk — als Aetzkalk in krystallinischer Form — ausscheiden, der vom Seewasser angegriffen wird und somit eine Zerstörung des Mauerwerks über kurz oder lang hervorzurufen geeignet ist.

Als Vorbeugungsmittel gegen solche Schäden empfahl Dr. Michaëlis die Zumischung kieselsäurereicher Substanzen, vorzugsweise echten Trass, um dadurch die vollständige chemische Bindung des freien CaO zu erlangen.

Die Ergebnisse der Untersuchungen im Meerwasser auf der Insel Sylt,\*) welche im Jahre 1894 — angeregt durch den Verein deutscher Portland-Cementfabrikanten — nun im Auftrage des Herrn Ministers der öffentlichen Arbeiten unter Mitwirkung des Vereins deutscher Portland-Cementfabrikanten und der Trass-Industriellen des Nettethales ausgeführt und auch z. Zt. noch fortgesetzt werden, haben die Feststellungen von Dr. Michaëlis vollends bestätigt und lautet die Schlussfolgerung des über diese umfassenden Versuche von Prof. Max Gary verfassten Berichtes — als „Ergänzungsheft 1 des Jahrgangs 1900 der Mitteilungen aus den Königl. mech.-techn. Versuchsanstalten zu Berlin“ erschienen, — dass es möglich ist, durch Zusatz von Trass

\*) Bezüglich der von dem Portland-Cementfabrikanten-Verein, wie vorher angedeutet, veranlassten Versuche auf Sylt, vergl. die Broschüre von Gerhard Herfeldt „Mitteilungen über das Verhalten hydraulischer Bindemittel im Meerwasser“, 1896, worin über das Missgelingen der allerersten Versuche mit Trass-Kalkmörteln infolge ungeeigneter Mischungsverhältnisse (zu fett und zu mager) und mangelhafte Handhabung bei Herstellung der Proben, die Rede ist.



innerhalb gewisser Grenzen zu Portland-Cement diesen für die Benutzung im Seewasser geeigneter zu machen.

Aber nicht allein bei Seewasser-, sondern auch bei Süßwasserbauten hat sich die Zumischung von Trass zum Cement, wobei der erstere in der Anwendung einen Teil des letzteren ersetzt, in der Baupraxis als vorzüglich herausgestellt.

Bei Süßwasserbauten liegen gleichfalls Fälle vor, wo der von Dr. Michaëlis nachgewiesene Ueberschuss an freiem Kalk bei der Erhärtung von Cementmörtel äusserst schädliche Einwirkungen haben kann. Vgl. den Artikel von Prof. Stutzer-Bonn, „Beobachtungen über die Wirkung von Wasser auf Cement“ in Nr. 25 der „Thonindustrie-Zeitung“ vom Jahre 1896.

Der Umstand allein schon, dass der Trass im stande ist, als Zusatz im Cementmörtel diesen widerstandsfähiger gegen salz- und säurehaltige Wasser zu machen und die schädliche Einwirkung des freien Kalkes vermöge der in dem Trasse in hohem Maasse enthaltenen löslichen d. h. verbindungs-fähigen Kieselsäure zu beseitigen, könnte genügen, um dem Cementmörtel mit Trasszusatz den Vorzug gegenüber reinem Cementmörtel, sofern nicht Trass-Kalkmörtel noch vorteilhafter wäre, zu geben.

Indes bieten nicht nur diese günstigen Erfolge durch die chemischen Wirkungen, die man mit Trass beim Cement erzielt, eine Errungenschaft auf dem Gebiete der Mörteltechnik, sondern es werden dem Baumeister auch noch wesentliche andere Vorteile bei Trass-Cementmörtel geboten; — ich führe an:

- 1.\*) Die geldlichen Ersparnisse,\*\* da Trass auch für entfernter gelegene Plätze noch erheblich billiger im Preise zu stehen kommt, wie Cement.
2. Seine erhöhte Dichtigkeit,\*\* wobei wieder auf das geringere spezifische Gewicht des Trasses aufmerksam zu machen ist.  
1 cbm Trass wiegt 1000 kg und füllt 0.480 cbm Raum im fertigen Mörtel aus, während eine um 50% höhere Gewichtsmenge Cement (= 1500 kg) nur ebensoviel = 0.480 cbm Raum im fertigen Mörtel ausfüllt. (Vergl. auch Ergiebigkeit von Trass im Trass-Kalkmörtel unter Vorzügen von letzteren.)
3. Seine langsamere Erhärtung (im Anfange des Erhärtungsprozesses) bei späterer höherer Festigkeit und grösserer Elasticität.

\*\* Die Kostenerparnis sowie die erhöhte Dichtigkeit der Trass-Cementmörtel, wie unter 1. und 2. erwähnt, will ich durch folgendes Beispiel näher erklären.

\*) S. a. Unna, „Bestimmung rationeller Mörtelmischungen“, wovon früher die Rede war.

Die hierbei zu Grunde gelegten Einheitspreise für die Einzelmaterialien sind folgende:

1. für 1 cbm Cement = 1500 kg = Mk. 50.—
2. „ 1 „ Trass = 1000 „ = „ 16.—
3. „ 1 „ Sand = 1500 „ = „ 3.—

Für die Mörtelergiebigkeit bzw. Feststellung des Dichtigkeits-Coëfficienten sind 40% auszufüllende Hohlräume des Sandes angenommen.

#### a. Cementmörtel-Mischung.

1 Raumteil Cement, 2 Raumteile Sand.

| Mischung              | Ge-<br>wichts-<br>annahme<br>pro cbm<br>in kg | 1 cbm<br>füllt Raum<br>in fertigem<br>Mörtel aus | Die<br>Gesamtmenge<br>füllt Raum<br>in fertigem<br>Mörtel aus | Einheits-<br>preis<br>pro cbm<br>Mark | Dichtigkeit<br>durch den<br>Quotienten<br>aus<br>Kittmasse<br>%<br>Hohlräume | Preis<br>der<br>Gesamt-<br>menge<br>Mark |
|-----------------------|---|--|---|---------------------------------------|--|--|
| 1 cbm Portland-Cement | 1500  | 0.480 cbm  | 0.480 cbm   | 50.—                                  | 1.010 %  | 50.—                                     |
| 2 „ Sand              | 1500  | 0.600 „  | 1.200 „   | 3.—                                   | 800 =  | 6.—                                      |
| 0.530 „ Wasser        | 1000  | 1.000 „  | 0.530 „   | —                                     | <b>1.26</b>  | —  |
| Mischung: 1 : 2       |   |  | 2.210 cbm fertiger Mörtel kosten                              |                                       |  | 56.—                                     |
| Demnach 1 cbm         |   |  |   |                                       |  | <b>25.34</b>                             |

#### b. Cement-Trassmörtel-Mischung.

1 Raumteil Cement, 1 Raumteil Trass, 4 Raumteile Sand — an Stelle der oben angeführten Cementmörtel-Mischung, jetzt bereits vielfach angewendet, vergl. Bauwerke Holland, Rheinschleuse Strassburg i. Els., Kanalbauten Barmen u. s. w. unter Aufstellung über Cement-Trassmörtel-Mischungen.

| Mischung  | Ge-<br>wichts-<br>annahme<br>pro cbm<br>in kg | 1 cbm<br>füllt Raum<br>in fertigem<br>Mörtel aus | Die<br>Gesamtmenge<br>füllt Raum<br>in fertigem<br>Mörtel aus | Einheits-<br>preis<br>pro cbm<br>Mark | Dichtigkeit<br>durch den<br>Quotienten<br>aus<br>Kittmasse<br>%<br>Hohlräume | Preis<br>der<br>Gesamt-<br>menge<br>Mark |
|---|---|--|---|---------------------------------------|--|--|
| 1 cbm Portland-Cement   | 1500  | 0.480 cbm  | 0.480 cbm   | 50.—                                  | 2.120 %  | 50.—                                     |
| 1 „ Trass   | 1000  | 0.480 „  | 0.480 „   | 16.—                                  | 1.600 =  | 16.—                                     |
| 4 „ Sand  | 1500  | 0.600 „  | 2.400 „   | 3.—                                   | <b>1.33</b>  | 12.—                                     |
| 1.16 „ Wasser   | 1000  | 1.000 „  | 1.160 „   | —                                     |  | —  |
| Mischung: 1 : 1 : 4   |   |  | 4.520 cbm fertiger Mörtel kosten                              |                                       |  | 78.—                                     |
| plus Mehrkosten für Anmachen des Mörtels (durch längeres Mischen = 50 Pfg. pro cbm) |   |  |   |                                       |  | 2.16                                     |
|   |   |  |   |                                       |  | 80.16                                    |
| Demnach 1 cbm   |   |  |   |                                       |  | Mark: <b>17.75</b>                       |

Die Ersparnis beträgt sonach  $\frac{100 \times 7.59}{25.34} = \text{rund } 30\%$  in Prozenten ausgedrückt

NB. Kommen andere Mischungsverhältnisse und Einheitspreise wie in den Beispielen angenommen, in Frage, so ist es ein Leichtes, an Hand der vorstehenden Tabellen unter Einstellung der betreffenden Wertziffern die Ermittlung über die Kostenersparnis bei Cement-Trass- gegenüber Cementmörtel von Fall zu Fall vorzunehmen.

Ueber die Erhärtungsart wie über die Festigkeitsziffern der Cement-Trassmörtel liegen bereits eine Anzahl Versuchsergebnisse im Laboratorium, wie umfangreiche Erfahrungen in der Praxis vor.

In folgendem teile ich die Befunde von Prüfungen mit, welche Gerhard Herfeldt in Andernach in den letzten Jahren mit Cement-Trassmörtel in Süßwasser wie in Seewasser angestellt hat, aus denen die günstigen Eigenschaften dieser Mörtel deutlich erhellen:

### Cement mit Trass.

#### *Erhärtung: Süß- in Süßwasser.*

Als Sand wurde normalkörniger Rheinsand verwendet.

Die Probekörper wurden hergestellt

mit 25 Schlägen des Böhme'schen Hammerapparates.

Erhärtungsdauer: nach 1-tägiger Lagerung an feuchter Luft

= 14 Tage

1 Monat

3 Monate.

*Mischung: nach Gewichtsteilen.* — Zugfestigkeit in kg per qcm.

| Cement: 1100<br>Trass: —<br>Sand: 2200     |                       |                       | Cement: 825<br>Trass: 275<br>Sand: 2200                                  |                       |                       |
|--|-----------------------|-----------------------|--|-----------------------|-----------------------|
| Mischung: 1 Cement, 2 Sand<br>+ Wasser. *) |                       |                       | Mischung: $\frac{3}{4}$ Cement, $\frac{1}{4}$ Trass, 2 Sand<br>+ Wasser. |                       |                       |
| Alter:<br>14 Tage                          | Alter:<br>1 Monat     | Alter:<br>3 Monate    | Alter:<br>14 Tage  | Alter:<br>1 Monat     | Alter:<br>3 Monate    |
| 21.60                                      | 24.50                 | 29.50                 | 20.35  | 26.75                 | 32.25                 |
| 22.00                                      | 24.40                 | 30.00                 | 21.80  | 26.90                 | 32.10                 |
| 20.10                                      | 24.00                 | 28.10                 | 20.60  | 26.00                 | 33.35                 |
| 21.80                                      | 23.85                 | 29.80                 | 20.50  | 26.05                 | 32.25                 |
| 20.80                                      | 24.60                 | 28.55                 | 20.50  | 26.00                 | 33.30                 |
| im Mittel<br>21.26 kg                      | im Mittel<br>24.27 kg | im Mittel<br>29.19 kg | im Mittel<br>20.75 kg  | im Mittel<br>26.34 kg | im Mittel<br>32.65 kg |

\*) Ueber Wassergesetz s. früher Gesagtes bei Trass-Kalkmörtel.

Cement: 733

Trass: 367

Sand: 2200Mischung:  $\frac{2}{3}$  C.  $\frac{1}{3}$  Tr. 2 S.  
+ Wasser.

| Alter:<br>14 Tage                   | Alter:<br>1 Monat                   | Alter:<br>3 Monate                  |
|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 20.50                               | 26.15                               | 32.40                               |
| 22.10                               | 26.20                               | 34.80                               |
| 20.40                               | 25.50                               | 35.20                               |
| 22.00                               | 26.60                               | 32.80                               |
| 21.50                               | 27.10                               | 32.00                               |
| <b>im Mittel</b><br><b>21.30 kg</b> | <b>im Mittel</b><br><b>26.31 kg</b> | <b>im Mittel</b><br><b>33.44 kg</b> |

Cement: 550

Trass: 550

Sand: 2200Mischung:  $\frac{1}{2}$  C.  $\frac{1}{2}$  Tr. 2 S.  
+ Wasser.

| Alter:<br>14 Tage                   | Alter:<br>1 Monat                   | Alter:<br>3 Monate                  |
|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 18.80                               | 23.40                               | 28.65                               |
| 19.60                               | 23.55                               | 27.55                               |
| 18.90                               | 22.80                               | 27.30                               |
| 18.55                               | 22.60                               | 29.45                               |
| 18.50                               | 22.50                               | 29.50                               |
| <b>im Mittel</b><br><b>18.87 kg</b> | <b>im Mittel</b><br><b>22.97 kg</b> | <b>im Mittel</b><br><b>28.49 kg</b> |

Cement: 900

Trass: —

Sand: 2700Mischung: 1 C. 3 S.  
+ Wasser.

| Alter:<br>14 Tage                   | Alter:<br>1 Monat                   | Alter:<br>3 Monate                  |
|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 12.90                               | 15.60                               | 21.80                               |
| 12.50                               | 16.30                               | 20.10                               |
| 12.30                               | 16.50                               | 21.50                               |
| 12.15                               | 16.00                               | 22.00                               |
| 13.00                               | 15.75                               | 20.90                               |
| <b>im Mittel</b><br><b>12.57 kg</b> | <b>im Mittel</b><br><b>16.03 kg</b> | <b>im Mittel</b><br><b>21.26 kg</b> |

Cement: 675

Trass: 225

Sand: 2700Mischung:  $\frac{3}{4}$  C.  $\frac{1}{4}$  Tr. 3 S.  
+ Wasser.

| Alter:<br>14 Tage                   | Alter:<br>1 Monat                   | Alter:<br>3 Monate                  |
|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 11.25                               | 19.00                               | 25.50                               |
| 11.50                               | 18.05                               | 24.50                               |
| 11.65                               | 19.10                               | 25.40                               |
| 11.45                               | 18.70                               | 26.60                               |
| 12.15                               | 17.50                               | 25.20                               |
| <b>im Mittel</b><br><b>11.60 kg</b> | <b>im Mittel</b><br><b>18.47 kg</b> | <b>im Mittel</b><br><b>25.44 kg</b> |

Cement: 600

Trass: 300

Sand: 2700Mischung:  $\frac{2}{3}$  C.  $\frac{1}{3}$  Tr. 3 S.  
+ Wasser.

| Alter:<br>14 Tage                   | Alter:<br>1 Monat                   | Alter:<br>3 Monate                  |
|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 15.25                               | 19.60                               | 24.75                               |
| 15.85                               | 20.80                               | 24.55                               |
| 15.00                               | 20.50                               | 24.50                               |
| 15.80                               | 20.60                               | 26.00                               |
| 15.20                               | 20.90                               | 24.50                               |
| <b>im Mittel</b><br><b>15.42 kg</b> | <b>im Mittel</b><br><b>20.48 kg</b> | <b>im Mittel</b><br><b>24.86 kg</b> |

Cement: 450

Trass: 450

Sand: 2700Mischung:  $\frac{1}{2}$  C.  $\frac{1}{2}$  Tr. 3 S.  
+ Wasser.

| Alter:<br>14 Tage                   | Alter:<br>1 Monat                   | Alter:<br>3 Monate                  |
|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 11.70                               | 16.10                               | 22.75                               |
| 11.50                               | 16.40                               | 22.50                               |
| 11.40                               | 15.80                               | 21.00                               |
| 11.00                               | 16.80                               | 20.20                               |
| 11.05                               | 15.90                               | 22.00                               |
| <b>im Mittel</b><br><b>11.33 kg</b> | <b>im Mittel</b><br><b>16.20 kg</b> | <b>im Mittel</b><br><b>21.69 kg</b> |

## Cement mit Trass.

### Versuche mit 6 verschiedenen Sorten langsam bindender Portland-Cemente,

um zu ermitteln, in welcher Weise der Trasszusatz je nach dem Kalkgehalte der betreffenden Cementsorte auf die Erhärtung des Mörtels in Seewasser einwirkt.

Das den Mörteln zugemischte Wasser sowie das Erhärtungswasser war der Nordsee bei Brouwershaven entnommenes Seewasser mit 3‰ Salzgehalt.

Der Sand war auf Normalkörnung abgeseibter Rheinsand.

Die Durchschnittstemperatur des Erhärtungswassers betrug 14° Celsius.

Die Probekörper wurden hergestellt mit 25 Schlägen des Böhme'schen Hammerapparates.

Mischung nach Gewichtsteilen.

Zugfestigkeit in kg per qcm.

| Mischung                             | Cement 600                              |   | Cement 400                              |   | Cement 300                              |   |
|--------------------------------------|---|---|---|---|---|---|
|                                      | Trass                                   | Sand                                    | Trass                                   | Sand                                    | Trass                                   | Sand                                    |
|                                      | —                                       | 1800                                    | 200                                     | 1800                                    | 300                                     | 1800                                    |
|                                      | 1 Tag an der Luft, 13 Tage unter Wasser | 1 Tag an der Luft, 27 Tage unter Wasser | 1 Tag an der Luft, 13 Tage unter Wasser | 1 Tag an der Luft, 27 Tage unter Wasser | 1 Tag an der Luft, 13 Tage unter Wasser | 1 Tag an der Luft, 27 Tage unter Wasser |
| <b>Cement I</b>                      | 14,30                                   | 15,60                                   | 18,05                                   | 22,10                                   | 16,05                                   | 20,60                                   |
|                                      | 14,10                                   | 15,70                                   | 17,15                                   | 21,50                                   | 15,90                                   | 20,05                                   |
|                                      | 14,35                                   | 15,30                                   | 17,40                                   | 21,35                                   | 16,20                                   | 19,80                                   |
|                                      | 13,90                                   | 15,80                                   | 18,20                                   | 22,50                                   | 16,40                                   | 20,65                                   |
|                                      | 14,70                                   | 15,45                                   | 17,30                                   | 22,95                                   | 15,75                                   | 19,55                                   |
| <i>im Mittel</i>                     | <b>14,27</b>                            | <b>15,57</b>                            | <b>17,62</b>                            | <b>22,08</b>                            | <b>16,06</b>                            | <b>20,13</b>                            |
| Durchschnittsgewicht der Probekörper | 154,75 gr                               |   | 153,1 gr                                |   | 151,9 gr                                |   |
| Wasserzusatz                         | 9½‰                                     |   | 10‰                                     |   | 10¼‰                                    |   |
| <b>Cement II</b>                     | 13,25                                   | 14,55                                   | 15,05                                   | 21,00                                   | 13,80                                   | 17,90                                   |
|                                      | 12,55                                   | 13,85                                   | 14,40                                   | 20,70                                   | 13,55                                   | 17,80                                   |
|                                      | 12,75                                   | 14,65                                   | 14,75                                   | 20,50                                   | 13,75                                   | 18,10                                   |
|                                      | 13,35                                   | 13,95                                   | 14,95                                   | 20,60                                   | 12,95                                   | 18,75                                   |
|                                      | 12,85                                   | 14,40                                   | 14,50                                   | 19,95                                   | 13,50                                   | 18,40                                   |
| <i>im Mittel</i>                     | <b>12,95</b>                            | <b>14,28</b>                            | <b>14,77</b>                            | <b>20,55</b>                            | <b>13,51</b>                            | <b>18,19</b>                            |
| Durchschnittsgewicht der Probekörper | 153,2 gr                                |   | 148,6 gr                                |   | 147,9 gr                                |   |
| Wasserzusatz                         | 9‰                                      |   | 9½‰                                     |   | 9¾‰                                     |   |

| Mischung                            | Cement 600                              |   | Cement 400                              |   | Cement 300                              |   |
|-------------------------------------|---|---|---|---|---|---|
|                                     | Trass                                   | Sand                                    | Trass                                   | Sand                                    | Trass                                   | Sand                                    |
|                                     | —                                       | 1800                                    | 200                                     | 1800                                    | 300                                     | 1800                                    |
|                                     | 1 Tag an der Luft, 13 Tage unter Wasser | 1 Tag an der Luft, 27 Tage unter Wasser | 1 Tag an der Luft, 13 Tage unter Wasser | 1 Tag an der Luft, 27 Tage unter Wasser | 1 Tag an der Luft, 13 Tage unter Wasser | 1 Tag an der Luft, 27 Tage unter Wasser |
| Cement III                          | 15,00                                   | 16,45                                   | 16,65                                   | 22,50                                   | 15,60                                   | 19,70                                   |
|                                     | 15,70                                   | 16,10                                   | 16,10                                   | 21,60                                   | 15,45                                   | 21,30                                   |
|                                     | 14,95                                   | 15,65                                   | 15,90                                   | 22,55                                   | 16,05                                   | 20,65                                   |
|                                     | 15,30                                   | 16,20                                   | 15,60                                   | 21,40                                   | 14,90                                   | 20,55                                   |
|                                     | 15,25                                   | 16,05                                   | 16,00                                   | 21,50                                   | 15,15                                   | 19,40                                   |
| <i>im Mittel</i>                    | <b>15,24</b>                            | <b>16,09</b>                            | <b>16,05</b>                            | <b>21,91</b>                            | <b>15,43</b>                            | <b>20,32</b>                            |
| Durchschnittsgewicht d. Probekörper | 152,5 gr                                |   | 150,9 gr                                |   | 147,2 gr                                |   |
| Wasserzusatz                        | 9%                                      |   | 9 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> %         |   | 9 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> %         |   |
| Cement IV                           | 14,75                                   | 15,65                                   | 15,70                                   | 20,95                                   | 15,65                                   | 20,10                                   |
|                                     | 14,25                                   | 16,45                                   | 15,65                                   | 21,60                                   | 14,60                                   | 20,15                                   |
|                                     | 15,10                                   | 16,05                                   | 15,80                                   | 21,35                                   | 15,05                                   | 19,35                                   |
|                                     | 14,65                                   | 16,20                                   | 16,05                                   | 21,50                                   | 15,75                                   | 19,85                                   |
|                                     | 14,20                                   | 15,40                                   | 15,40                                   | 21,25                                   | 15,10                                   | 20,25                                   |
| <i>im Mittel</i>                    | <b>14,59</b>                            | <b>15,95</b>                            | <b>15,72</b>                            | <b>21,33</b>                            | <b>15,13</b>                            | <b>19,94</b>                            |
| Durchschnittsgewicht d. Probekörper | 155,7 gr                                |   | 151,3 gr                                |   | 150,1 gr                                |   |
| Wasserzusatz                        | 9 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> %         |   | 10%                                     |   | 10 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> %        |   |
| Cement V <sup>*)</sup>              | .....                                   | 14,10                                   | .....                                   | 17,10                                   | .....                                   | 14,60                                   |
|                                     | .....                                   | 13,50                                   | .....                                   | 16,40                                   | .....                                   | 15,05                                   |
|                                     | .....                                   | 13,75                                   | .....                                   | 15,95                                   | .....                                   | 15,35                                   |
|                                     | .....                                   | 12,95                                   | .....                                   | 16,05                                   | .....                                   | 14,70                                   |
|                                     | .....                                   | 13,45                                   | .....                                   | 16,30                                   | .....                                   | 14,10                                   |
| <i>im Mittel</i>                    | .....                                   | <b>13,55</b>                            | .....                                   | <b>16,36</b>                            | .....                                   | <b>14,76</b>                            |
| Durchschnittsgewicht d. Probekörper | 154,0 gr                                |   | 152,0 gr                                |   | 148,6 gr                                |   |
| Wasserzusatz                        | 9%                                      |   | 9 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> %         |   | 9 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> %         |   |
| Cement VI <sup>*)</sup>             | .....                                   | 17,10                                   | .....                                   | 19,40                                   | .....                                   | 18,60                                   |
|                                     | .....                                   | 17,20                                   | .....                                   | 18,90                                   | .....                                   | 18,30                                   |
|                                     | .....                                   | 16,55                                   | .....                                   | 19,35                                   | .....                                   | 18,05                                   |
|                                     | .....                                   | 16,75                                   | .....                                   | 19,75                                   | .....                                   | 17,85                                   |
|                                     | .....                                   | 16,15                                   | .....                                   | 19,45                                   | .....                                   | 18,90                                   |
| <i>im Mittel</i>                    | .....                                   | <b>16,75</b>                            | .....                                   | <b>19,37</b>                            | .....                                   | <b>18,34</b>                            |
| Durchschnittsgewicht d. Probekörper | 154,2 gr                                |   | 151,0 gr                                |   | 149,6 gr                                |   |
| Wasserzusatz                        | 9%                                      |   | 9 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> %         |   | 9 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> %         |   |

\*) Mit den Cementsorten V und VI wurden keine 14tägigen Proben ausgeführt.

## Cement mit Trass.

Das den Mörteln zugemischte Wasser sowie das Erhärtungswasser war der Nordsee entnommenes Seewasser mit 3 ‰ Salzgehalt.

Die Proben wurden hergestellt mit 25 Schlägen des Böhme'schen Hammerapparates.

Erhärtungsdauer: 1 Tag an feuchter Luft, 89 Tage unter Wasser.

Mischung nach Gewichtsteilen.

Zugfestigkeit in kg per qcm.

|                   |              |              |              |              |              |       |
|-------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------|
| Cement:           | 600          | 450          | 400          | 350          | 300          | Gramm |
| Trass:            | —            | 150          | 200          | 250          | 300          | "     |
| Sand:             | 1200         | 1200         | 1200         | 1200         | 1200         | "     |
|                   | <u>23.35</u> | <u>34.65</u> | <u>34.25</u> | <u>32.15</u> | <u>31.85</u> |       |
|                   | 23.85        | 34.95        | 34.40        | 32.45        | 32.15        |       |
|                   | 24.45        | 35.—         | 34.65        | 32.65        | 32.40        |       |
|                   | 24.80        | 35.10        | 34.70        | 32.70        | 32.45        |       |
|                   | 25.—         | 35.15        | 35.45        | 32.80        | 32.70        |       |
| <b>im Mittel:</b> | <b>24.29</b> | <b>34.97</b> | <b>34.69</b> | <b>32.55</b> | <b>32.31</b> |       |

|                   |              |              |              |              |              |       |
|-------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------|
| Cement:           | 600          | 450          | 400          | 350          | 300          | Gramm |
| Trass:            | —            | 150          | 200          | 250          | 300          | "     |
| Sand:             | 1500         | 1500         | 1500         | 1500         | 1500         | "     |
|                   | <u>21.40</u> | <u>28.85</u> | <u>27.65</u> | <u>27.40</u> | <u>26.85</u> |       |
|                   | 22.—         | 29.40        | 27.70        | 27.45        | 27.20        |       |
|                   | 22.30        | 29.65        | 28.00        | 27.55        | 27.45        |       |
|                   | 22.40        | 29.90        | 28.05        | 27.65        | 27.50        |       |
|                   | 22.50        | 30.—         | 28.35        | 28.—         | 27.60        |       |
| <b>im Mittel:</b> | <b>22.12</b> | <b>29.56</b> | <b>27.95</b> | <b>27.61</b> | <b>27.32</b> |       |

|                   |              |              |              |              |              |       |
|-------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------|
| Cement:           | 600          | 450          | 400          | 350          | 300          | Gramm |
| Trass:            | —            | 150          | 200          | 250          | 300          | "     |
| Sand:             | 1800         | 1800         | 1800         | 1800         | 1800         | "     |
|                   | <u>19.05</u> | <u>25.55</u> | <u>25.35</u> | <u>25.40</u> | <u>23.95</u> |       |
|                   | 20.—         | 25.90        | 25.40        | 25.15        | 24.10        |       |
|                   | 20.20        | 26.—         | 25.40        | 25.50        | 24.30        |       |
|                   | 20.40        | 26.15        | 25.40        | 24.95        | 24.55        |       |
|                   | 20.95        | 26.85        | 25.85        | 25.40        | 24.60        |       |
| <b>im Mittel:</b> | <b>20.12</b> | <b>26.09</b> | <b>25.48</b> | <b>25.28</b> | <b>24.30</b> |       |

|                   |              |              |              |              |              |       |
|-------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------|
| Cement:           | 600          | 450          | 400          | 350          | 300          | Gramm |
| Trass:            | —            | 150          | 200          | 250          | 300          | "     |
| Sand:             | 2100         | 2100         | 2100         | 2100         | 2100         | "     |
|                   | <u>17.60</u> | <u>24.55</u> | <u>22.65</u> | <u>22.05</u> | <u>21.90</u> |       |
|                   | 17.85        | 24.35        | 22.90        | 22.55        | 22.40        |       |
|                   | 18.15        | 24.65        | 23.15        | 22.75        | 22.55        |       |
|                   | 18.40        | 24.70        | 23.20        | 22.80        | 22.65        |       |
|                   | 18.55        | 25.10        | 23.45        | 22.90        | 22.80        |       |
| <b>im Mittel:</b> | <b>18.11</b> | <b>24.61</b> | <b>23.07</b> | <b>22.61</b> | <b>22.46</b> |       |

|            |              |              |              |              |              |       |
|------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------|
| Cement:    | 600          | 450          | 400          | 350          | 300          | Gramm |
| Trass:     | —            | 150          | 200          | 250          | 300          | "     |
| Sand:      | —            | 2400         | 2400         | 2400         | 2400         | "     |
|            | <u>14.65</u> | <u>21.95</u> | <u>20.45</u> | <u>19.90</u> | <u>19.55</u> |       |
|            | 14.70        | 22.25        | 21.20        | 20.40        | 19.70        |       |
|            | 14.90        | 22.25        | 21.30        | 20.60        | 20.—         |       |
|            | 14.95        | 22.40        | 21.40        | 20.70        | 20.25        |       |
|            | <u>15.—</u>  | <u>22.50</u> | <u>21.55</u> | <u>20.80</u> | <u>20.40</u> |       |
| im Mittel: | <b>14.84</b> | <b>22.27</b> | <b>21.18</b> | <b>20.48</b> | <b>19.98</b> |       |

### Zusammenstellung

der vorstehenden Festigkeitszahlen im Mittel:

|             |              |              |              |              |              |          |
|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------|
| Cement:     | 600          | 450          | 400          | 350          | 300          | Gramm    |
| Trass:      | —            | 150          | 200          | 250          | 300          | "        |
| Sand:       |              |              |              |              |              |          |
| 1200 g      | 24.29        | 34.97        | 34.69        | 32.55        | 32.31        |          |
| 1500 g      | 22.12        | 29.50        | 27.95        | 27.61        | 27.32        |          |
| 1800 g      | 20.12        | 26.09        | 25.48        | 25.28        | 24.30        |          |
| 2100 g      | 18.11        | 24.61        | 23.07        | 22.61        | 22.46        |          |
| 2400 g      | <u>14.84</u> | <u>22.27</u> | <u>21.18</u> | <u>20.48</u> | <u>19.98</u> |          |
| Mittel:     | <b>19.90</b> | <b>27.50</b> | <b>26.47</b> | <b>25.71</b> | <b>25.27</b> |          |
| Verhältnis: | <b>100</b>   | <b>:</b>     | <b>138</b>   | <b>:</b>     | <b>133</b>   | <b>:</b> |
|             |              |              |              |              | <b>129</b>   | <b>:</b> |
|             |              |              |              |              | <b>127</b>   |          |

Mischung mit *Süss-* in *Süss*wasser.

|         |           |                   |
|---------|-----------|-------------------|
| Cement: | 300 Gramm | } im Mittel 25.40 |
|         |           |                   |
| Trass:  | 300 "     |                   |
|         |           |                   |
| Sand:   | 1800 "    |                   |

An diese Laboratoriumsversuche anschliessend, füge ich nachstehend eine Aufstellung der bereits in der Baupraxis angewendeten Cement-Trassmörtel-Mischungen, nebst einigen Gutachten und Zeugnissen betreffs der über diese Mörtel bereits vorliegenden praktischen Erfahrungen — bei.

#### 1. Brücke über die alte Maas bei Spykenisse (Holland).

**Stampfbeton unter Wasser:**

1 Raumteil Cement, 1 Raumteil Trass, 3 Raumteile Sand, 5 Raumteile Kies.

**Stampfbeton über Wasser:**

1 Raumteil Cement, 1 Raumteil Trass, 4 Raumteile Sand, 10 Raumteile Kies.

**Aufgehendes Mauerwerk:**

1 Raumteil Cement, 1 Raumteil Trass, 4 Raumteile Sand.



## 2. Aussenhafen zu Scheveningen.

### Stampfbeton in Blöcken unter Wasser:

1 Raumteil Cement,  $\frac{1}{2}$  Raumteil Trass, 3 Raumteile Sand, 5 Raumteile Kies.

### Stampfbeton in Blöcken über Wasser:

1 Raumteil Cement,  $\frac{1}{2}$  Raumteil Trass, 3 Raumteile Sand, 7 Raumteile Kies.

### Stampfbeton zur Innenbekleidung der Caissons:

1 Raumteil Cement,  $\frac{1}{2}$  Raumteil Trass, 3 Raumteile Sand, 5 Raumteile Kies,  
in Grösse bis zu 3 cm.

### Schüttbeton:

zur Füllung der Caissons und der Fugen zwischen denselben bis zur Höhe von  
Niedrigwasser:

1 Raumteil Cement, 1 Raumteil Trass,  $3\frac{1}{2}$  Raumteile Sand, 6 Raumteile Kies.

### Stampfbeton:

zur Füllung der Caissons zwischen Niedrig- und Hochwasser von 2,35 Meter  
plus N. A. P.

1 Raumteil Cement,  $\frac{1}{2}$  Raumteil Trass, 3 Raumteile Sand, 5 Raumteile Kies.

## 3. Herstellung von Hafen- und Anlegplätzen nebst zugehörigen Werken am Nordseekanal bei Velsen (Ymuiden).

### Mörtel:

1 Raumteil Cement,  $\frac{3}{4}$  Raumteil Trass, 5 Raumteile Sand.

### Stampfbeton:

1 Raumteil Cement,  $\frac{3}{4}$  Raumteil Trass, 4 Raumteile Sand, 10 Raumteile Kies.

## 4. Kaibauten zu Delfzijl (Holland).

### Mauerwerk (Mörtel):

1 Raumteil Cement, 1 Raumteil Trass,  $2\frac{1}{2}$  Raumteile Sand.

1 " " " 1 " " 4 " "

### Stampfbeton:

1 Raumteil Cement, 1 Raumteil Trass, 4 Raumteile Sand, 9 Raumteile Kies  
oder Kleinschlag.

## 5. Schleusenbauten zu Zaandam (Holland).

### Mörtel unter Wasser:

1 Raumteil Cement, 1 Raumteil Trass,  $2\frac{1}{2}$  Raumteile Sand.

### Mörtel zum aufgehenden Mauerwerk:

1 Raumteil Cement, 1 Raumteil Trass,  $3\frac{1}{2}$  Raumteile Sand.

## 6. Hochbehälter von 30 000 cbm Fassungsraum der Stadt Frankfurt am Main.

### a. Beton der Sohle: = Raumteile =

Schotterbeton:  $\frac{1}{5}$  Teil Cement, 1 Teil Trass,  $\frac{2}{3}$  Teile hydraul. Kalkpulver,  
2 Teile Sand, 4,4 Teile Schotter; später kam noch Kieszusatz und  
betrug dann die Mischung:

$\frac{1}{5}$  Teil Cement, 1 Teil Trass,  $\frac{2}{3}$  Teile hydraul. Kalkpulver, 1 Teil Sand,  
2,2 Teile Schotter und 2,742 Teile Sand-Kies.

- b. **Beton der Wände und Gewölbe:** = Raumteile =  
 $\frac{2}{3}$  Teil Cement, 1 Teil Trass,  $\frac{1}{3}$  Teil hydraul. Kalkpulver, 2,25 Teile Sand,  
 4 Teile Schotter und 5,39 Teile Sand-Kies.
- c. **Beton zur Ausfüllung der Gewölbezwickel:** = Raumteile =  
 1 Teil Trass,  $\frac{2}{3}$  Teile hydraul. Kalkpulver, 2,25 Teile Sand, 4 Teile Schotter,  
 und 5,39 Teile Sand-Kies.
- d. **Beton zur Ueberdeckung der Gewölbe:** = Raumteile =  
 1,2 Teile Trass, 0,8 Teile hydraul. Kalkpulver, 4,7 Teile Sand-Kies.
- e. **Verputz der Aussenwände — Steile Stirn- und Seitenflächen:** = Raumteile =  
 1 $\frac{1}{2}$  cm starke Schicht aus:  $\frac{1}{3}$  Teil Cement,  $\frac{1}{2}$  Teile Trass, 1 Teil  
 hydraul. Kalkpulver und 4 Teile Sand.
- f. **Verputz für die übrigen Aussenflächen:** = Raumteile =  
 1 $\frac{1}{2}$  cm starke Schicht aus:  $\frac{1}{3}$  Teil Cement,  $\frac{1}{2}$  Teile Trass, 1 Teil hydraul.  
 Kalkpulver, 3 Teile Sand.
- g. **Verputz der Innenwände:** = Raumteile =  
 1 Teil Cement, 1 Teil Trass, 3 Teile Sand, geschlämmt mit  
 Cement-Trasswasser 1 :  $\frac{2}{3}$ .

## 7. Hochbehälter von 12 000 cbm Fassungsraum der Stadt Nürnberg.\*)

- Sohlen-Beton:** = Raumteile =  
 $\frac{1}{3}$  Teil Cement, 1 Teil Trass,  $\frac{2}{3}$  Teile hydraul. Kalkpulver, 3 Teile Sand und  
 4 $\frac{1}{2}$  Teile Steinschlag.
- Beton für die Wände und Gewölbe:** = Raumteile =  
 $\frac{2}{3}$  Teile Cement, 1 $\frac{1}{2}$  Teile Trass,  $\frac{2}{3}$  Teile hydraul. Kalkpulver, 5 $\frac{1}{2}$  Teile Sand  
 und 8 Teile Steinschlag.
- Füll-Beton:** = Raumteile =  
 1 Teil Trass,  $\frac{2}{3}$  Teile hydraul. Kalkpulver, 2 Teile Sand, 3 Teile Steinschlag.

## 8. Eisenbahnbauten in Alost [Nord] (Belgien).

- Mörtel für das Fundamentmauerwerk:**  
 150 kg Trass, 300 kg Cement, 1500 kg Sand = 1 cbm Sand.
- Mörtel für den Beton:**  
 300 kg Trass, 300 kg Cement, 1500 kg Sand = 1 cbm Sand.
- Beton zur Kläranlage:**  
 2 Raumteile Mörtel wie vor, 3 Raumteile Kies in Korngrösse von 3 bis 20 mm.
- Beton zu sonstigen Zwecken:**  
 3 Raumteile Mörtel wie vor, 4 Raumteile Ziegelbrocken oder Schotter in  
 Korngrösse von 2 bis 5 cm, 1 Raumteil Kies in Korngrösse von 3 bis 20 mm.

\*) Die verehrl. Bauleitung hat der Firma Gerhard Herfeldt in Andernach liebenswürdiger Weise ein ausführliches Gutachten erteilt über die gemachten Erfahrungen bezüglich der bei diesem Bauwerke zur Anwendung gelangten Mörtelarten und steht dasselbe titl. Interessenten von der genannten Firma abschriftlich gerne zur Verfügung. D. V.

### 9. Neue Rheinschleuse Strassburg (Elsass).

Für die Betonierung der seitlichen, einen Teil der Schleusenmauer bildenden Dämme:

1 Raumteil Trass, 1 Raumteil Cement, 4 Raumteile Sand, 7 Raumteile Kies.

### 10. Hafen- und Kaibauten in Emden (Ostfriesland).

1 $\frac{1}{2}$  Raumteile Trass, 1 Raumteil Cement,  $\frac{3}{4}$  Raumteil Kalkteig, 4 Raumteile Sand.

### 11. Kanalisation der Stadt Barmen.

Backstein-Mauerwerk mit  
Trass-Cement-Mörtel.

1 Raumteil Trass, 1 Raumteil Cement, 4 Raumteile Sand.

### 12. Schmutzwasser-Kanalbauten der Stadt Elberfeld (z. Zt. im Bau).\*)

1. Je nach Güte des mit verwendeten Portland-Cementes:

1 Gewichtsteil Cement, 1 Gewichtsteil Trass, 4 Gewichtsteile Sand — bezw.

1 " " " 1 " " 5 " "

2. Im Winter und bei sehr feuchtem Wetter mit Rücksicht auf das schnellere Abbinden:

1 $\frac{1}{2}$  Gewichtsteil Cement,  $\frac{1}{2}$  Gewichtsteil Trass, 4 bezw. 5 Gewichtsteile Sand.

\*) Umfangreiche Versuche der Bauleitung dieser Arbeiten haben wegen der ermittelten grösseren Widerstandsfähigkeit von Cementtrassmörtel gegenüber reinem Cementmörtel, welche für die vielen säureführenden Abwässer der Farbenfabriken und Färbereien Elberfelds besonders in Betracht kam, zu der Anwendung des ersteren geführt.

u. a. m.

## Gutachten und Zeugnisse.

Die Königl. Wasserbauinspektion Stralsund (Wasserbauinspektor Tinkauzer) hat bei den Hafenbauten in Sassnitz auf Rügen (Ostsee) im Frühjahr 1896 Trass in Verbindung mit Portland-Cement zu einem Bauwerke im Meerwasser verwendet, und besagt die darüber an Gerhard Herfeldt in Andernach erteilte gutachtliche Aeusserung des den Bau leitenden Ingenieurs, dass dieser Versuch so gute Resultate ergeben habe, dass er bei späteren Bauausführungen die Zumischung von Trass zum Cementmörtel stets empfehlen werde. In einem Schreiben des vorgenannten Bauleiters an Gerhard Herfeldt bemerkt derselbe, dass nun auch wissenschaftlich der Beweis erbracht sei (er meinte damit die zur damaligen Zeit bekannt gewordenen, vorbesprochenen Arbeiten von Dr. Michaëlis), dass Portland-Cement in seiner jetzigen Zusammensetzung besonders bei Bauten im Meerwasser weit hinter

dem altbewährten Trassmörtel zurückstände. Trassmüsse nun gewissermassen sogar angewendet werden, um Cementmörtel widerstandsfähig zu machen.

*Elsass-Lothringen.*

#### Bescheinigung.

Auf Ersuchen der Firma Gerhard Herfeldt in Andernach a. Rh. bescheinigen wir, dass sie für den Bau der neuen Rheinschleuse hier 1850 000 kg Trass in Säcken zu 50 kg zu unserer vollsten Zufriedenheit geliefert hat.

Verwendet wurde der Trass für die Betonierung der Sohle im Mischungsverhältnis: 1 Teil Trass, 1 Teil hydr. Kalkpulver, 1 Teil Sand, 4 Teile Kies, und für die Betonierung der seitlichen, einen Teil der Schleusenmauer bildenden Dämme im Mischungsverhältnis:

1 Teil Cement, 1 Teil Trass, 4 Teile Sand, 7 Teile Kies.

Das Betonieren der Sohle, bei 9 m Wassertiefe, und der Dämme erfolgte mittels Trichtern teils von festen, teils von schwimmenden Gerüsten aus.

Beim Leerpumpen, drei Monate nach Einbringung der Sohle und zwei Monate nach Einbringung des Betons der seitlichen Dämme, erwiesen sich die Sohle, sowie die Dämme als durchaus fest und äusserst wasserundurchlässig.

Strassburg i. Els., den 21. November 1900.

Stadtbauamt.  
(gez.) Wolf.

*Königl. Wasser-Bauinspektion  
Emden.*

Emden, den 8. Juni 1902.

Nr. 2008.

Erwiderung auf — das Schreiben — den Bericht — vom 21. März.

An Herrn Gerhard Herfeldt, Andernach.

Auf Ihren Wunsch bescheinige ich Ihnen gern, dass das von Ihnen für die Neubauten am hiesigen Aussenhafen gelieferte Trassmehl (im Ganzen rd. 1250 cbm) zu meiner vollen Zufriedenheit ausgefallen ist.

Das Trassmehl wurde für den Bau der Kaimauer und der Westmole in einem Cement-Trass-Kalkmörtel für Mauerwerk verbraucht. Der Mörtel im Mischungsverhältnis:

1 Cement,  $1\frac{1}{2}$  Trass,  $\frac{2}{3}$  Kalkteig, 4 Sand

hat sich in dem Tidebetrieb\*) bei schlickhaltigem Wasser gut bewährt.

(gez.) L. Schulze,  
Kgl. Baurat.

\*) Unter Tidebetrieb versteht man Seewasserbauten, die dem beständigen Einflusse von Ebbe und Flut ausgesetzt sind. D. V.



## Schlusswort.

Wie aus der Zusammenstellung der bereits geprüften Cement-Trassmörtel-Mischungen verschiedentlich hervorgeht, ist ausser Trass auch noch Kalk — hydraulisches Kalkpulver oder Fettkalkteig —, vergl. Wasserbehälterbauten in Frankfurt a. Main und

Nürnberg sowie in Emden, zugesetzt worden. Diese Mörtelkomposition hat sich als ganz besonders vorteilhaft erwiesen, indem durch den Kalkzusatz die Cementmenge zu Gunsten des wohlfeileren Trasses bedeutend reduziert werden kann, wodurch neben der Verbilligung des Gemisches insbesondere durch seine grössere Ergiebigkeit ein ganz ausserordentlich plastischer und dichter Mörtel erzielt wird.

Für die rationelle und dadurch von bestem Erfolge begleitete Anwendung von Cement-Trassmörtel oder Cement-Kalk-Trassmörtel muss noch betont werden, dass bei letzterem ein grösserer Zusatz von Trass zu wählen ist, als wie bei Cementmörtel allein, um einen Ueberschuss von Kalk zu vermeiden — s. meine früheren Mitteilungen dieserhalb, sowie die Mörtelmischungen in Frankfurt a. M., Nürnberg und Emden.

Als weiteres Haupterfordernis ist dann die Mischung der einzelnen Materialien untereinander sorgfältig zu beobachten, derart, dass die beiden Faktoren Cement und Trass, welche sich gegenseitig ersetzen bzw. ergänzen sollen, vor dem Zusetzen von Sand und event. Kalk trocken gemeinsam zu verrühren sind, bis das Gemenge eine gleichmässige Farbe zeigt. Alsdann rührt man den Sand gleichfalls trocken mit an und schliesslich event. den Kalk und das zu einer plastischen Konsistenz erforderliche Wasser, worauf die gesamten Materialien bis zu ihrer innigsten Vermischung unter sich nochmals durchgeknetet werden müssen. Vergl. die in den Erparnisberechnungen für Mehrkosten beim Anmachen des Cement-Trassmörtels gegenüber Cementmörtel eingestellten M. 0.50 pro cbm fertigen Mörtels, welche sehr auskömmlich sind.

Wird auf diese Weise bei der Herstellung der Mörtel verfahren, so steht das gute Gelingen des betr. Mauerwerks ausser allem Zweifel.



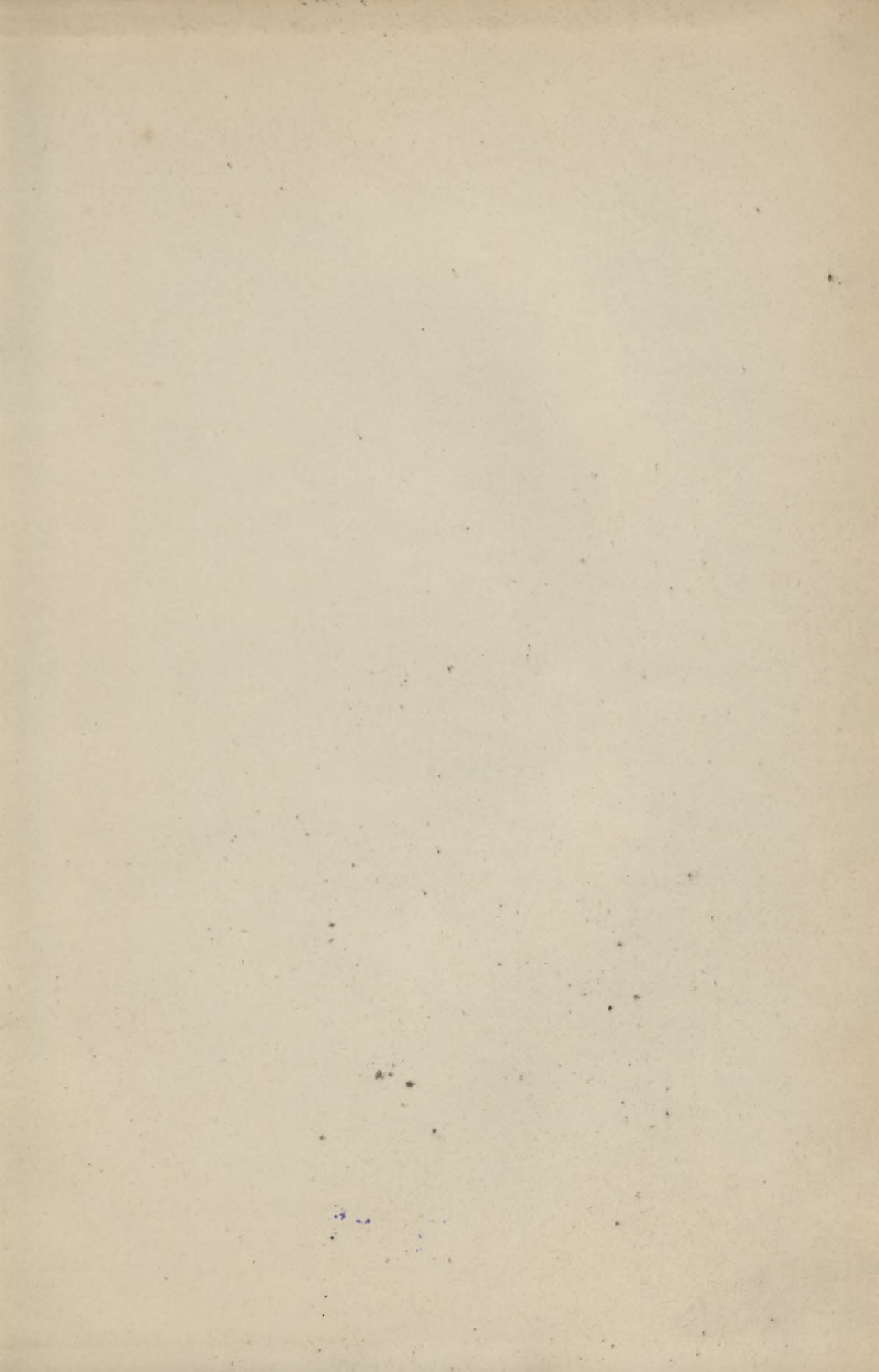
Der Hoffnung Raum gebend, in der vorliegenden Schrift eine erschöpfende Beschreibung über den rheinischen Trass und seine Anwendung im Baugewerbe gegeben zu haben, schliesse ich meine Darlegungen mit dem Wunsche, dass dieselben dazu beitragen mögen, dem so ausgezeichneten Mörtelbildner immer weitere Verwendungsfälle und Absatzgebiete zu eröffnen.

Andernach a. Rhein, Januar 1903.

Anton Hambloch.



S-96









POLITECHNIKA KRAKOWSKA  
BIBLIOTEKA GŁÓWNA



L. inw.

2470

Kdn. 524, 13. IX. 54

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000297342