

INTERNATIONALER STÄNDIGER VERBAND
DER STRASSEN-KONGRESSE

Generalsekretariat : 1, Avenue d'Iéna, Paris.

III. KONGRESS - LONDON - 1913

1. Abteilung : Bau und Erhaltung.
 2. Mitteilung.
- ✻

**VERSUCHE MIT MATERIALIEN
für Schotterstrassen**

BERICHT

von

Logan Waller PAGE

Direktor, U. S. Office Public Roads, Washington.

PARIS

SOCIÉTÉ ANONYME DES IMPRIMERIES OBERTHUR

3, RUE ROSSINI, 3

1913



11-353526

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000317635

384-7-484/2018



III 17890

Versuche mit Materialien für Schotterstrassen.

Vorausgesetzt, dass eine Schotterstrasse die richtige Pflasterungsart für die von ihr beanspruchten Verkehrsbedingungen ist, und vorausgesetzt, dass bei ihrer Herstellung die richtigen Ausführungsverfahren angewendet wurden, kommt keinem Elemente mehr Bedeutung für einen vollen Erfolg oder für ein Misslingen zu, als der Fähigkeit der bei ihrer Ausführung verwendeten Steine den zerstörenden Einflüssen, denen der Strassenbaustoff unterworfen ist, Widerstand zu leisten.

Es gibt zwei Verfahren zu beurteilen, ob ein Stein für die Herstellung eines Pflasters geeignet ist. Entweder es werden Beobachtungen angestellt an einer Wegstrecke, die mit demselben Stoff erbaut ist, und möglichst den gleichen Verkehrsbedingungen ausgesetzt ist, oder der Stein wird künstlichen, im Laboratorium entworfenen, den auf der Strasse gleichkommenden Bedingungen unterzogen. Das erste Verfahren die Beobachtung an einer bereits hergestellten Wegstrecke, hat jedoch keinen positiven Wert, es sei denn, dass man sicher darüber ist, dass der Baustoff für die neue Strasse dieselben Eigenschaften hat wie der des unter Beobachtung stehenden Wegstückes, und diese Sicherheit kann nur durch Vergleich der physikalischen Eigenschaften der Gesteine, die durch Prüfungen im Laboratorium gefunden wurden, erbracht werden. Aus vorhergehenden allgemeinen Beobachtungen des Verhaltens der verschiedenen Steinarten in Betriebe und durch eine Vergleichung dieser mit den im Laboratorium gefundenen physikalischen Eigenschaften werden sehr geeignete Mittel gebildet, um aus den im Laboratorium erhaltenen Ergebnissen auf die wahrscheinliche Verwendbarkeit des Steines zur Wegeherstellung schliessen zu können.

Der erste systematische Versuch einer Bestimmung der auf Strassenbau bezüglichen Eigenschaften der verschiedenen Gesteinsarten scheint in Frankreich gemacht worden zu sein, wo 1878 ein Laboratorium für Strassenbaustoffe in der Schule für Brücken- und Wegebau eingerichtet wurde. Deval's Abschleif-Prüfung wurde hier angenommen und ihre Vollkommenheit wird durch die Tatsache erhärtet, dass sie noch heutigen Tages sowohl in diesem Lande als auch anderwärts im Gebrauche ist. Ausserdem wurden in diesem Laboratorium Erfahrungen über

efke 3685/51

die Härte und Festigkeit der Steine gesammelt und Prüfungsverfahren für diese Eigenschaften ausgearbeitet. Sehr geringe Beiträge zur Erforschung der Strassenbaustoffe wurden ausserhalb Frankreichs geliefert, bis 1893 der Strassenausschuss von Massachusetts ein Laboratorium, an der "Lawrence Scientific School" der Harvard Universität unter Leitung des Verfassers einrichtete. Die Deval'sche Abschleif-Prüfung wurde übernommen und eine Prüfung in Bezug auf die Bindekraft des Steinstaubes ausgearbeitet.

Im Jahre 1900 errichtete die Regierung der Vereinigten Staaten, im Hinblick auf die zunehmende Wichtigkeit der Erforschung der Strassenbaustoffe, ein Prüfungslaboratorium im Ackerbau-Ministerium und dieses Laboratorium, jetzt im Amte für öffentliche Strassen, prüft kostenlos Muster von Strassenbaustoffen, die von irgend einem Bürger der Vereinigten Staaten übergeben werden.

Strassen zerstörende Einflüsse.

Das Gestein für Schotterstrassen sollte so ausgewählt werden, dass es erfolgreich gegen die Einflüsse kämpfen kann, die es mit zerstörender Wirkung angreifen. Die drei Hauptklassen von zerstörenden Einflüssen sind (a) Mechanische, (b) Chemische, (c) Physikalische.

A. Mechanische Einflüsse. Den stossenden und schleifenden Einwirkungen des Verkehrs ausgesetzt, werden die einzelnen Teile des Gesteins zerbrochen und ihre Oberfläche wird unter Bildung von Staub weggeschliffen. Gleichzeitig hiermit besteht die Neigung zum Lockerwerden der Strassenoberfläche durch die rollende und stampfende Tätigkeit der Pferdehufe und Wagenräder. Um diesen Einflüssen widerstehen zu können, muss das Gestein zäh sein, sodass es nicht in kleinere Teile zerbricht und es muss fest sein, dass es nicht leicht zu Staub gemahlen werden kann. Der durch den Verkehr gebildete Staub dient als Binde- oder Verkittungsmittel, um die grösseren Stücke zusammenzuhalten, und ist ein notwendiger Bestandteil des Strassenkörpers. Dieser feine Stoff wird in beträchtlichem Masse durch Wind und Regen fortgetragen, während ein Teil an der Strasse zurückgehalten wird. Wenn der Stein zu weich ist, wird mehr Feinstoff gebildet werden, als durch die mechanische Tätigkeit von Wind und Regen fortgeschafft werden kann, und

in kurzer Zeit wird die Oberfläche schmutzig und staubig. Ist andererseits der Stein überaus fest und zäh, so wird zu wenig Feinstoff gebildet, als Ersatz dessen, was vom Winde zerstiëbt und vom Regen fortgewaschen wurde, die Strasse wird daher ihres verkittenden Stoffes beraubt und infolgedessen wird ihre Oberfläche gelockert, oder die Strasse löst sich auf. Kraftwagenverkehr übt eine kräftig scheerende Wirkung auf die Oberfläche aus, sie lockernd und ohne durch Abschleifen Feinstoffe als Ersatz für das zu gewähren, was in den Staubwolken, die solcher Verkehr mit sich bringt, verloren geht. Glatte Schotterstrassen sind deshalb nicht passend für den Kraftwagen-Verkehr und man muss deshalb seine Zuflucht zu bitumenhaltigen oder anderen Bindestoffen nehmen, wenn Kraftwagen darauf befördert werden sollen.

B. Chemische Einflüsse. Jedes Regen- und Oberflächenwasser enthält Kohlensäure und löst ganz beträchtlich die Kalk- und Eisencarbonate der Strassenbaustoffe auf. Die Humussäuren des tierischen und pflanzlichen Verfalles wirken in gleicher Weise beträchtlich lösend auf einige das Gestein bildende Stoffe, die Magnesia, Kali, Natrium, Kalk, Eisen- und Kieselsäure enthalten. Im Vergleiche jedoch zur zerstörenden Wirkung des Verkehrs ist die chemische Wirkung praktisch zu vernachlässigen.

C. Physikalische Einflüsse. Wenn die Oberfläche porös oder nur schwache Entwässerung vorgesehen ist, kann der zerstörende Einfluss des Frostes auf den Strassenkörper sehr stark werden, obwohl seine Einwirkung auf den Stein selbst im Verhältnis nur von kleiner Bedeutung ist. Es ist daher einleuchtend, dass eine dichte, undurchlässige Oberfläche das Ziel der Ausführung sein muss, und dieses kann nur erreicht werden, wenn man einen Stoff benutzt, dessen Staub von Natur verkittende Eigenschaften besitzt.

Physikalische und mechanische Eigenschaften der Strassenbaustoffe.

Die mechanischen Einflüsse sind bei weitem die schlimmsten, welche die Auflösung der Oberfläche der Schotterstrassen verursachen, und die Laboratoriums-Prüfungen sind folglich so erdacht, dass sie die zerstörenden Wirkungen dieser Einflüsse möglichst erreichen. Der Verkehr zermalmt den Stein zu Staub

und Wind und Regen waschen diesen Staub fort, berauben die Strasse ihres Kittstoffes und ermöglichen dem Verkehr auch fernerhin seine zerstörende Wirkung im Lockermachen der ungebundenen Steine auszuüben. Ueberdies ist die so gelockerte Oberfläche, insbesondere wenn sie nur mangelhaft entwässert wird, dem Durchweichen bei langen Regenfällen ausgesetzt, und so wird dem Froste freies Spiel gelassen, mit noch grösserer, zerstörender Kraft auf den Strassenkörper einzuwirken.

Die drei hauptsächlich erforderlichen Eigenschaften, die Strassenbaustoffe haben müssen, sind wie gesagt a) Härte, b) Festigkeit und c) hoher Bindewert.

a) Mit der Härte eines Gesteins wird seine Fähigkeit bezeichnet, dem Verschieben seiner Oberflächenteile durch Reibung Widerstand entgegenzusetzen.

b) Festigkeit eines Gesteins ist ein Maass seiner Fähigkeit, dem Zerschlagen durch die Stosswirkungen Widerstand zu leisten.

c) Der Bindewert eines Steinstaubes misst die Fähigkeit dieses Staubes, die einzelnen Stücke zusammenzuhalten und eine feste, undurchdringliche Strassenoberfläche zu bilden. Diese physikalischen Eigenschaften : Härte, Festigkeit und Bindewert, sind von höchster Wichtigkeit. Andere zu untersuchende physikalische Eigenschaften sind spezifisches Gewicht und Aufsaugfähigkeit. Letztere Eigenschaft ist von besonderer Bedeutung, wenn sehr starke Frostwirkung vorliegt.

Physikalische Prüfungen von Strassenbaustoffen.

a) **Härte-Prüfung.** Die gewöhnlich angewendete Prüfung zur Bestimmung der Widerstandsfähigkeit eines Steines gegen die Zerstörung seiner Oberflächenteile durch Reibung geschieht mit der Härte-Prüfungsmaschine von Dorry, die in der französischen Brücken- und Wegebau-Schule entwickelt wurde. Wie die Prüfung heute in den Vereinigten Staaten ausgeführt wird, möge in folgendem beschrieben werden.

Härte-Maschine (nach DORRY).

Die runde Gusstahlscheibe A dreht sich in einer Horizontalebene um die senkrechte Axe B, die von der Riemenscheibe C durch das konische Rädertriebwerk D bewegt wird. Der zylindrische Steinkern E, mit 25 mm Durchmesser, wird in der

Messinghülse F befestigt, wie aus der Sonderzeichnung zu ersehen ist, und das Ganze wird in solcher Lage über der Drehscheibe durch den Messingring G gehalten, dass das untere Ende des Prüfungsmusters auf die Scheibe mit einem Druck von etwa

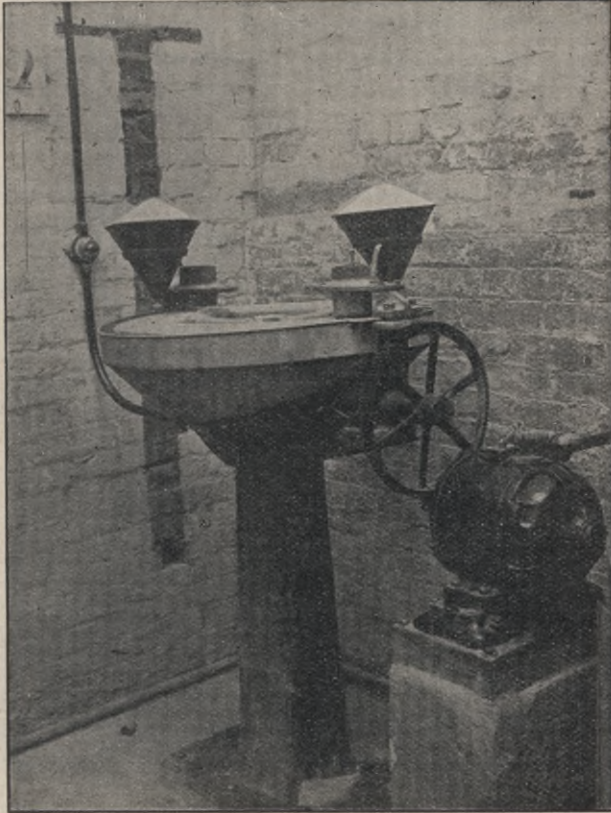


FIG. 1. Härte-Prüfungsmaschine von Dorry.

250 g: qcm drückt. Sand, erhalten durch Sieben von zerstoßenem Quarzit, mit einer Korngrösse von 30 bis 40 Maschen auf das qcm, wird unaufhörlich durch den Trichter H auf die Scheibe gegeben. Die Maschine ist, wie Abbildung zeigt, eingerichtet, zwei Prüfungen auf ein Mal zu liefern; die Probestücke werden auf entgegengesetzten Seiten der Schleifscheibe in einer Entfernung von 26 cm vom Mittelpunkte gehalten.

Nach 1000 Umdrehungen der Schleifscheibe (bei einer Geschwindigkeit von 28 Umdrehungen in der Minute) wird der Gewichtsverlust des Probestückes bestimmt und daraus wird der Härtekoefizient gewonnen, der durch Subtraktion von $\frac{1}{3}$ des Gewichtsverlustes, in Gramm ausgedrückt, von 20 berechnet wird.

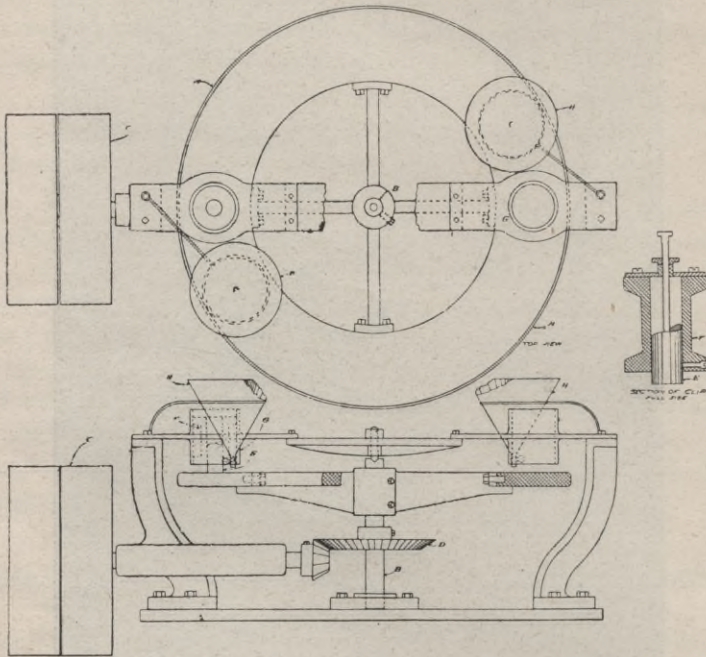


FIG. 2. Härte-Prüfungsmaschine von Dorry.

Die willkürliche Konstante 20 wurde mit der Absicht gewählt, den Ergebnissen dieser Prüfungen ungefähr den gleichen Umfang in den Unterschieden zu geben, die der später zu beschreibende, französische Abnutzungs-Koeffizient besitzt.

Abänderungen dieser Prüfung sind auch in Gebrauch, eine, die Schmirgel als Schleifmittel anwendet, während eine andere eine Trommel an Stelle der Drehscheibe verwendet.

b) **Festigkeits-Prüfung.** Die Fähigkeit der Steine gegen Brechen Widerstand zu leisten, wird durch eine Art Stossprüfung gemessen :

Verschiedene Arten sind für diese Prüfung in Gebrauch; eine besteht darin, dass man verschiedene, birnenförmig gestaltete Gewichte aus gleichbleibender Höhe auf ein, in gesiebten Sand fest eingebettetes Probestück hinabfallen lässt. Ein anderes Verfahren verwendet einen Fallhammer mit einer ebenen Grundfläche, der auf ein würfelförmiges Probestück, das auf einem Ambos liegt, hinabfällt. Die in den Vereinigten Staaten am meisten gebräuchliche Prüfung wird von einem, 25 : 25 mm grossen Steinzylinder mit einer, zu diesem Zweck besondersersonnenen Maschine ausgeführt. Diese Maschine soll in folgendem beschrieben werden :

Stossmaschine von Page zur Prüfung der Festigkeit der Steine.

Der Motor G treibt mittelst eines Getriebes mit endloser Schraube eine Gelenkkette, die von Rädern mit Wulsten auf dem Radkranze geführt wird. Diese Räder sitzen an Gussstücken an der Spitze I und nahe der Fusses H der Maschine. Die Kette ist mit kleinen, daumenartigen Vorsprüngen X versehen, welche die Federriegel-Vorrichtung betätigen, die zu beiden Seiten der Nut des unteren Kreuzkopfes M nach innen hineinragt. Diese hebt den Kreuzkopf, bis er von einem Stabe zum Fallen gebracht wird, der vom oberen Kreuzkopfe L hinabragt. Der Kreuzkopf M trägt einen konzentrisch angeordneten Elektromagneten, der den 2 kg schweren Hammer N heben soll. Strom wird dem Elektromagneten durch Kohlespitzen zugeführt, die auf den Kreuzköpfen sitzen und an dünnen Leitungsdrähten, die den Führungsstäben J parallel sind, gleiten.

Das zylindrische Prüfungsstück liegt auf einem Gegenambos W und das kugelförmige Ende des Kolbens O bleibt auf seiner Oberfläche und berührt sie tangential.

Wenn der Kreuzkopf M durch die Flanschen an der Gelenkkette gehoben wird, wird der Hammer gehoben, bis der Kreuzkopf mit einer Selbstunterbrechungs-Vorrichtung in dem oberen Kreuzkopf in Kontakt kommt und so den Hammer freigibt, der fällt und auf den Kolben O trifft.

Der obere Kreuzkopf L wird mittelst einer Leitspindel K auf eine bestimmte Höhe gehoben; die Schraube trägt am unteren Ende einen Zeiger Q, an dem die Höhe des Hammerfalles abgelesen werden kann.

Der Vorgang der Prüfung besteht aus einem 1 cm Fall des Hammers beim ersten Schlage und aus einem, um je 1 cm grös-

seren Fall des Hammers bei jedem folgenden Schlage, bis der Zerfall des Prüfungsstückes eintritt. Die Anzahl der zum Zerfall benötigten Schläge wird gebraucht um die Festigkeit des Steines darzustellen.

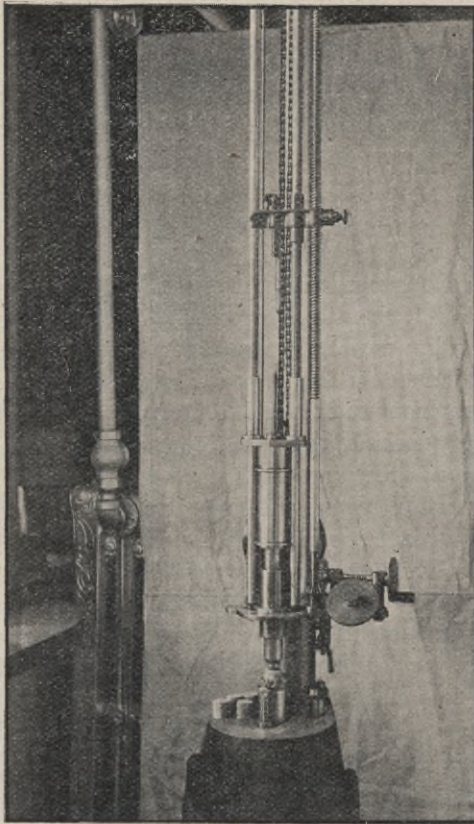


FIG. 3. Stossmaschine von Page.

c) **Deval's Abschleifprüfung.** Eine der ältesten, noch jetzt gebräuchlichen Prüfungsverfahren, um die für Strassenbauzwecke erforderlichen Eigenschaften des Gesteins zu bestimmen, ist das in der französischen Schule für Brücken- und Wegebau 1878 ausgebildete. Es ist die Abschleifprüfung nach Deval, und bei ihrer Anwendung können die Abnutzungseigenschaften der Steine mit grosser Sicherheit erforscht werden.

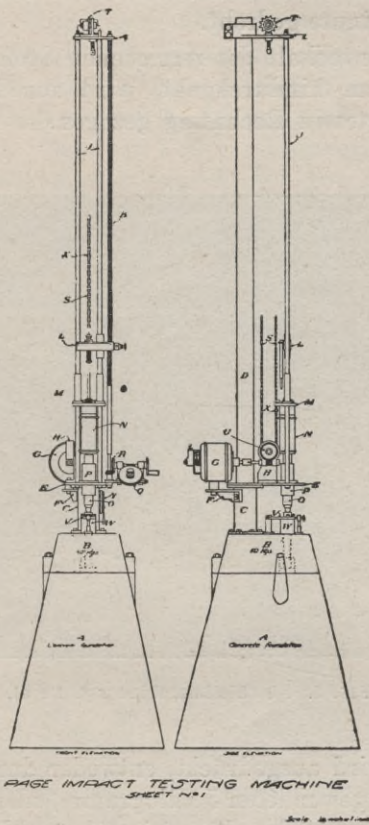


FIG. 4. Stossmaschine von Page.

Abschleifmaschine (nach DEVAL).

Die Maschine besteht im Wesentlichen aus der Riemenscheibe A (oder Rädertriebwerk und direkt gekuppeltem Motor, wie jetzt gebräuchlich), welche die Welle BB treibt, auf der 4 gusseiserne Zylinder CCCC so angebracht sind, dass die Achsen dieser Zylinder unter einem Winkel von 30° gegen die Drehachse geneigt sind. Die Welle ruht in den drei Lagern DDD und trägt in E einen Ringcommutator, um einen elektrischen Drehungszähler zu betätigen, der nicht mitgezeichnet ist. Die Befestigungsart der Zylinder an der drehenden Welle ist in B gezeichnet.

Je 5 Kilogramm Steine, möglichst 50 Stück an der Zahl, werden in jeden Zylinder gefüllt. der Deckel wird fest aufge-

schraubt und dann die Maschine 1000 Mal mit etwa 30 Umdrehungen in der Minute gedreht.

Nur der Prozentgehalt des zerriebenen Stoffes der durch ein Sieb von 0,16 cm hindurchgeht, wird zur Bestimmung des Abnutzungs-Wertes in Rechnung gezogen.

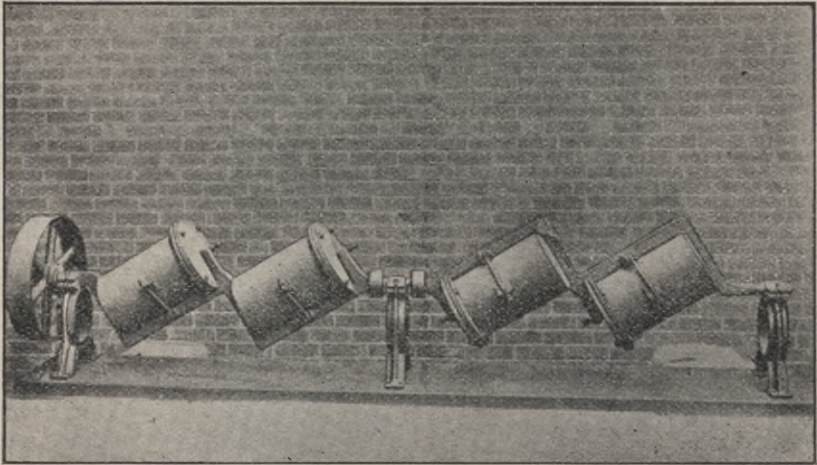


FIG. 5. Abschleifmaschine von Deval.

Dieser Wert wird ausgedrückt, entweder durch den Prozentgehalt von den angewendeten 5 Kilogramm, oder durch den französischen Koeffizienten, der allgemein gebräuchlich ist, nämlich :

$$\text{französischer Abnutzungs-Koeffizient} = 20 \times \frac{20}{W} = \frac{40}{\text{Schleifverlust in } \%}$$

wenn W das in *g* ausgedrückte Gewicht der Trümmersmasse unter 0,16 cm Grösse auf das kg des benutzten Gesteins ist.

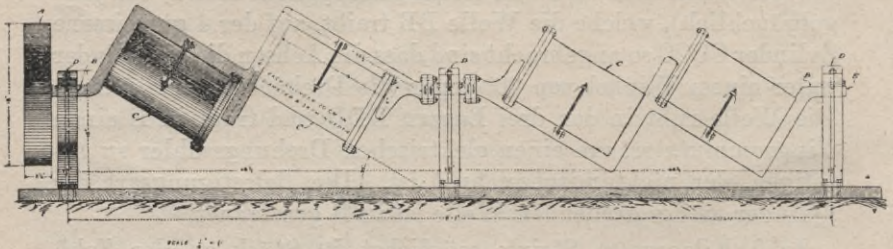


FIG. 6. Abschleifmaschine von Deval.

Andere Arten zur Prüfung des Abschleifens sind ebenfalls im Gebrauch; eine ist eine Kugelmühle, in der das Muster von 10 kg eine bestimmte Anzahl Umdrehungen machen muss und die Staubmenge erzielt wird. Dann erfolgt eine abermalige Umdrehung unter Hinzutun von Stahlkugeln und der Verlust wird wiederum notiert. Schubert's Hemmungsverfahren wird gleicherweise in Deutschland angewendet zur Bestimmung des Widerstandes der Steine gegen Abschleifen.

Zur Vorbereitung des Probestückes für die im vorhergehenden beschriebene Härte- und Festigkeits-Prüfung werden verschiedene kleinere Maschinen benötigt, nämlich ein Diamant-Kernbohrer, eine Diamantsäge und eine Schleifscheibe.

Kernbohrer (zur Herstellung der Steinkerne).

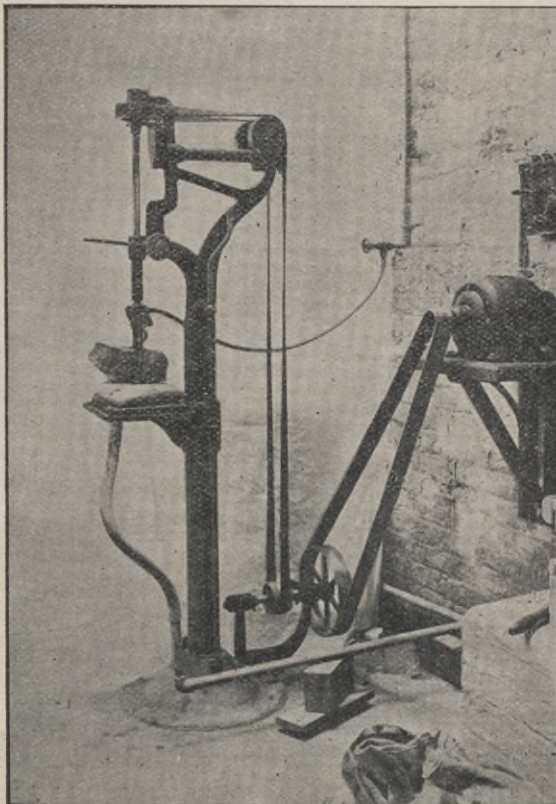


FIG. 7. Kernbohrer.

Das stählerne Kernrohr A trägt am unteren Ende den Bronzering B, welcher 8 Diamantspitzen, nach Zeichnung verteilt, besitzt, um einen Steinkern von 25 mm Durchmesser herauszuschneiden. Das Kernrohr ist am oberen Ende mit dem Messinggehäuse DE verbunden, durch das der untere Teil des Schaftes C geht.

Das Wasserspeiserohr F ist direkt mit dem festen Messingring G verbunden, der an seiner Innenseite einen halbkreisförmigen Ausschnitt hat, der genau einem gleichen Ausschnitte im Gehäuse D entspricht, zusammen eine kreisförmige, hohle Röhre

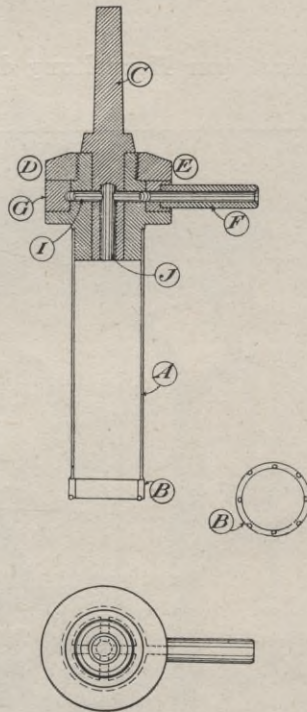


FIG. 8. Kernbohrer.

bildend, deren eine Hälfte feststeht, während die andere mit dem Bohrer beweglich ist. Vier kleine Durchbohrungen I, die sich zum senkrechten Rohre J vereinigen, verbinden diesen Ring mit dem Innern des Kernrohres A, sodass das Ganze eine Einrichtung bildet, um das Wasser aus der Speiseröhre F in das Innere des

Drehbohrers zu bringen. Die Geschwindigkeit des Bohrers beträgt 250-300 Umdrehungen in der Minute.

Diamant-Säge.

Die Säge zum Abschneiden der Steinstücke besteht aus einer Stahlscheibe von etwa 5 Zoll Durchmesser bei 0,02 Zoll Stärke; rund um ihren Umfang wird in radial angeordneten Nuten Diamantstaub gehalten. Die Säge wird durch einen kleinen Elektromotor mit etwa 600 Umdrehungen in der Minute angetrieben.

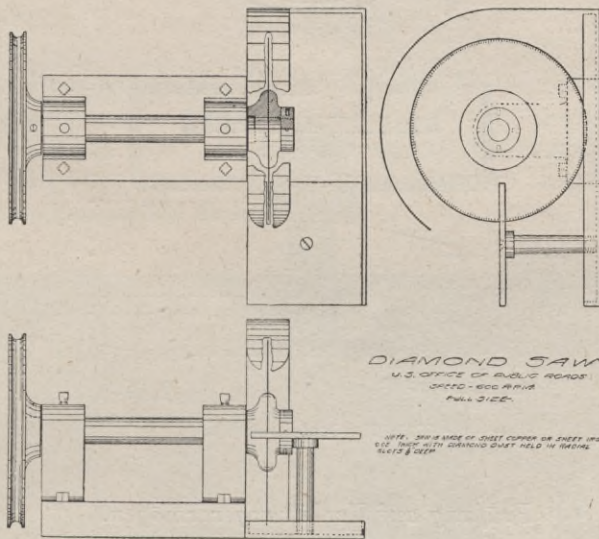


FIG. 9. Diamant-Säge.

Schleifscheibe.

Die Schleifscheibe, die zur Bereitung von Steinschnitten zur mikroskopischen Untersuchung benutzt wird, besteht aus einer Stahlscheibe von 9 Zoll Durchmesser, die von einem Elektromotor mit einer Geschwindigkeit von 400 Umdrehungen in der Minute bewegt wird.

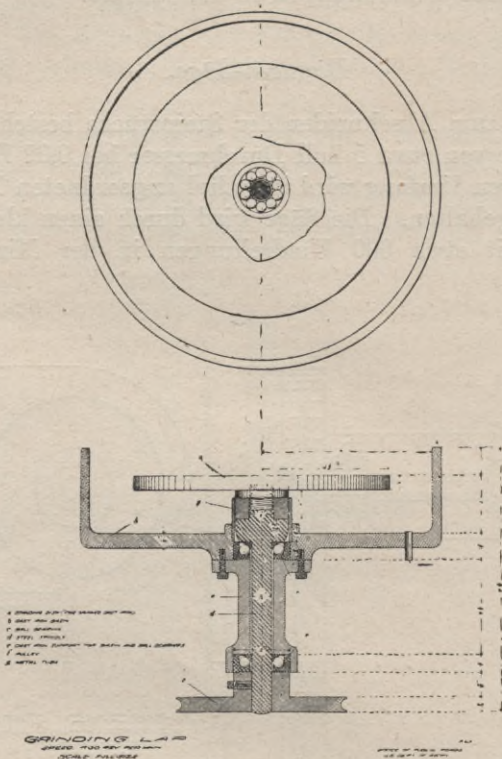


FIG. 10. Schleifscheibe.

Prüfung auf Verkittungsvermögen.

Die Bindekraft oder das Verkittungsvermögen eines Strassenbaustoffes ist die Eigenschaft des Steinstaubes als Bindemittel für die größeren Teile zu dienen. Verschiedene Steinarten und Steine der gleichen Art aber von verschiedener Herkunft unterscheiden sich ganz bedeutend in dieser Eigenschaft. Einige von ihnen besitzen ein Verkittungsvermögen in hohem Grade, anderen geht diese Eigenschaft gänzlich ab. Untersuchungen im Chemischen Laboratorium des Ackerbau-Ministeriums der Vereinigten Staaten scheinen darauf hinzuweisen, dass das Verkittungsvermögen von gewissen hydratischen, kolloidalen Zuständen ihrer Komponenten abhängt. Alle Steine, die gut binden, sind hydratisch, d. h. sie enthalten chemisch gebundenes Wasser,

obwohl daraus nicht folgt, dass der Staub von hydratischen Steinen gut kitten wird. Es scheint, dass nur eine besondere Gattung gebundenen Wassers an dem Verkittungsvermögen beteiligt ist und seine Grösse bestimmt. Diese Eigenschaft steht ohne Zweifel in Beziehung zu der Plastizität der Tone und ist, mit wenigen Worten, zurückzuführen auf amorphe, anorganische Teilchen, die vermöge ihrer hervortretenden, porösen Struktur befähigt sind, Wasser zu absorbieren und festzuhalten, wodurch sie einen plastischen und zusammenbackenden Zustand eingehen. Das folgende Verfahren, das Verkittungsvermögen an Steinpulvern zu prüfen, wurde von dem Verfasser erfunden und eine Reihe von Jahren hindurch von ihm angewendet.

Kugel-Mühle.

Ein halbes Kilogramm des zu prüfenden Steines wird ziemlich klein gebrochen, so dass es durch ein Sieb mit $\frac{1}{2}$ -zölligen Maschen hindurch geht. Dieser Stoff wird in eine Kugelmühle gegeben mit etwa 90 ccm Wasser, das ausreicht, um nach dem Mahlen einen steifen Brei zu erzielen.

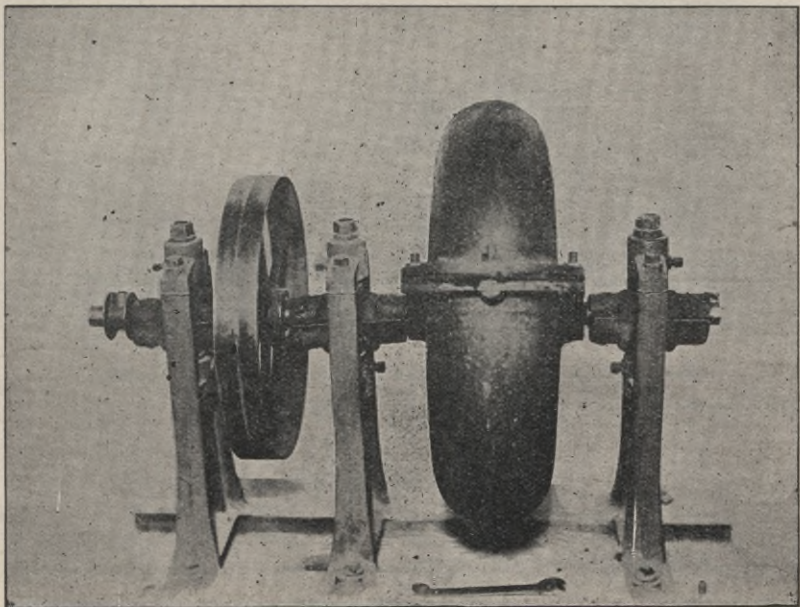


FIG. 11. Kugelmühle.

Die Mühle, gezeichnet in Fig. 11 und Fig. 12, besteht aus einem gusseisernen Gehäuse A B, das in zwei gleiche Segmente A und B geteilt ist. Dieses dreht sich in einer Vertikalebene um die Welle CC, die auf dem Zapfenlager DD ruht und von der Laufscheibe E angetrieben wird. Der Stoff wird durch die Tätigkeit von zwei gussstählernen Kugeln von $2\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser und von etwa 20 Pfund Gewicht gemahlen.

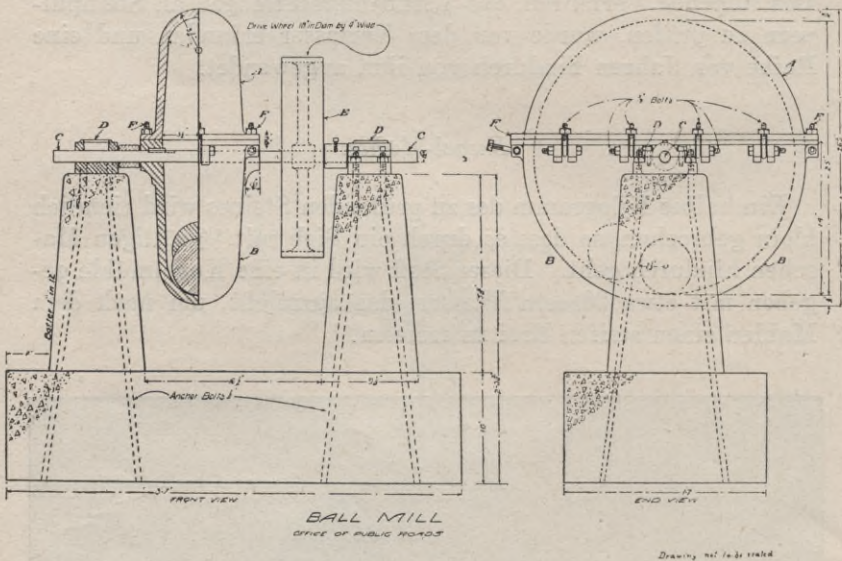


FIG. 12. Kugelmühle.

Das Mahlen wird $2\frac{1}{2}$ Stunden hindurch mit einer Geschwindigkeit von 2000 Umdrehungen in der Stunde fortgesetzt, dann wird der "Teig" herausgenommen und zu zylindrischen Briketts von 25 mm Durchmesser und 25 mm Höhe in eine Brikettiermaschine, die in Fig. 13 abgebildet ist, gegossen.

Brikettiermaschine.

(für gegessene Probestücke aus Steinstaub).

Ein hydraulischer Zylinder trägt mittelst seiner Kolbenstange eine eiserne Plattform. Eine zylindrische Metallhülse, versehen mit einem dicht anschliessenden Pflöck, der durch zwei Führungs-

stäbe gehalten wird, enthält den Stoff der zusammengespreßt werden soll, und ruht auf der Plattform; durch ein besonderes Speiserohr wird Wasser nach dem Zylinder geleitet. Wenn nun die Kolbenstange hochgeht, werden die Plattformen und die zylindrische Hülse mit ihr gehoben und der Verschlusspfropfen der letzteren kommt in Berührung mit einem genau ausgewogenen Hebelarm. Das Gewicht ist auf dem Hebelarm so ausbalanciert, dass ein Maximaldruck von 132 kg : qcm auf das zusammengespreßte Material ausgeübt wird, ein Druck, der nur für einen Augenblick angewendet wird. Die gesamte Zeit des Maximaldruckes dauert nur etwa 30 Sekunden.

Die gezeichnete elektrische Einrichtung wird gegenwärtig nicht angewendet, da man gefunden hat, dass der Wasserzufluss besser von Hand betätigt wird.

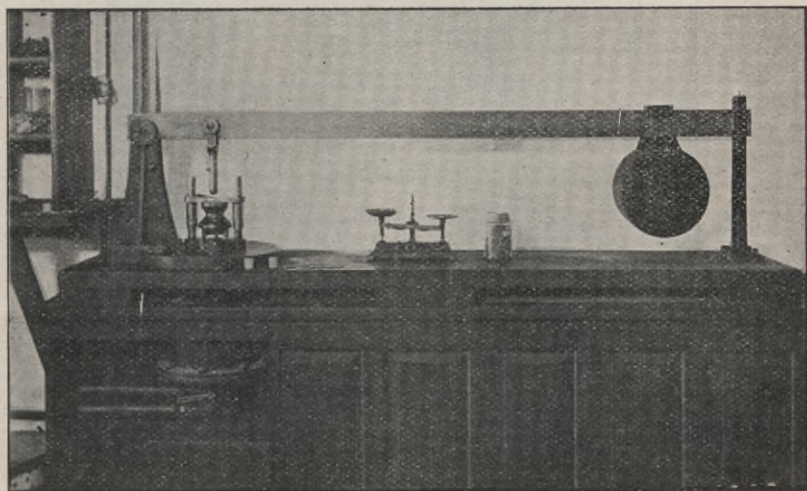


FIG 13. Brikettierungsmaschine.

Fünf zylindrische Briketts (25×25 mm) werden von jedem Prüfungsmuster hergestellt, dann 20 Stunden an der Luft und 4 Stunden im Trockenschrank bei 200° F. getrocknet. Nach einem 20 Minuten dauernden Abkühlen in einem Exsikkator werden sie auf Stoss in einer hierfür besonders konstruierten Maschine geprüft.

Des Verfassers Stoss-Maschine zur Prüfung des Verkittungswertes der Steine.

Der Motor A treibt das Daumenrad E mit einer Geschwindigkeit von 60 Umdrehungen in der Minute mittels einer Schraube ohne Ende. Der Hammer G wird durch einen regulierbaren

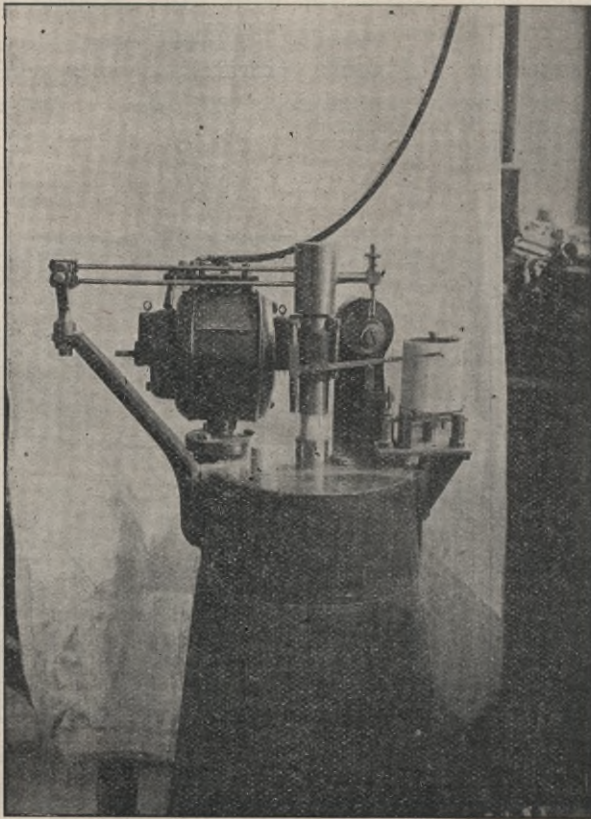


FIG. 14. Stoßmaschine von Page zur Bestimmung des Verkittungswertes.

Zapfen F gehoben, der über die Stirnfläche des Daumenrades gleitet. Zusammen mit dem Kolben H, der auf dem Brikett I ruht, wird das Ende des Zapfens F mit dem Daumenrade in Berührung gebracht, wie in der Zeichnung angegeben, und die

Klemmschraube wird angezogen, um den Zapfen in seiner Lage zu halten. Die Hebewirkung des Daumenrades ist so, dass ein tatsächlicher Fall von 1 cm dem Hammer gegeben wird. Die Gegenwirkung des Briketts nach jedem Hammerschlage ruft eine senkrechte Bewegung am Ende des Hebels L hervor. Diese Bewegung wird auf ein Blatt Silikatpapier, das um die Registriertrommel M gelegt ist, mittels einer Messingspitze am Ende des Hebels aufgezeichnet. Jede Umdrehung des Daumenrades ruft eine geringe Umdrehung der Trommel hervor, so dass

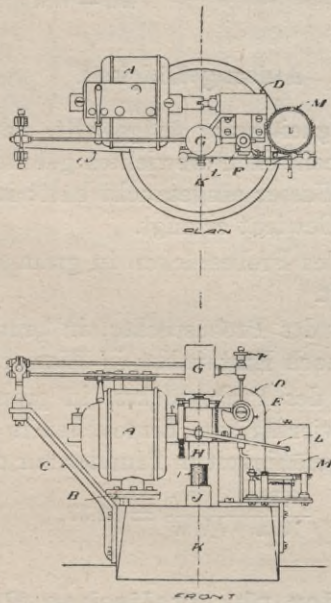


FIG. 15. Stossmaschine von Page zur Bestimmung des Verkittungswertes.

die Trommel eine vollständige Umdrehung auf 100 Umdrehungen des Daumenrades macht. Die Zahl der Schläge, die notwendig ist, um die Elastizität des Briketts zu zerstören, so dass eine Rückwirkung auf der Trommel nicht mehr verzeichnet wird, wird angenommen, um den Verkittungswert des Stoffes zu bezeichnen.

Spezifisches Gewicht.

Um das spezifische Gewicht eines Steines zu bestimmen, wird ein kleines Probestück davon, etwa 10-12 g, in der Luft, an einem feinen Seidenfaden hängend, gewogen. Das Probestück wird dann in Wasser getaucht und sofort gewogen, ohne den kleinen Fehler, der durch das Eintauchen des Fadenstückchens hervorgerufen wird, in Anrechnung zu bringen.

Wenn W_a das Gewicht in der Luft (in Gramm),
 W_w das Gewicht im Wasser (in Gramm) ist,

dann ist das spezifische Gewicht = $\frac{W_a}{W_a - W_w} = G.$

Aufsaugefähigkeit.

Die Aufsaugefähigkeit wird festgestellt, wenn man das zur Bestimmung des spezifischen Gewichtes gebrauchte Probestück vier Tage lang in Wasser eingetaucht hält; in dieser Zeit hat es gleichbleibendes Gewicht erlangt.

Ist W_a = Gewicht des Probestückes, in gramm ausgedrückt, in der Luft.

W_{Tw} = Gewicht des Probestückes, in gramm ausgedrückt, gleich nach Eintauchen in Wasser.

W_{Tw} = Gewicht des Probestückes, in gramm ausgedrückt, nach vierfähigem Eintauchen in Wasser.

dann ist die Aufsaugefähigkeit in Pfunden für den Kubikfuß

$$\frac{W_{Tw} - W_w}{W_a - W_w} = 62,37.$$

Auslegung der physikalischen Prüfungen.

1. *Härte.* Steine mit einem Abnutzungskoeffizienten von unter 14 werden weich, von 14-17 mittelhart und über 17 hart genannt.

2. *Festigkeit.* Die Ergebnisse einer Festigkeitsprüfung werden so bewertet, dass die Steine, die unter 13 liegen, gering, von 13-19 mittel, über 19 hoch genannt werden.

3. *Widerstand gegen Abnutzung.* Bei Bewertung dieser Eigenschaft wird ein Prozentgehalt an Abnutzung über 5 hoch, von 3, 1 bis 5 mittel, von 2-3, 1 schwach, unter 2 sehr schwach genannt.

4. *Verkittungswert.* Verkittungswerte unter 10 werden gering, von 10 bis 25 genügend, von 26 bis 75 gut, von 76 bis 100 sehr gut, und über 100 hervorragend genannt.

Die durchschnittlichen Ergebnisse aller Prüfungen, die bis zum 1. Januar 1912 an charakteristischen Strassenbaugesteinen vorgenommen wurden, sind in der folgenden Tabelle angegeben :

	Härte	Festigkeit	Verkittungs- wert	Prozentgehalt für Abnutzung	Französischer Koeffizient
Kalkstein....	14.4 (517)	8 (524)	54 (560)	5.2 (597)	7.7 (597)
Sandstein....	15.0 (237)	12 (242)	62 (257)	5.7 (232)	7.0 (232)
Granit.....	18.5 (131)	12 (131)	18 (138)	4.5 (166)	8.9 (166)
Andesit.....	17.1 (54)	18 (54)	196 (58)	3.8 (56)	10.5 (56)
Basalt.....	17.3 (150)	18 (148)	108 (161)	2.9 (153)	13.8 (153)
Diabas.....	17.7 (134)	20 (132)	101 (138)	2.7 (126)	14.8 (126)
Diorit.....	18.2 (40)	16 (45)	28 (48)	3.3 (44)	12.1 (44)
Gabbro.....	17.8 (26)	15 (26)	44 (29)	3.0 (25)	13.3 (25)

Anmerkung : Die eingeklammerten Zahlen bezeichnen die Nummer des Durchschnittsmusters.

Beziehung zwischen Prüfungen.

zur Bestimmung der abnutzenden Eigenschaften der Gesteine für Strassenbauzwecke und ihr bezüglichlicher Wert.

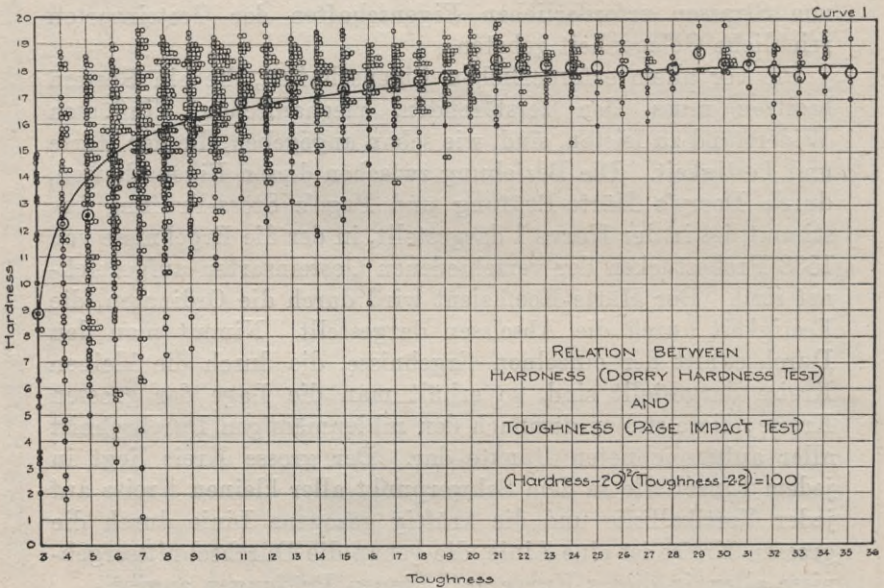
Dorrry's Härte-Prüfung und Pages Stoss-Prüfung.

Seit der Einrichtung des Laboratoriums für Strassenbaustoffe im Ministerium für Ackerbau der Vereingten Staaten wurden Hunderte von Prüfungen mit der Härte-Prüfungsmaschine von Dorrry, der Stossmaschine von Page und Abschleifmaschine von Deval vorgenommen, und so wurde zum Studium der Beziehung zwischen den Ergebnissen dieser Prüfungen und zur Beurteilung ihrer bezüglichlichen Werte, zur Bestimmung der für das Bauen von Strassen erforderlichen Eigenschaften der Gesteinsarten reichliche Gelegenheit geboten.

Die vor allem erforderlichen Eigenschaften, die ein Gestein besitzen muss, den zerstörenden, mechanischen Einflüssen Widerstand zu leisten, sind, wie schon angegeben, die der Härte und Festigkeit. Die Beziehung zwischen diesen Eigenschaften, durch Dorrry's Härte-Prüfung und Page's Stoss-Prüfung bestimmt, ist in der Kurve 1 dargestellt, in der die Ergebnisse von 1538 Probestücken der verschiedenen Gesteinsarten aufgezeichnet sind. Der Härte-Koeffizient wird durch die Ordinaten, die Festigkeit durch die Abscissen dargestellt. Nimmt man den Durchschnitt der einzelnen Ergebnisse, die durch die kleinen Kreise dargestellt sind, so erhält man die Lage der grossen Kreise; diese stellen demnach den zahlenmässigen Durchschnitt aller aufgezeichneten Punkte dar. Der grosse Kreis liegt in jedem Einzelfalle in dem Schwerpunkt aller kleinen Kreise auf jeder Vertikallinie und die kräftig gezogene Linie durch die grossen Kreise ist eine Linie, die genau die Durchschnittsergebnisse aller, in dieser Kurve enthaltenen Prüfungen angibt.

Hier muss einiges in Hinsicht auf die Beziehungen bemerkt werden, die zwischen Härte und Festigkeit, die durch diese zwei Prüfungen angezeigt werden, bestehen. Erstens könnte es im allgemeinen scheinen, dass mit der Härte eines Steines auch die Festigkeit wächst. Es muss auch bemerkt werden, dass die Härte langsamer als die Festigkeit zunimmt, wenn der Festigkeitswert die Zahl 9 überschreitet. Ueberdies unterscheiden sich die einzelnen Ergebnisse für die Härte nur wenig von den durch die grossen Kreise dargestellten Durchschnittswerten, wenn die

Festigkeit grösser als 19 ist. Die Bedeutung dieser Tatsachen liegt darin, dass hohe Härte in einem Stein stets hohe Festigkeit begleitet. Wie aber andererseits der Festigkeitswert der Steine abnimmt, so weicht die Härte mehr und mehr von ihrem Durchschnittswerte ab und zeigt, dass Steine von sehr geringer Festigkeit sowohl hart als auch weich sein können. Obgleich Härte eine unveränderliche charakteristische Begleitung von Festigkeit ist, so sieht man doch, dass Festigkeit nicht notwendig Härte begleiten muss. Es könnte scheinen, da ja ein fester Stein stets auch hart ist, dass für eine schnelle Prüfung eines Steines zum Strassenbau die Härte-Prüfung ausgelassen werden dürfte, und dass die Annahme oder Ablehnung des Steines, soweit es die Abnutzungs-Eigenschaften betrifft, auf ein Verfahren der Festigkeits-Prüfung allein beruhen könnte.



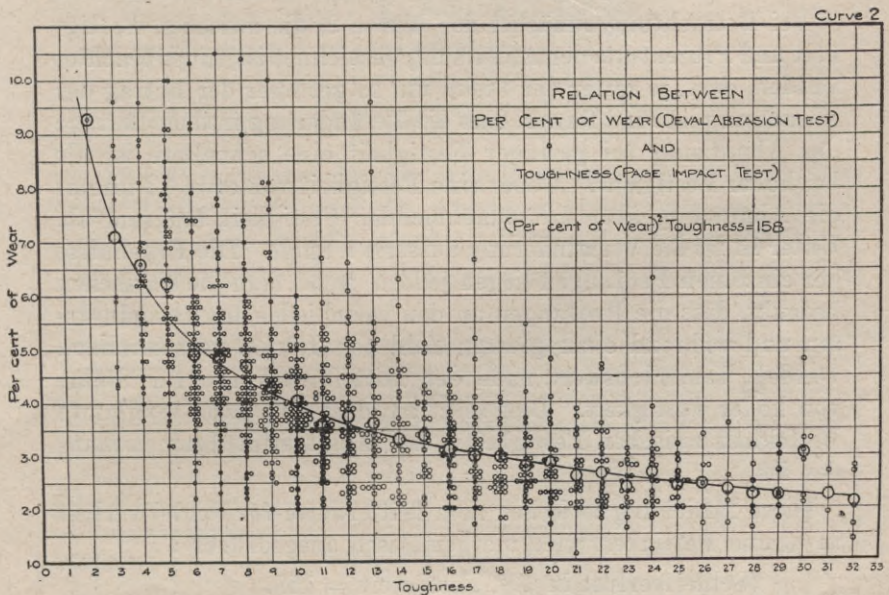
Die Beziehung zwischen Härte und Festigkeit ist durch folgende Gleichung gegeben :

$$(\text{Härte} - 20)^2 \cdot (\text{Festigkeit} - 2,2) = 100.$$

$$\text{oder Härte} = 20 - \frac{10}{\sqrt{\text{Festigkeit} - 2,2}}$$

Die Beziehung wurde durch Ableiten der Gleichung aus der Kurve erhalten, die den Durchschnittswert aus den einzelnen Ergebnissen zieht, und die diese Gleichung darstellende Kurve

ist als kräftige Linie gezeichnet. Obwohl diese Gleichung sehr genau die Beziehung zwischen den Durchschnittsergebnissen einer grossen Zahl von Prüfungen auf Härte und Festigkeit ausdrückt, kann man doch sehen, dass die einzelnen Ergebnisse für geringe Festigkeit bedeutend von dem Durchschnittswerte abweichen und die Gleichung für einen Vergleich der Härte und Festigkeit unbrauchbar machen, wenn diese nur gering ist. Wenn jedoch die Festigkeit hoch ist, so ist die Abweichung des einzelnen Ergebnisses von dem Durchschnittswerte nur gering und so kann die ungefähre Härte eines Steines sehr bequem berechnet werden, wenn die Festigkeit bekannt ist, aber die Umkehrung ist nicht zuverlässig. Eine der bei Ableitung der obigen Gleichung gemachten Annahme war die, dass ein Stein von unbegrenzter Festigkeit den höchstmöglichen Härtekoef-



zienten (20) besässe. Diese Annahme ist nur insofern haltbar, als sie sich aus der allgemeinen Richtung der mittleren Härte allmählich mit dem Mittelwert der Festigkeit zuzunehmen, ergibt. Die Konstanten 100 und 2,2 sind die Ergebnisse der Bestimmung der Konstanten in der angenommenen Gleichung $(x - k_1) \cdot (y - 20)^2 = K_2$. Diese Wertbestimmungen wurden bei dem Versuche vorgenommen, die ersonnene Gleichung in Uebereinstimmung mit den Mittelwerten für Härte und Festigkeit zu bringen.

Deval's Abschleif- und Page's Stoss-Prüfung.

Deval's Abschleifmaschine, deren Zylinderachsen um 30° gegen die Horizontale geneigt sind, ist so eingerichtet, dass die Ladung von 50 Stück Steinen von einem Ende des Zylinders zum anderen zweimal bei jeder Umdrehung geworfen wird.

Die Gesteinsmasse ist so infolge Zusammenstosses mit dem Mantel und den Enden des Zylinders einer Zusammenpressung unterworfen und die einzelnen Stücke schleifen sich in gleicher Weise aneinander und am Zylinder ab. Die Abschleif-Prüfung könnte daher ebenso wohl eine Prüfung für die Festigkeit als auch für die Härte der Steine erscheinen. Der Vergleich der beiden Kurven No. 2 und 3 zeigt, bis zu welchem Umfange die Deval'sche Prüfung eine solche für Festigkeit und für Härte ist.

Bei Betrachtung zunächst der Kurve 2, die zwischen Festigkeit und Prozentsatz der Abnutzung gezeichnet ist, muss beachtet werden, dass, je fester der Stein, um so geringer der Betrag der Abnutzung ist, und ferner, dass die Veränderung in dem Betrage der Abnutzung bei geringer Festigkeit eine schnellere ist als bei hoher Festigkeit. Ueber eine Festigkeit von etwa 13 nimmt die Abnutzung aber mit zunehmender Festigkeit langsam ab. Unter 13 ist die Verminderung äusserst schnell. Die Ergebnisse der einzelnen Prüfungen liegen jedoch, wenn man die Tatsachen bedenkt, dass die Prüfungen an den verschiedensten Gesteinsarten und während einer grossen Zahl von Jahren vorgenommen wurden, bemerkenswert nahe der Mittelwertskurve für Steine von hoher Festigkeit. Dies zeigt an, dass eine ganz bestimmte Beziehung zwischen Festigkeits- und Abschleifprüfung vorhanden ist.

Diese Beziehung zwischen dem Mittelwerte für Schleifverlust in % und Festigkeit wird mathematisch ausgedrückt :

$$(\text{Schleifverlust in } \%)^2. \text{ Festigkeit} = 158.$$

Dies ist eine äusserst einfache Beziehung und in welchem Umfange sie auch für die einzelnen Ergebnisse angewendet werden darf, kann man bei näherer Betrachtung der Kurve sehen. Wie bei den Durchschnittsbeziehungen zwischen Härte und Festigkeit, so sind auch bei denen zwischen Festigkeit und Schleifverlust in % die einzelnen Ergebnisse mehr übereinstimmend, wenn die Festigkeit gross, als wenn sie gering ist. Die enge Übereinstimmung der einzelnen Prüfungsergebnisse mit dem Mittelwerte für hohe Festigkeitswerte zeigt eine sehr enge

Verwandschaft zwischen Schleifverlust in % und Festigkeit an. Die Verwandschaft in Bezug auf geringe Festigkeitswerte jedoch ist himmelweit verschieden von den einzelnen Ergebnissen. Ein Gestein mit hoher, fast beständiger Festigkeit hat geringen Schleifverlust in % und dieser kann ungefähr berechnet werden, wenn die Festigkeit bekannt ist. Es ist jedoch unmöglich, die Festigkeit zu berechnen, wenn der Schleifverlust bekannt ist, da Steine von gleichem Schleifverlust ganz verschiedene Festigkeitswerte haben. Bei der Ableitung dieser Beziehung wurde angenommen, dass ein Gestein von unbegrenzter Festigkeit einen Schleifverlust = 0, hingegen ein Gestein von der Festigkeit = 0 einen hohen Schleifverlust in % haben werde.

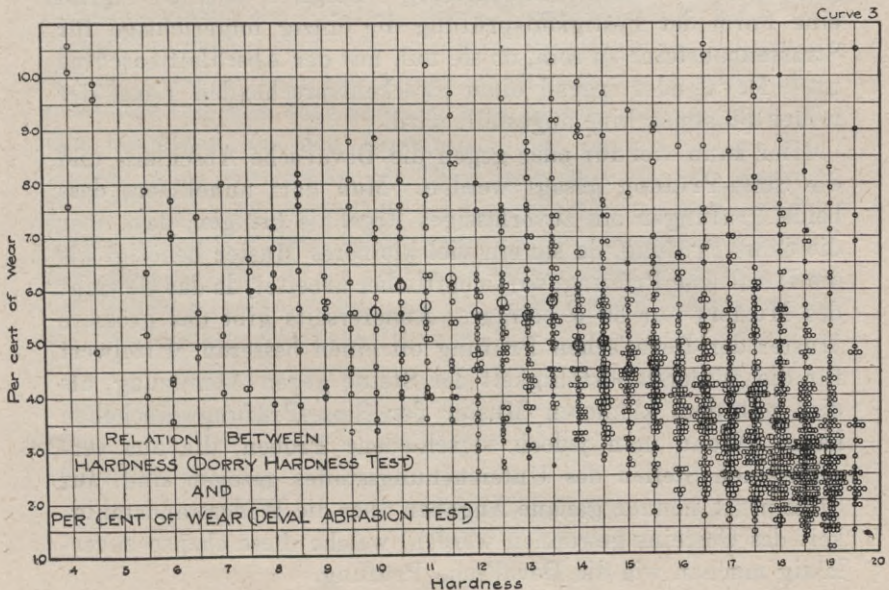
Eine Gleichung, welche diesen zwei Bedingungen entspricht und sich zugleich dem Mittelwerte nähert, ist :

$$x y^2 = K, \text{ wenn } K = 158 \text{ ist,}$$

und wurde durch Versuche erhalten.

Deval's Abschleif-Prüfung und Dorry's Härte-Prüfung.

Die Kurve 3, bei der der Schleifverlust in % als Ordinaten, die Härte-Koeffizienten als Abszissen aufgetragen sind, zeigt, dass zwischen Deval's Abschleif-Prüfung und Dorry's Härte-Prüfung keine bestimmte Beziehung besteht. Dies wird deutlich



durch die grosse Abweichung der eingetragenen Werte von der Kurve der Durchschnittswerte. Hier scheint eine bestimmtere Beziehung zwischen Festigkeit und Schleifverlust bei hohen Festigkeitswerten zu sein, sodass die Ergebnisse der Deval'schen Abschleif-Prüfung wahrscheinlich mehr von der Festigkeit als von der Härte der Steine abhängig sind.

Relative Werte der Prüfungen auf die Eigenschaft der Steine, der Abnutzung Widerstand zu leisten.

Die Tatsache, dass ein fester Stein auch beständig hart ist, könnte wohl anzeigen, dass die Härte-Prüfung im allgemeinen unsicher ist, da sie keine nutzbringende Aufklärung hinzufügt, die in den Stand setzt, die wahrscheinliche Widerstandsfähigkeit des Steines zu beurteilen. Sicher ist die Härte-Prüfung allein ohne Wert, da ja der Stein hart sein kann, bei Mangel jeglicher Festigkeit, wie durch manche Quarzite und Sandsteine bewiesen wird. Aus obigen Betrachtungen kann man erkennen, dass die Härte-Prüfung, allein angewendet, manche Steine ausschliessen dürfte, weil sie zu weich sind, dagegen die Anwendung anderer, deren Härte genügt, zu lassen dürfte, obwohl diese gänzlich der Festigkeit entbehren können. Andererseits gibt die Festigkeitsprüfung, wenn sie genügend überlegt wird, eine wertvolle Ergänzung zur Härte-Untersuchung. Folglich scheint irgend eine Form der Festigkeitsprüfung die einzig folgerichtige für Strassenbausteine zu sein, ob sie nun mit der Abschleifmaschine nach Deval oder irgend einer zweckentsprechenden Form der reinen Stossmaschine angestellt wird.

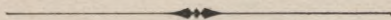
Hier kann viel für oder gegen die Deval'sche Abschleif- und die Stoss-Prüfung gesagt werden. Man darf annehmen, dass beide Prüfungen ein zuverlässiges Ergebnis bringen, dass aber die Stoss-Prüfung, da sie ein viel kleineres Muster benötigt als die Deval'sche Prüfung, wirtschaftlicher arbeitet, da das Gewicht des Musters nur 30 g beträgt. Andererseits gibt das grössere Muster der Deval'schen Prüfung oft einen besseren Mittelwert für die Widerstandsfähigkeit der Steine gegen Abnutzung, als dies mit dem kleineren Muster der Stoss-Prüfung geschehen kann. Wenn man jedoch verschiedene Proben, die aus verschiedenen Stellen des Untersuchungsstoffes gezogen sind, auf Stoss prüft, können genaue Angaben über die Widerstandsfähigkeit des Gesteins gewonnen werden, welche diese ebenso zuverlässig machen wie die Deval'sche Prüfung.

Dorry's Härte Prüfung in ihrer gegenwärtigen Form verlangt jedoch grosse Sorgfalt, um zuverlässige Ergebnisse zu erzielen. Die Beschaffenheit des Sandes, ob rund oder kantig, seine Feinheit und die gebrauchte Menge, alles dies muss genau kontrolliert werden und sind in Rechnung zu ziehende Posten von grossem Einfluss auf die Ergebnisse und erfordern ständige Wachsamkeit seitens des Prüfenden. Zweitens aber macht das beständige "Ziehen" des Steinkernes auf der Schleifscheibe bald eine Vertiefung in diese und so wird hier ein zweiter, veränderlicher Einfluss auf das Ergebnis hervorgerufen. Man darf annehmen, dass die Härte-Prüfung nicht von grosser Zuverlässigkeit ist und keinen wertvollen Aufschluss für die Beurteilung gibt, ob eine Steinprobe für Strassenbauzwecke geeignet ist.

Betrachtet man die Frage nach den praktischen Prüfungen für Strassenbaustoffe, so muss anerkannt werden, dass diese äusserst schwierig so ausgeführt werden können, dass man Ergebnisse von bestimmtem Werte erhält. Wenn auch diese Beobachtungen an Strassen angestellt werden, deren Baustoffe bei den physikalischen Prüfungen übereinstimmende Ergebnisse erbringen, so machen diese Beobachtungen, wegen der veränderlichen Bedingungen des Verkehrs und des Klimas bei verschiedenem Betrag des Regenfalles und der verschiedenen Windgeschwindigkeit, einen Vergleich mit Beobachtungen ähnlicher Art an einer anderen Strasse meist unmöglich. Wertvollere Aufschlüsse jedoch wurden erhalten durch allgemeine, jährliche Beobachtungen von Strassen, die mit verschiedenen Arten von Baustoffen gebaut sind. So wurde das Verfahren zur Auslegung der im Laboratorium gefundenen physikalischen Eigenschaften ermittelt und man darf glauben, dass, obwohl es unmöglich ist, den Gesteinen aus den Ergebnissen der physikalischen Prüfungen einen zahlenmässigen Wert zu geben, ein sehr genaues Bild von der Angemessenheit des Gesteins für den vorliegenden Zweck erhalten werden kann, wenn man die Prüfungen zusammen mit der Art des zu erwartenden Verkehrs betrachtet, den die Strasse aufnehmen soll, mit der Grösse dieses Verkehrs und mit den klimatischen Verhältnissen.

L. W. PAGE.

(Uebersetzer : M. HOFFMANN.)



Oberthür, Rennes—Paris (729-13)

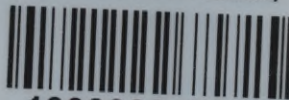
no 105

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



II-353526

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000317635