



Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000300778

Bautechnische Gesteinsuntersuchungen

Mitteilungen aus dem Mineralog.-geolog. Institut
der Kgl. Technischen Hochschule Berlin

herausgegeben

von

Prof. Dr. J. Hirschwald

Geheimer Regierungsrat

III. Jahrgang 1912

Heft 2

Der ganzen Reihe 6. Heft

BERLIN

VERLAG VON GEBRÜDER BORNTRAEGER

W 35 Schöneberger Ufer 12a

1913



Alle Rechte vorbehalten

Inhalt

1. Untersuchungen an Kleinschlagdecken, behufs Gewinnung einer Grundlage für die Prüfung der natürlichen Gesteine auf ihre Verwendbarkeit als Straßenbaumaterial (II. Teil) 1
 2. Der Glühverlust des gelben, grauen und blauen Trasses 56
-

Ortsverzeichnis

Alt-Hüttendorf S. 5, 28; Barmstedt-Hoffnung S. 39, 50; Berge S. 43; Berlin-Hamburg S. 15, 43, 50; Borntal S. 17; Chorin S. 45; Danzig S. 10; Danzig-Berent S. 34, 50; Danzig-Karthaus S. 37, 50; Halle-Nordhausen S. 17, 50; Hopfengarten-Mogilno S. 31, 50; Kelbra S. 23; Nettetal S. 56; Pinneberg S. 41; Posen-Rokietnice S. 46, 50; Schlehen S. 47; Spangenberg S. 5; Steintal (Kyffhäuser) S. 23.

Anmerkung: Die „Bautechnischen Gesteinsuntersuchungen“ sollen für die Folge in zwanglosen Heften zur Ausgabe gelangen, von denen jährlich 1—2 erscheinen werden.

Der Herausgeber

Untersuchungen an Kleinschlagdecken

behufs Gewinnung einer Grundlage für die Prüfung der natürlichen Gesteine auf ihre Verwendbarkeit als Straßenbaumaterial.

Von

J. Hirschwald und J. Brix.

II. Teil.

Bevor wir zu den Versuchsergebnissen übergehen, welche an den abgehobenen Straßendeckenproben gewonnen worden sind, sollen aus der Reihe der in Heft 1, 1912, S. 1—15 in Kürze mitgeteilten Untersuchungsmethoden diejenigen eingehender erörtert werden, welche zur Bestimmung der Abnutzungshärte und der Pressungsprodukte der Schottermaterialien dienen, da diese Methoden im Laufe der Voruntersuchung mancherlei Vervollkommnungen erfahren haben¹⁾.

VI. Bestimmung der Abnutzungshärte.

Aus Gründen, welche S. 10 a. a. O. dargelegt worden sind, wurde von der Verwendung der gebräuchlichen Maschinen mit horizontal rotierender Eisenscheibe und losem Schleifpulver Abstand genommen und statt derselben versuchsweise eine Vorrichtung der Prüfung unterzogen, an welcher die Schleifarbeit mittels vertikaler Schmirgel- bzw. Karborundumscheiben

bewirkt wurde. Die hierzu benutzte Maschine hatte folgende Einrichtung (s. Fig. 1):

An einer horizontal rotierenden Welle sitzen 2 Schleifscheiben von 60 cm Durchmesser und 5 cm Breite. Dieselben tauchen auf $\frac{1}{8}$ ihres Durchmessers in Wasser ein und sind von Schutzhüllen umgeben. Die Probesteine erhalten die Form rechtwinkliger Prismen von 4×5 cm Querschnitt und ca. 8 cm Länge. Dieselben werden in eiserne Rahmen eingepßt¹⁾ und alsdann in die an einem Hebel befindliche Hülse mittels zweier rechtwinklig angeordneter Druckschrauben eingespannt. Der Hebel wurde derartig belastet, daß der Probestein mit 0,5 kg pro qcm an die Schleifscheibe angeedrückt wird.

Der Antrieb geschieht durch einen Elektromotor; die Übersetzung ist so gewählt, daß die Schleifscheiben pro Minute 400 Umdrehungen machen. Die bei jedem Versuch erreichte Tourenzahl ist an einem Zählwerk ablesbar.

Ein Zeiger am Probenhalter, welcher mit einer elektrischen Glocke in Verbindung steht, läßt sich auf einen Maßstab mit verschiebbarem Kontakt so einstellen, daß Abschleifungen von annähernd 1 mm signalisiert werden, um auf diese Weise Zwischenmessungen zur Kontrolle der Schleifwirkung ausführen zu können.

Die Ausrüstung der Maschine geschah zunächst mit Schmirgelscheiben. Die Prüfung

¹⁾ Bei Ausführung der experimentellen Arbeiten sind die Herren: Prof. Dr. Tannhäuser, Chemiker Netthöfel und Cand. Schwarz tätig gewesen.

¹⁾ Die Gipsmasse wird durch einen Anstrich von Schellack gegen die Einwirkung des Schleifwassers geschützt.

weicherer Gesteine lieferte anfangs befriedigende Resultate; das Abschleifen fand ziemlich gleichmäßig, d. h. mit annähernd gleicher Tourenzahl pro mm statt und erst bei längerem Gebrauch der Scheiben stellte sich eine gewisse Glätte der Oberfläche ein, wodurch die Schleifleistung etwas verringert wurde. Wesentlich ungünstiger gestaltete sich das Resultat bei Prüfung harter und namentlich quarzitischer Gesteine. Dann wird nicht nur die Schleiffläche an der Gesteinsprobe, sondern auch die Oberfläche der Schleif-

Festigkeitsgrad derselben nicht durchweg gleichmäßig genug war, um bei einer derartigen Beanspruchung eine regelmäßige Abnutzung zu gewährleisten; die Scheiben zeigten alsbald an den mürberen Stellen mehr oder weniger beträchtliche Vertiefungen; die Probe blieb nicht mehr gleichmäßig schleifend auf der Scheibe liegen, sondern erhielt an der Grenze der Vertiefungen Stöße, welche weitere Unebenheiten der Schleifbahn bewirkten. Die Folge davon war, daß die Tourenzahl der Scheibe, welche

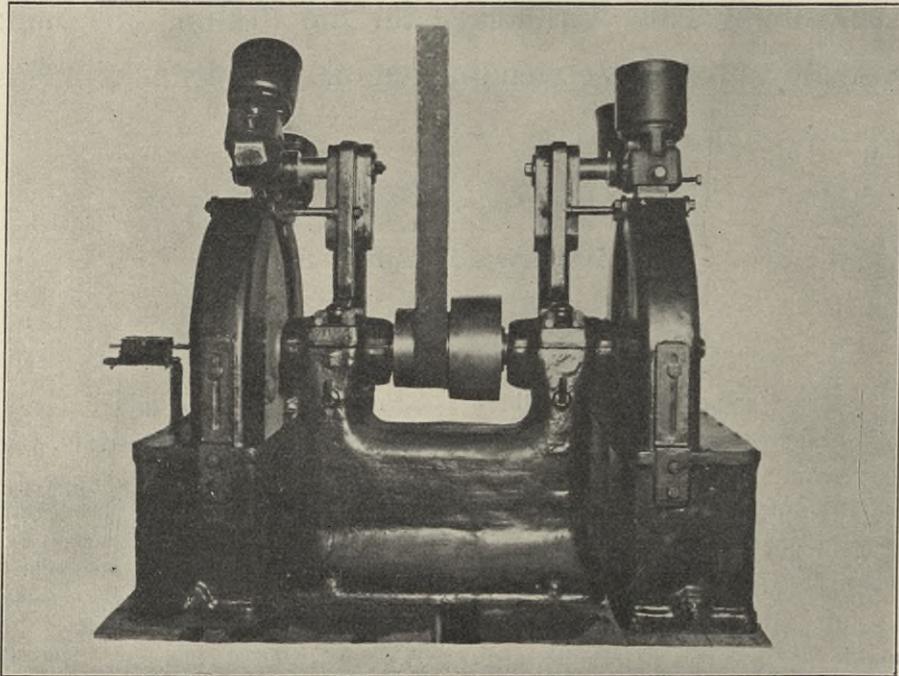


Fig. 1. Schleifmaschine zur Bestimmung der Abnutzungshärte

scheibe sehr bald glatt und glänzend, die Reibung wird erheblich vermindert und es bedarf alsdann mehr als der doppelten Umdrehungszahl der Schleifscheibe, um dasselbe Abnutzungsmaß wie am Anfang bei rauher Oberfläche der Scheibe zu erhalten.

Um diesem Mißstande zu begegnen, wurde ein „Aufreiber“, bestehend aus einer Anzahl drehbarer, gezackter Stahlrädchen, mittels Federdruck ständig an die Schleifscheiben angepreßt, wodurch es in der Tat gelang, die Oberfläche der Schleifbahn rau und wirksam zu erhalten. Dabei wurden die Scheiben aber nicht nur stark abgenutzt, sondern es ergab sich auch, daß der

zum Abschleifen gleicher Gesteinsstärken erforderlich war, sehr erhebliche Differenzen aufwies.

Weitere Versuche, welche mit einer Karborundumscheibe an Stelle der Schmirgelscheibe ausgeführt wurden, ergaben im wesentlichen ein gleiches Resultat. Auch die Karborundumscheibe wurde bei der Prüfung quarzitischer Gesteine alsbald glatt und glänzend und der Aufreiber verursachte auch hier Unebenheiten infolge der ungleichen Festigkeit des Materials in den einzelnen Teilen der Scheibe.

Somit mußte die Anwendung von Schmirgel- und Karborundumscheiben als ungeeignet be-

trachtet werden, um die Abnutzungshärte von Gesteinen in exakter Weise zahlenmäßig festzustellen.

Es blieb daher nichts anderes übrig, als zur Anwendung losen Schleifpulvers zurückzukehren und den Versuch zu machen, die bisherigen Unzulänglichkeiten der gebräuchlichen Schleifmaschinen durch geeignete Maßnahmen zu beseitigen. Es geschah das in folgender Weise:

Scheibe fallen. Am Kasten S ist eine Glasscheibe mit Teilung eingesetzt, um das regelmäßige Herausfallen des Pulvers kontrollieren und am Ende des Versuches feststellen zu können, ob die normale Menge an Schleifpulver verbraucht worden ist. Die ausgeführten Kontrollversuche haben ergeben, daß für 150 Umdrehungen regelmäßig 500 g Schleifpulver der Normalgröße Nr. 5 verbraucht waren.

Nun kommt es aber ferner darauf an, daß die Gesamtmenge des Pulvers auch tatsächlich unter die Schleiffläche der Gesteinsprobe gelangt. Um dies zu bewirken, ist an dem Rahmen des Hebels H, in welchen die Probe

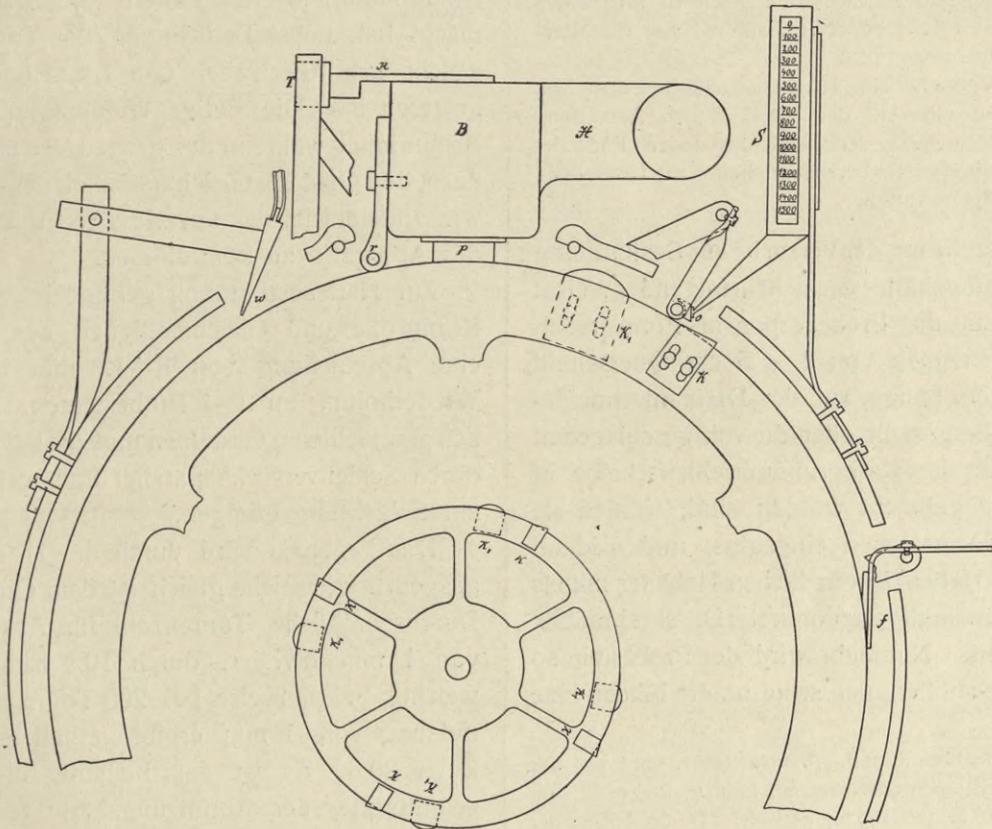


Fig. 2. Neue Apparatur an der Schleifmaschine

Die im Vorstehenden beschriebene Maschine (Fig. 1) wurde an Stelle der Schmirgelscheibe mit einer solchen aus Gußeisen von 6 cm Breite versehen, an welcher eine 5 cm breite Schleifbahn 5 mm tief ausgedreht war, so daß beiderseits ein Rand von 5 mm blieb, der das Schleifpulver und Spülwasser zusammenhalten sollte.

Zur Aufnahme des Schleifpulvers, als welches sogenannter „Stahlsand“ verwendet wurde, dient ein schmaler, unten winkelförmiger Blechkasten S (s. Fig. 2), dessen 4 cm breite Ausflußöffnung 1 mm weit ist. Dieselbe wird durch eine federnde Klappe verschlossen, welche bei Drehung der Scheibe durch 4 daran befestigte und durch Schrauben genau einstellbare Knaggen K geöffnet wird. Die Tourenzahl der Scheibe ist 30 pro Minute. In jeder Sekunde wird der Verschluß also zweimal geöffnet und zwar ist die Knagge K so eingestellt, daß jedesmal annähernd 0,45 g des Schleifpulvers auf die

eingespannt wird, eine Rolle r angebracht, die durch 4 an der anderen Seite der Scheibe befindliche Knaggen K₁ gehoben wird. Die Knaggen K₁ haben von den Knaggen K eine Entfernung von 8,3 cm, welche die rotierende Scheibe in 0,09 Sekunden zurücklegt, während das Schleifpulver nach seinem Herabfallen auf die Schleifscheibe von dieser in 0,11 Sekunden an die Probe gebracht wird. Der Probstein wird also kurz vor dem Moment gehoben, in welchem das Schleifpulver bis zu ihm herangelangt, so daß es vollständig zur Wirksamkeit kommen kann. Da die Scheibe eine Umdrehungsgeschwindigkeit von 2 Sekunden hat, so gelangt jede halbe Sekunde neues Schleifmaterial (ca. 0,45 g) unter den Probstein.

Die Belastung der Probe beträgt pro qcm der Schleiffläche 0,7 kg.

Um die Stöße aufzufangen, welche durch das Niederfallen des angehobenen Probekastens B entstehen, ist am

oberen Teil desselben eine verschiebbare Schiene h angebracht, welche gegen eine federnde Platte T drückt. Die Vorrichtung wird derartig reguliert, daß die Probe ohne namhaften Stoß auf die Schleifscheibe niedersinkt.

Bei w fließt aus einer 1 mm breiten und 4 cm langen Spalte Wasser unter Leitungsdruck auf die Scheibe, um das verbrauchte Schleifpulver abzuspielen und die Scheibe feucht zu erhalten; bei f wird ein starkes Filzstück mittels Hebelgewicht an die Scheibe gedrückt, um noch anhaftende Schleifkörner und überschüssiges Wasser zu entfernen, damit die untere Öffnung o des Kastens S stets trocken bleibt, weil andernfalls ein gleichmäßiges Ausfließen des trockenen Schleifpulvers nicht zu erzielen ist. Wie bereits bemerkt, wird als Schleifpulver Stahlsand von der Korngröße Nr. 5 verwendet¹⁾.

Da die Versuche eine ständige Kontrolle erheischen, so wurde nur eine mit der beschriebenen Ausrüstung versehene Eisenscheibe verwendet, das andere Ende der Welle aber mit einer Karborundumscheibe zur Herstellung von Probekörpern versehen.

Die Ausführung der Versuche zur Bestimmung der Abnutzungshärte geschieht in folgender Weise:

Nachdem die Probekörper in Form rechtwinkliger Prismen von 4×5 cm Querschnitt und ca. 8 cm Länge auf der Diamantschneidemaschine hergestellt oder die roh geschlagenen Stücke auf der Karborundumschleifscheibe in jene Form gebracht worden sind, werden sie in einen Eisenrahmen eingegipst und alsdann in den am Hebel H befindlichen Behälter mittels zweier rechtwinklig angeordneter Druckschrauben eingespannt. Nunmehr wird der Probestein so weit vorgeschliffen, daß seine untere Fläche eine

dem Scheibenumfang entsprechende Krümmung erhält. Man bestimmt alsdann die Höhe des aus dem Rahmen hervorragenden Teils des Probekörpers an einer bestimmten Marke mittels eines Fühlhebels, und nachdem dies geschehen, beginnt der eigentliche Versuch mit Ablesung der Einstellung am Tourenzähler. Nach jedemmaligem Verbrauch von 500 g Schleifpulver erfolgt die Ausmessung am Probestein und die Bestimmung, wieviel Touren die Scheibe gemacht hat, nebst Berechnung der Tourenzahl, welche zum Abschleifen von 1 mm erforderlich gewesen ist. Die stetige Wiederholung dieser Bestimmung während des ganzen Versuchs dient dazu, den Grad der Gleichmäßigkeit des Gesteins, wie andererseits das zuverlässige Funktionieren des Apparates zu kontrollieren.

Zur Härtebestimmung genügt je nach der Korngröße und Gleichmäßigkeit des Gesteins eine Abschleifung von 8—12 mm und eine Wiederholung an 2—5 Probesteinen. Bei deutlich geschichteten Gesteinen muß die Bestimmung durch Schleifversuche parallel und rechtwinklig zur Schichtung erfolgen.

Das Ergebnis wird durch die Härteziffer ausgedrückt, welche gleich ist dem Quotienten: Durchschnittliche Tourenzahl für Abschleifung von 1 mm dividiert durch 10. Ein Gestein, welches beispielweise bei 208 Touren eine Abnutzung von 1 mm ergibt, erhält somit die Ziffer 20,8. Es ist das beiläufig die Durchschnittsziffer der Abnutzungshärte für frische, mittelkörnige Granite.

Die mit dieser Schleifmaschine ausgeführten Kontrollversuche haben ein durchaus befriedigendes Resultat ergeben. Zur Charakterisierung des Genauigkeitsgrades mag das Ergebnis dienen, daß bei gleichartig struierten Gesteinen, z. B. bei einem feinkörnigen Quarzit, die Tourenzahl für 1 mm Abschleifungsstärke zwischen 79 und 81 schwankt. Aus diesen Grenzwerten berechneten sich die Härteziffer zu 7,9 und 8,1, der Mittelwert zu 8.

Von den nach diesem Verfahren ausgeführten Untersuchungen mögen als Beispiel für die Härtebestimmung folgende Resultate hier angeführt werden.

¹⁾ Der Stahlsand, sog. „Diamantstahl“, wird von der Firma Langensiepen & Bachmann, Leipzig-Plagwitz, zum Preise von 30 M. pro 100 kg geliefert. Da die Löcher der Siebe, welche zur Sortierung des Fabrikats benutzt werden, sich allmählich erweitern, so liefert die Fabrik unter derselben Nummernbezeichnung nicht immer völlig gleiche Korngrößen. Es ist daher bei der Bestellung anzugeben, daß der Stahlsand zu Härteprüfungen verwendet werden soll. Die Fabrik hat sich bereit erklärt, in diesem Falle für genaue Normalkörnung zu sorgen. Diese Körnung ist jedoch keine absolut gleichmäßige. Der s. Z. gelieferte Stahlsand enthielt etwa 85% von 0,3 mm Körnung und den Rest in Körnung von nahezu 1 mm. Es ist aber ohne weiteres klar, daß der Abstand der Probe von der Schleiffläche lediglich durch die groben Körner bedingt wird, und daß deshalb das feinere Material überhaupt nicht zur Wirkung gelangt. Will man also mit konstanten Schleifpulvermengen von gleicher Wirksamkeit arbeiten, dann ist es erforderlich, das Material durch ein Schüttelsieb von 0,4 mm Maschenweite gehen zu lassen und nur den durchgesiebten Stahlsand für den Schleifversuch zu verwenden.

1. Quarzit von Spangenberg. Das Gestein, welches aus der untersten Bank des Bruches entnommen ist, soll als Normalgestein zur Kontrolle der Schleifwirkung dienen.

Schleiffläche senkrecht zur Schichtung; Schleifrichtung desgleichen. Verwendeter Stahlsand Nr. 5; gröbere Körner abgesiebt. Schleiffläche 18,0 qcm; Belastung 12,6 kg, also 0,7 kg pro qcm.

Lfd. Nr.	Stahlsandverbrauch in g	Tourenzahl	Abnutzung in mm	Tourenzahl für 1 mm Abnutzung
1	500	150	1,90	79
2	500	150	1,85	81
3	500	150	1,90	79
4	500	150	1,90	79
5	500	150	1,85	81
				Mittel 79,8

Ziffer der Abnutzungshärte = 8.

2. Diorit (feinkörnig und gleichmäßig striuert); Findlingsmaterial von Alt-Hüttendorf i. d. Mark.

Verwendeter Stahlsand Nr. 5; gröbere Körner abgesiebt. Schleiffläche 18,0 qcm; Belastung 12,6 kg, also 0,7 kg pro qcm.

Lfd. Nr.	Stahlsandverbrauch in g	Tourenzahl	Abnutzung in mm	Tourenzahl für 1 mm Abnutzung
1	500	150	1,10	136
2	500	150	1,05	143
3	500	150	1,05	143
4	500	150	1,10	136
5	500	150	1,10	136
				Mittel 138,8

Ziffer der Abnutzungshärte = 14.

Die Abnutzung des Straßenmaterials wird aber nicht nur durch die schleifende Wirkung der Räder, sondern auch durch den Hufschlag der Lasttiere und durch den Radstoß bewirkt bzw. verstärkt.

Alle Mineralbestandteile der natürlichen Gesteine sind von mehr oder weniger spröder Beschaffenheit. Setzt man eine Körnerspitze auf eine Schliiff- oder Kristallfläche von Feldspat, Quarz, Hornblende, Augit usw. und führt mit einem leichten Hammer einen Schlag auf den Körner, so entstehen in der Mineralmasse kreuzweise Sprünge, welche, bei gleicher Härte

des Minerals, um so länger und tiefer sind, je spröder die Masse ist bzw. eine um so vollkommene Spaltbarkeit sie besitzt. Am leicht spaltbaren Feldspat ist die Wirkung am stärksten, an dem härtesten gesteinsbildenden Mineral, dem Quarz noch sehr beträchtlich und am geringsten bei Augit und Hornblende.

Eine gleichartige Wirkung muß auch der scharfe Stollen der Hufeisen hervorrufen, und es wird alsdann die von Spalten durchzogene Oberfläche des Gesteinsmaterials der Abschleifung einen geringeren Widerstand als in unverletztem Zustand entgegensetzen.

Um in dieser Hinsicht das Verhalten der Gesteine von verschiedenem Zähigkeitsgrade zahlenmäßig zu bestimmen, ist der folgende Vergleichsversuch ausgeführt worden.

Dieselben Proben, an welchen die Abnutzungshärte nach der vorstehend beschriebenen Methode bestimmt worden ist, werden auf der Schleiffläche mit kreuzweisen Meißelschlägen versehen und zwar unter Benutzung eines Schlagapparates, welcher in seiner Konstruktion dem Böhmeschen Hammerapparat entspricht (s. Fig. 3). Auf einen Stahlmeißel (Feilenhärte) von 1 cm Breite, dessen Schneide einen Winkel von 45° bildet, wirkt ein Hebelhammer mit einer Schlagkraft von 4,4 kg.

Die Meißelschläge werden in 3 einander parallelen Reihen und zwar mit rechtwinkliger Wiederholung (s. Fig. 4) so ausgeführt, daß die Entfernung der einzelnen Schläge 2 mm beträgt¹⁾.

Nunmehr wird der Probestein wieder in die Schleifmaschine eingespannt und eine Schicht von solcher Stärke abgeschliffen, daß die Meißelschläge nur noch in Spuren bemerkbar sind. Alsdann wird die Schleiffläche aufs neue in der erstgedachten Weise mit Meißelschlägen versehen, und es erfolgt wiederum die Abschleifung der eingekerbten Schicht usf. in 5—10facher Wiederholung je nach der Korngröße und dem Gleichmäßigkeitsgrade des Gesteins.

¹⁾ Da bei Anwendung von vier Reihen mitunter ein Abspalten am Rande der Proben stattfand, so wurde die Meißelung auf drei Reihen eingeschränkt.

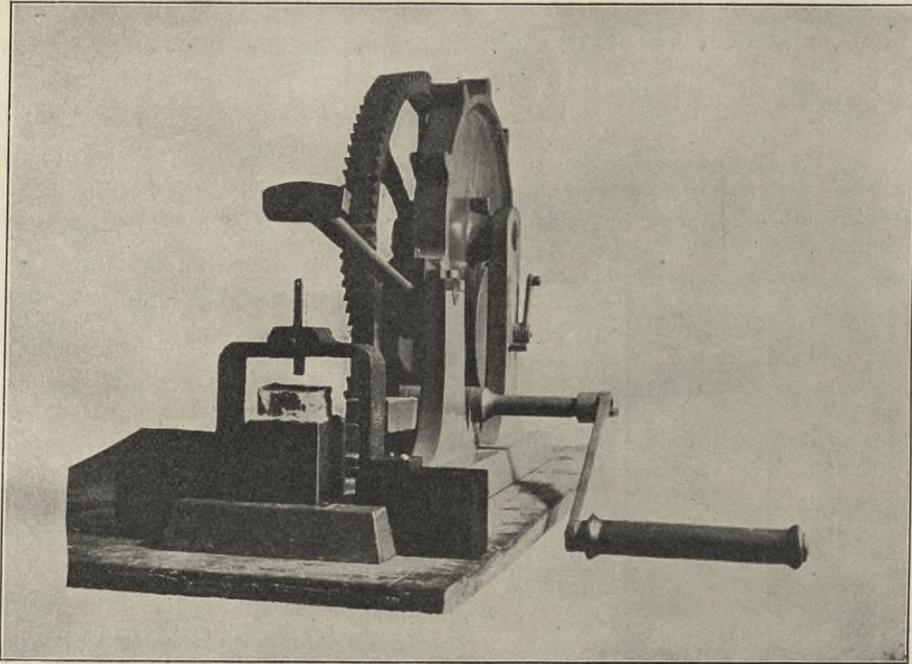


Fig. 3. Hammerapparat zur Meißelung der Proben

Die Durchschnittstourenzahl, welche zur Abschleifung von 1 mm erforderlich war, dividiert durch 10 ergibt die Ziffer für die kombinierte Schlag- und Abnutzungshärte.

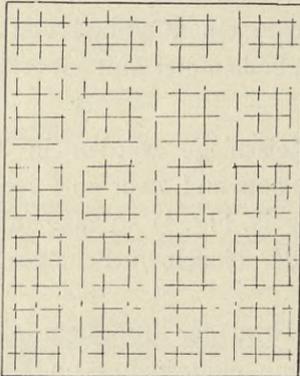


Fig. 4

Angenommen, es sei die Abnutzungshärte $h = 18$, die kombinierte Schlag- und Abnutzungshärte $h_s = 9$, so wird der Einfluß der Schlagwirkung auf die Abnutzung ausgedrückt werden durch den Reduktionskoeffizienten

$$r = \frac{h_s}{h} = \frac{9}{18} = 0,5$$

d. h., es ist in dem vorliegenden Beispiel die Abnutzungshärte durch die Meißelschläge auf $\frac{1}{2}$ des ursprünglichen Wertes zurückgegangen.

Folgende Beispiele geben einen Anhalt für die Beurteilung der Schlagwirkung an spröden und zähen Gesteinen:

1. Quarzit von Spangenberg. Abschleifung der gemeißelten Proben.

Die Messung erfolgte nach je 10 Touren = 33,3 g Stahlsandverbrauch. Nach 20 Touren waren die Meißelschläge bis auf Spuren verschwunden und wurden wieder erneuert. Schleiffläche 18,0 qcm; Belastung 12,6 kg.

Lfd. Nr.	Stahlsandverbrauch in g	Tourenzahl	Abnutzung in mm	Tourenzahl für 1 mm Abnutzung
1	33,3	10	0,30	40
2	33,3	10	0,20	
3	33,3	10	0,30	40
4	33,3	10	0,20	
5	33,3	10	0,25	44
6	33,3	10	0,20	
7	33,3	10	0,30	40
8	33,3	10	0,20	
9	33,3	10	0,35	40
10	33,3	10	0,15	
				Mittel 40,8

Ziffer der kombinierten Schlag- und Abnutzungshärte = 4. $r = \frac{4}{8} = 0,5$.

Anmerkung. Die Zusammenstellung läßt erkennen, um wie viel größer die Abnutzung innerhalb der ersten 10 Touren nach der jedesmaligen Meißelung ist, als bei der folgenden gleichen Tourenzahl.

2. Diorit, Findlingsmaterial von Alt-Hüttendorf i. d. Mark. Abschleifung der gemeißelten Proben.

Ausführung wie oben. Schleiffläche 18,0 qcm; Belastung 12,6 kg.

Lfd. Nr.	Stahlsandverbrauch in g	Tourenzahl	Abnutzung in mm	Tourenzahl für 1 mm Abnutzung
1	100	30	0,25	120
2	100	30	0,25	
3	100	30	0,25	
4	100	30	0,25	
5	100	30	0,25	120
6	100	30	0,25	
7	100	30	0,30	109
8	100	30	0,25	
9	100	30	0,30	109
10	100	30	0,25	
				Mittel 115,6

Ziffer der kombinierten Schlag- und Abnutzungshärte = 12. $r = \frac{12}{14} = 0,86$.

Anmerkung. Bei zähen Augit- und Hornblende-gesteinen ist die Wirkung der Meißelschläge auf die Abnutzung im allgemeinen gering.

Die Schleifmaschine gewährt aber auch die Möglichkeit, die Stoßwirkung der Räder nach-zuzahlen und deren Einfluß zu bestimmen.

Zu diesem Zweck wird die Hemmvorrichtung T (s. Fig. 2) ausgeschaltet und die Knaggen K₁ so hoch eingestellt, wie es der beabsichtigten Fallhöhe der belasteten Probe entspricht. Als zweckmäßig hat sich eine Einstellung von 4 mm ergeben, wodurch, infolge der Stoßwirkung, eine Sprunghöhe der belasteten Probe von 7—8 mm erreicht wird.

Die Stoß-Schleifversuche wurden zuerst mit ungemeißelten Proben (1 und 2) ausgeführt und dann mit gemeißelten Proben (3 und 4) wiederholt.

1. Quarzit von Spangenberg. Stoß-Schleifversuch mit ungemeißelter Probe.

Schleiffläche 18,0 qcm. Belastung 12,6 kg; Hubhöhe 7—8 mm.

Lfd. Nr.	Stahlsandverbrauch in g	Tourenzahl	Abnutzung in mm	Tourenzahl für 1 mm Abnutzung
1	500	125	2,10	60
2	500	125	2,05	61
3	500	125	2,10	60
4	500	125	2,10	60
				Mittel 60,25

Ziffer der kombinierten Stoß- und Abnutzungs-härte = 6. $r = \frac{6}{8} = 0,75$.

Anmerkung. Bei dem spröden Gestein ist der Einfluß der Stoßwirkung geringer als der der Meißelung.

2. Diorit, Findlingsmaterial von Alt-Hüttendorf i. d. Mark. Stoß-Schleifversuch mit ungemeißelter Probe.

Schleiffläche 18,0 qcm. Belastung 12,6 kg; Hubhöhe 7—8 mm.

Lfd. Nr.	Stahlsandverbrauch in g	Tourenzahl	Abnutzung in mm	Tourenzahl für 1 mm Abnutzung
1	500	125	1,20	104
2	500	125	1,25	100
3	500	125	1,20	104
4	500	125	1,20	104
				Mittel 103

Ziffer der kombinierten Stoß- und Abnutzungs-härte = 10. $r = \frac{10}{14} = 0,71$.

Anmerkung. Bei dem zähen Gestein ist der Einfluß der Stoßwirkung größer als der der Meißelung.

3. Quarzit von Spangenberg. Stoß-Schleifversuch mit gemeißelter Probe.

Schleiffläche 18,0 qcm; Belastung 12,6 kg; Meißelung wie S. 5; Hubhöhe 7—8 mm.

Lfd. Nr.	Stahlsandverbrauch in g	Tourenzahl	Abnutzung in mm	Tourenzahl für 1 mm Abnutzung
1	50	15	0,60	25
2	50	15	0,50	30
3	50	15	0,55	27
4	50	15	0,50	30
				Mittel 28,5

Ziffer der kombinierten Schlag-, Stoß- und Abnutzungshärte = 3. $r = \frac{3}{8} = 0,38$.

4. Diorit, Findlingsmaterial von Alt-Hüttendorf i. d. Mark. Stoß-Schleifversuch mit gemeißelter Probe.

Schleiffläche 18,0 qcm; Belastung 12,6 kg; Meißelung wie S. 5; Hubhöhe 7—8 mm.

Lfd. Nr.	Stahlsand- verbrauch in g	Touren- zahl	Abnutzung in mm	Tourenzahl für 1 mm Abnutzung
1	50	15	0,20	75
2	50	15	0,20	
3	50	15	0,20	85
4	50	15	0,15	
5	50	15	0,20	85
6	50	15	0,15	
7	50	15	0,25	85
8	50	15	0,10	
				Mittel 82,5

Ziffer der kombinierten Schlag-, Stoß- und Abnutzungshärte = 8. $r = \frac{8}{14} = 0,57$.

Zusammenstellung der Resultate:

	Schleif- härte	Schlag- schleif- härte	Stoß- schleif- härte	Schlag- u. Stoß- schleif- härte	Reduk- tions- koeffi- zient
Quarzit von Spangenberg	8	4	6	3	$\frac{3}{8} = 0,38$
Dioritfindling von Alt-Hüttendorf	14	12	10	8	$\frac{8}{14} = 0,57$.

Für die praktische Untersuchung des Straßenbaumaterials wird es genügen, neben der Schleifhärte die kombinierte Schlag-, Stoß- und Abnutzungshärte festzustellen, und es sollen hierfür die Bezeichnungen: Abnutzungshärte h und kombinierte Abnutzungshärte h_0 gebraucht werden.

VII. Pressungsversuche mit Schottermaterialien.

Zu den wichtigsten Eigenschaften der Gesteinsmaterialien für Kleinschlagdecken gehören ihre Druck-, Bruch- und Scherfestigkeit, sowie ihre Tenazität, d. h. der Grad ihrer Sprödigkeit bzw. Zähigkeit. Von diesen Eigenschaften hängt es ab, ob das Schottermaterial beim Einwalzen denjenigen Prozentsatz an günstig gestalteten Zerkleinerungsprodukten liefert, welcher für eine möglichst feste und dichte Verkeilung erforderlich ist. In gleicher Weise aber üben jene Eigenschaften auch einen hervorragenden Einfluß auf die Dauerhaftigkeit der Straßendecke aus, deren Beanspruchung durch den Fuhrwerksverkehr, abgesehen von der Ober-

flächenabnutzung, ganz ähnlicher Art ist wie beim Walzvorgang, nämlich auf der stellenweisen Zusammendrückung des Schottermaterials durch den Raddruck beruht.

Nun lassen sich zwar die verschiedenen Festigkeitsmodalitäten sowie die Tenazitätsgrade der Gesteine experimentell feststellen; aber abgesehen davon, daß diese Bestimmungen infolge der erforderlichen großen Anzahl würfelförmig und prismatisch geschnittener Probesteine sehr mühsam sind, ist mit Gewinnung der Einzelwerte die Qualität des Schottermaterials noch nicht festgestellt, da dieselbe wesentlich von der Wechselwirkung der Gesteinseigenschaften abhängt. Auf theoretischem Wege läßt sich aber weder diese Wechselwirkung bestimmen, noch viel weniger ein Anhalt dafür gewinnen, welchen Widerstand der aus dem betreffenden Material hergestellte Kleinschlag dem Zusammenpressen durch Walzendruck wie durch Raddruck entgegengesetzt wird, bzw. welcher Art die hierbei entstehenden Zerkleinerungsprodukte sein werden.

Es erscheint daher vom praktischen Standpunkt aus zweckmäßig, die bisher üblichen Versuche zur Bestimmung der Festigkeitsmodalitäten und Tenazitätsgrade durch einen einheitlichen Preßversuch zu ersetzen, der so zu gestalten ist, daß dabei die beim Einwalzen auftretenden Beanspruchungen ebenfalls zur Geltung gelangen.

Bei Ausführung der bezüglichen Versuche bedienen wir uns der bereits im I. Teil dieser Arbeit (S. 14, Heft 1, 1912) erwähnten Maschine, bestehend aus einer 50 t-Pressen und einem starken gußeisernen Preßkasten von 30×30 cm lichter Weite und 20 cm lichter Höhe zur Aufnahme des zu prüfenden Kleinschlags (s. Fig. 5).

Die damit ausgeführten Vorversuche haben zu einigen Änderungen gegenüber dem ursprünglich beabsichtigten Verfahren (s. a. a. O.) geführt, welche namentlich darauf hinwirken sollen, ein seitliches Ausweichen des zusammengepreßten Kleinschlags zu ermöglichen und andererseits auch eine seitliche Druckwirkung, wie sie beim Einwalzen stattfindet, zu erzielen.

Demgemäß wurden in den Preßkasten 4 Stahlbleche von 3 mm Stärke senkrecht eingesetzt, welche mittels schwacher Federn zunächst in einem Abstand von je 8 mm von den Seitenwandungen gehalten werden. Auf dem Boden des Kastens liegt eine starke eiserne Platte *a* lose auf, welche unten eine zylindrische Wölbung hat, so daß sie in der Mitte 3 cm, an den Rändern 2 cm stark ist (s. Fig. 6).

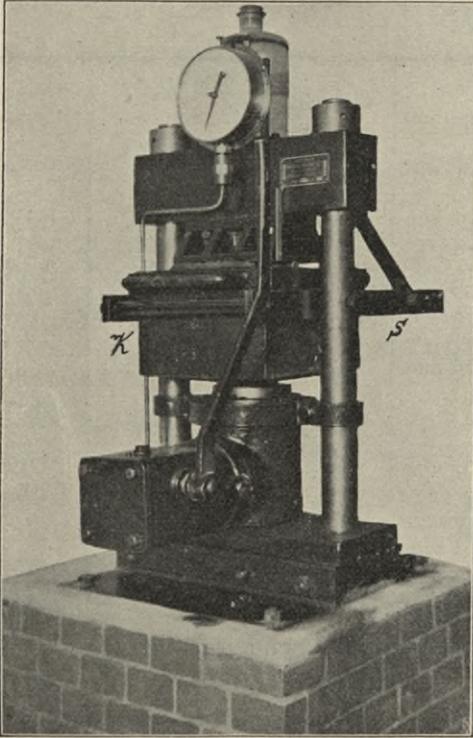


Fig. 5. 50 t-Pressen zur Prüfung von Kleinschlag

Um die Verschiebung des Kleinschlags, wie sie durch die sich fortbewegende Walze hervorgerufen wird, nachzuahmen, wird stetig abwechselnd mit der Vertikalpressung eine seitliche Pressung durch Einschaltung eines 8 mm starken Stahlstabes *s* am Rande zwischen der oberen Preßplatte *p* und dem Widerlager *w* ausgeführt.

Der Druck wurde zunächst nach dem der größeren Straßenwalzen bemessen. Derselbe beträgt bei einem Walzengewicht von 30 t und einer Berührungsfläche von 10 cm Breite 15 kg pro qcm; in dem Maße, wie die Decke fester eingewalzt wird, vermindert sich die Berührungsfläche und wenn dieselbe bis auf 5 cm hinab-

gegangen ist, wächst der Druck auf 30 kg pro qcm.

Auch diese stetige Zunahme des Walzendrucks wurde bei den Preßversuchen berücksichtigt, und es gelangten dieselben nach folgendem Schema zur Ausführung:

Pressung 1 mit vertikalem Druck von 13500 kg
= 15 kg pro qcm,

- „ 2 „ gleichem seitlichen Druck,
- „ 3 „ vertikalem Druck von 14000 kg,
- „ 4 „ gleichem seitlichen Druck,
- „ 5 „ vertikalem Druck von 14500 kg

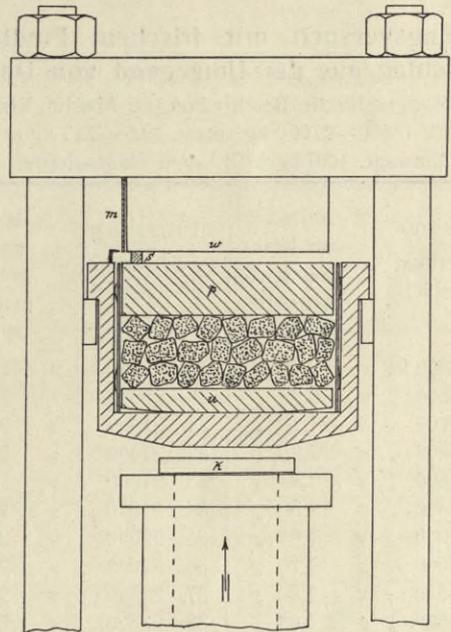


Fig. 6. Einrichtung der 50 t-Pressen für Untersuchung von Kleinschlag

usw. mit gesteigertem Druck so lange fortgesetzt, bis ein Druck von 27500 kg = 30 kg pro qcm erreicht ist, und mit diesem Druck wird die Pressung abwechselnd vertikal und seitlich wiederholt, bis an dem angebrachten Maßstab *m* eine weitere Zusammendrückung bei 10 maliger Pressung nicht mehr stattfindet.

Hierauf wird, wie bereits früher angegeben wurde (s. I. Teil), aus einer graduierten Flasche so lange Wasser dem Preßkasten zugeführt, bis der Kleinschlag vollständig bedeckt ist. Das Grammgewicht des verbrauchten Wassers abzüglich der Gesteinsaufsugung ist gleich der Summe der Hohlräume in ccm.

Man erhält hierdurch einen Maßstab für die mehr oder weniger vollkommene Zusammenpressung, welche die verschiedenen Gesteinsarten je nach ihrer Festigkeit und Sprödigkeit unter gleichem Druck erfahren haben. Das zusammengepreßte Material wird nunmehr in gleicher Weise separiert, wie dies bei Behandlung der Straßendeckenproben angegeben wurde (s. I. Teil, S. 4); die einzelnen Korngruppen werden ausgewogen und auf Prozente des Gesamtgewichts berechnet. Als Beispiel für die Ergebnisse solcher Pressungsversuche mag das folgende Prüfungsresultat dienen.

Pressungsversuch mit frischem Findlingskleinschlag aus der Umgegend von Danzig.

(Petrographische Beschreibung s. Abschn. XI).

Preßdruck 13500—27000 kg entspr. 10,6—32,7 kg pro qcm.
Einwage 10,6 kg in 3 Lagen eingeschüttet.

Pressung v = vertikal s = seitlich	Ablesung am Kom- pressions- maßstab ¹⁾	Pressung v = vertikal s = seitlich	Ablesung am Kom- pressions- maßstab ¹⁾
1. 13500 kg v	0,60 cm	29. 20500 kg v	2,67 cm
2. 13500 " s	0,85 "	30. 20500 " s	2,70 "
3. 14000 " v	1,10 "	31. 21000 " v	2,74 "
4. 14000 " s	1,25 "	32. 21000 " s	2,75 "
5. 14500 " v	1,43 "	33. 21500 " v	2,76 "
6. 14500 " s	1,50 "	34. 21500 " s	2,78 "
7. 15000 " v	1,64 "	35. 22000 " v	2,79 "
8. 15000 " s	1,70 "	36. 22000 " s	2,80 "
9. 15500 " v	1,80 "	37. 22500 " v	2,81 "
10. 15500 " s	1,88 "	38. 22500 " s	2,83 "
11. 16000 " v	1,95 "	39. 23000 " v	2,84 "
12. 16000 " s	1,99 "	40. 23000 " s	2,86 "
13. 16500 " v	2,03 "	41. 23500 " v	2,87 "
14. 16500 " s	2,09 "	42. 23500 " s	2,89 "
15. 17000 " v	2,12 "	43. 24000 " v	2,91 "
16. 17000 " s	2,15 "	44. 24000 " s	2,91 "
17. 17500 " v	2,19 "	45. 24500 " v	2,92 "
18. 17500 " s	2,23 "	46. 24500 " s	2,92 "
19. 18000 " v	2,27 "	47. 25000 " v	2,93 "
20. 18000 " s	2,30 "	48. 25000 " s	2,94 "
21. 18500 " v	2,32 "	49. 25500 " v	2,95 "
22. 18500 " s	2,38 "	50. 25500 " s	2,95 "
23. 19000 " v	2,41 "	51. 26000 " v	2,96 "
24. 19000 " s	2,46 "	52. 26000 " s	2,96 "
25. 19500 " v	2,50 "	53. 26500 " v	2,96 "
26. 19500 " s	2,54 "	54. 26500 " s	2,97 "
27. 20000 " v	2,59 "	55. 27000 " v	2,97 "
28. 20000 " s	2,63 "		

bis 65 v u. s.

¹⁾ Die Differenzen der Ablesungen am Maßstab ergeben die Zusammendrückung des Kleinschlags bei den einzelnen Pressungen.

Es haben demnach 54 Pressungen eine Zusammendrückung der Kleinschlagprobe von 2,97—0,60 = 2,37 cm zur Folge gehabt.

Durch Wasserauffüllung wurde das Gesamtvolumen der Hohlräume zu dem Volumen des zusammengepreßten Kleinschlags zu 25,02 % bestimmt.

Die Separation des Preßproduktes ergab folgende Korngruppen als Gesamtergebnis aus 3 Preßversuchen mit zusammen 31,8 kg Kleinschlag:

Korngröße ¹⁾	Gewichtsmenge	Auf % der Gesamtmasse berechnet	Gruppen
5·5·4 cm	13,82 kg	43,19 %	I 58,51 %
4·4·3 "	3,90 "	15,32 "	
20—30 mm	5,64 kg	17,62 %	II 26,29 %
10—20 "	2,77 "	8,67 "	
5—10 mm	2,22 kg	6,95 %	III 8,90 %
4—5 "	0,25 "	0,77 "	
3—4 "	0,38 "	1,18 "	
2—3 mm	0,49 kg	1,54 %	IV 2,93 %
1—2 "	0,45 "	1,39 "	
unter 1 mm	1,08 kg	3,37 %	V 3,37 %

In den nachfolgenden Abbildungen (Fig. 7a bis d) sind die Separationsprodukte in Abteilungen, deren Größe dem Raumgewichtsverhältnis der einzelnen Korngruppen entspricht, zusammengestellt. Vor dem Einpressen ist der Kleinschlag wenige Sekunden in eine alkoholische Lösung von Indulin gelegt und dadurch blau gefärbt worden. Es geschieht dies bei allen Preßversuchen und zwar zu dem Zweck, um die Formveränderungen des Materials sicherer feststellen zu können, namentlich, welche Ecken und Kanten des größeren Materials ab-

¹⁾ Die Angabe: Korngröße a—b mm bezieht sich auf den Rückstand eines Siebes der Lochweite a und eines Materials, welches bereits durch ein Sieb der größeren Lochweite b gegangen ist. Zu bemerken ist hierbei, daß in praxi Siebe einer bestimmten Lochweite nur einen Teil der Körnchen von gleichem mittlerem Durchmesser passieren lassen, den Rest also zurückbehalten. Es erklärt sich hieraus die Wiederholung der gleichen Millimeterzahl in den aufeinanderfolgenden Gruppen.

geschert bzw. ob einzelne Steine mitten durchgebrochen sind, und endlich, bis zu welchem Grade das feinere Material von der Abscherung der Kanten und Ecken oder von der vollkommenen Zerdrückung einzelner größerer Stücke herrührt. Die ungefärbten frischen Bruchflächen unterscheiden sich dann sehr deutlich von der gefärbten ursprünglichen Oberfläche der Gesteinsstücke, eine Unterscheidung, welche auch in den Photogrammen ziemlich deutlich durch die helleren und dunkleren Stellen an den einzelnen Körnern hervortritt.

In dem Material der Gruppe I (5×5×4 cm und 4×4×3 cm) haben wir den bis auf geringe Abscherung an Ecken und Kanten unveränderten Kleinschlag;

Gruppe II (30—20 und 20—10 mm) enthält im wesentlichen das durch Pressung gebildete gröbere Zerkleinerungsmaterial, meist entstanden durch 1—2maligen Bruch der größeren Gesteinsstücke;

Gruppe III (10—5, 5—4 und 4—3 mm) zeigt den durch Abscherung an Kanten und Ecken der größeren Steine, sowie durch Zusammen-drückung der kleineren bzw. dünneren Stücke gebildeten Splitt;

Gruppe IV (3—2 und 2—1 mm) enthält das grus- bis sandförmige Zerkleinerungsmaterial und

Gruppe V (unter 1 mm) das gröbere und feinere Gesteinsmehl.

Um festzustellen, in welcher Weise sich das Mengenverhältnis der Pressungsprodukte mit der Größe des angewandten Druckes verändert, wurden zahlreiche Versuche ausgeführt, welche das interessante Resultat ergaben, daß mit der Zunahme des Druckes bis zu einem bestimmten Grenzwert der Prozentgehalt an zerkleinertem Material stetig zunimmt, daß aber bei weiterer Steigerung des Druckes eine erhebliche Vermehrung des Zerkleinerungsmaterials nicht mehr stattfindet.

Zum Vergleich mit den bei 13500—27500 kg erhaltenen Pressungsergebnissen des Findlings-kleinschlags aus der Umgegend von Danzig mögen hier die Versuchsergebnisse angeführt werden, welche mit demselben Material bei einem Druck von 10—20000 kg erhalten wurden.

Pressungsversuch mit frischem Findlings-kleinschlag aus der Umgegend von Danzig.

(Identisches Material, wie es zu dem Versuch S. 10 verwendet wurde).

Preßdruck: 10000—20000 kg entsprechend 11,9—23,8 kg pro qcm; Einwage 11,0 kg in 3 Lagen eingeschüttet.

Pressung v = vertikal s = seitlich	Ablesung am Kom- pressions- maßstab ¹⁾	Pressung v = vertikal s = seitlich	Ablesung am Kom- pressions- maßstab ¹⁾
1. 10000 kg v	0,50 cm	24. 15500 kg s	2,25 cm
2. 10000 " s	0,90 "	25. 16000 " v	2,28 "
3. 10500 " v	1,20 "	26. 16000 " s	2,30 "
4. 10500 " s	1,30 "	27. 16500 " v	2,32 "
5. 11000 " v	1,43 "	28. 16500 " s	2,34 "
6. 11000 " s	1,51 "	29. 17000 " v	2,37 "
7. 11500 " v	1,60 "	30. 17000 " s	2,40 "
8. 11500 " s	1,69 "	31. 17500 " v	2,42 "
9. 12000 " v	1,70 "	32. 17500 " s	2,47 "
10. 12000 " s	1,77 "	33. 18000 " v	2,50 "
11. 12500 " v	1,80 "	34. 18000 " s	2,51 "
12. 12500 " s	1,85 "	35. 18500 " v	2,54 "
13. 13000 " v	1,90 "	36. 18500 " s	2,56 "
14. 13000 " s	1,93 "	37. 19000 " v	2,58 "
15. 13500 " v	1,97 "	38. 19000 " s	2,60 "
16. 13500 " s	2,00 "	39. 19500 " v	2,61 "
17. 14000 " v	2,04 "	40. 19500 " s	2,63 "
18. 14000 " s	2,08 "	41. 20000 " v	2,66 "
19. 14500 " v	2,10 "	42. 20000 " s	2,67 "
20. 14500 " s	2,12 "	43. 20000 " v	2,69 "
21. 15000 " v	2,16 "	44. 20000 " s	2,69 "
22. 15000 " s	2,19 "	45/46. 20000, v u. s	2,70 "
23. 15500 " v	2,21 "		

Es haben demnach 45 Pressungen eine Zusammendrückung der Kleinschlagprobe von 2,70—0,50 = 2,20 cm zur Folge gehabt.

Durch Wasserfüllung wurde das Gesamtvolumen der Hohlräume zu dem Volumen des zusammengepreßten Kleinschlags zu

28,88% bestimmt.

Die Separation des Preßproduktes ergab folgende Korngruppen als Gesamtergebnis aus 3 Pressungen mit zusammen 31,8 kg Kleinschlag.

¹⁾ Die Differenzen der Ablesungen am Maßstab ergeben die Zusammendrückung des Kleinschlags bei den einzelnen Pressungen.

Separationsprodukte des mit 10,6 bis 32,7 kg pro qcm gepreßten Kleinschlags.

Material: Findlinge der Umgegend von Danzig.

Größe 5•5•4 cm = 43,19 %

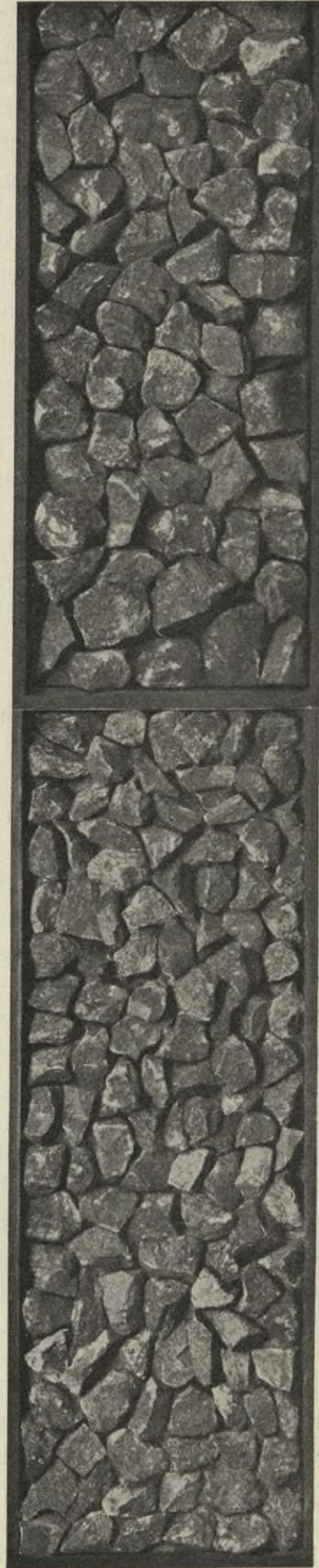


Gruppe I = 58,51 %

Fig. 7 a

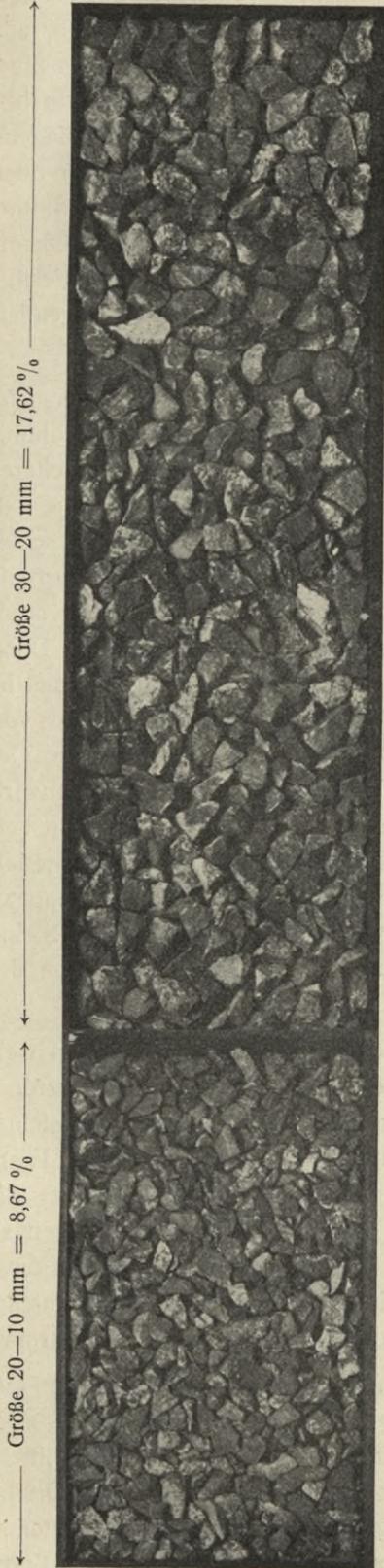
Größe 4•4•3 cm = 15,32 %

Fortsetzung 5•5•4 cm



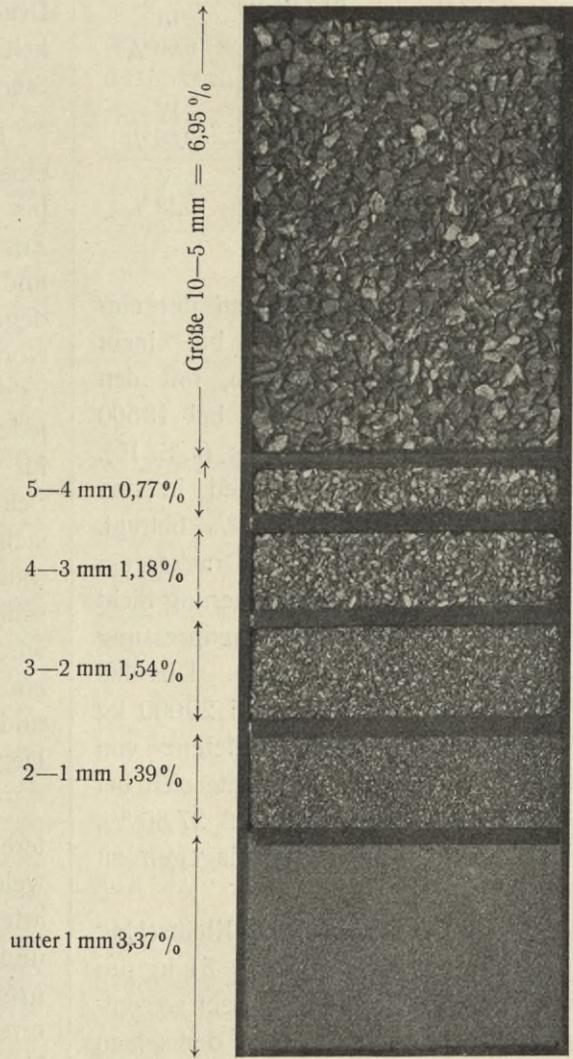
Fortsetzung von Gruppe I

Fig. 7 b



Gruppe II = 26,29%

Fig. 7c



Gruppe III = 8,90%

← Gruppe V = 3,37% → ← Gruppe IV = 2,93% → ←

Fig. 7d.

Korngröße	Gewichtsmenge	Auf % der Gesamtmasse berechnet	Gruppen
5 · 5 · 4 cm	24,20 %	41,05 %	I 59,37 %
5 · 4 · 4 "	16,85 "	16,85 "	
4 · 4 · 3 "	18,32 "	18,32 "	
20—30 mm	17,54 %	17,54 %	II 25,75 %
10—20 "	8,21 "	8,21 "	
5—10 mm	6,92 %	6,92 %	III 8,90 %
4—5 "	0,86 "	0,86 "	
3—4 "	1,12 "	1,12 "	
2—3 mm	1,39 %	1,39 %	IV 2,86 %
1—2 "	1,47 "	1,47 "	
unter 1 mm	3,12 %	3,12 %	V 3,12 %

Vergleicht man die Prozentzahlen der einzelnen Gruppen, wie sie sich hier bei einem Druck von 10—20000 kg ergeben, mit den Prozentzahlen des vorhergehenden bei 13500 bis 27500 kg ausgeführten Versuchs (s. S. 10), so sieht man, daß der Unterschied in den einzelnen Gruppen 0,03 bis 2,14 % beträgt. Es hat also trotz des gesteigerten Druckes ein namhaftes Fortschreiten der Zerkleinerung nicht stattgefunden, und auch die Zusammenpressung ist nicht erheblich größer geworden. Dieselbe betrug bei 27000 kg 2,37 cm, bei 20000 kg 2,20 cm, entsprechend einer Differenz von 0,17 cm. Der Porenhalt berechnete sich bei einem Druck von 27000 kg zu 27,86 %, bei einem Druck von 20000 kg dagegen zu 28,88 %.

Versuche, welche mit anderem Kleinschlag bei einem Druck von 42900 kg (= 51 kg pro qcm) ausgeführt wurden, ergaben kein wesentlich anderes Resultat, als die an demselben Material mit 28600 kg (= 34 kg pro qcm) bewirkten Pressungen.

Es läßt sich hierfür folgende Erklärung geben:

Solange das Material locker auf- und nebeneinander liegt, berühren sich die Steinstücke zum größten Teil derartig, daß dieselben mit Ecken und Kanten gegen Flächen lagern. Beim Zusammenpressen wird das Material da-

her vorherrschend auf Abscherung oder, wo hohl liegende Steinstücke von Ecken und Kanten der darüber liegenden gedrückt werden, auf Bruchfestigkeit in Anspruch genommen. Sind die stützenden Ecken und Kanten bis zum beträchtlichen Grade abgeschert und die hohl liegenden Steine zerbrochen, so tritt eine mehr oder weniger vollkommene Flächenlagerung ein, und nun würde es eines etwa 10 mal größeren Druckes bedürfen, um die rückwirkende Festigkeit der mit den Flächen aneinander liegenden Steinstücke zu überwinden.

Es stellt sich also während des Versuchs eine bestimmte Druckgröße ein, deren Erhöhung bis zu einem beträchtlichen Grade ein weiteres Zusammenpressen nicht mehr zur Folge hat, und diese Druckgröße, welche für die verschiedenen Gesteinsarten verschieden ist, darf als Norm für den in praxi anzuwendenden äquivalenten Walzendruck betrachtet werden. Denn jede Steigerung über diesen Druck hinaus ist für die Festigkeitsvermehrung des Gefüges von Schotterdecken aus gutem, gleichmäßigen Gesteinsmaterial unerheblich und deshalb unwirtschaftlich. Bei gemischtem Material von verschiedener Festigkeit (z. B. Findlingsmaterial) wird aber eine übermäßige Drucksteigerung zu einer Zermalmung der weniger festen Steine und damit zu einem fehlerhaften Gefüge der Decke führen.

Durch systematische Versuche soll im weiteren Verlauf dieser Arbeit festgestellt werden, welcher Druck für die verschiedenen Gesteinsarten erforderlich ist, um bei günstiger Form und Menge der Zerkleinerungsprodukte die größtmögliche Dichtigkeit der Verkeilungen zu erreichen und ferner, welchen Einfluß auf diese Verhältnisse die Größe, Form und Gleichmäßigkeit des Schottermaterials auszuüben vermag.

Die Anwendbarkeit der experimentellen Gesteinspressungs-Methode ist hiermit aber noch nicht erschöpft, vielmehr bilden die damit zu erzielenden Resultate eine wesentliche Grundlage für die Qualitätsbestimmung des Materials alter Straßendecken. Denn um aus den Separationsprodukten derselben feststellen zu können,

welche Veränderungen der Kleinschlag im Laufe der Zeit durch die Wirkungen des Fuhrwerksverkehrs, sowie durch Verwitterung erlitten hat, ist es erforderlich, das Mengenverhältnis der Korngruppen zu kennen, welches beim Einwalzen der Straßendecke entstanden ist. Aus der Differenz zwischen diesen und den aus der Separation alter Straßendecken sich ergebenden Gruppen ist die Veränderung zu bestimmen, welche das betreffende Schottermaterial im Laufe eines bestimmten Zeitraumes erfahren hat. Zwar lassen sich die durch Verwitterung entstehenden Zerfallprodukte, sowohl die tonigen, als die grusartigen, infolge ihrer substanziellen Veränderung unschwer erkennen, und auch das durch Abschleifen und durch den Raddruck gebildete feinere und gröbere Gesteinsmehl unterscheidet sich durch seine Form von den beim Einwalzen der Decke entstandenen Zerkleinerungsprodukten; aber eine quantitative Trennung aller dieser einzelnen Bestandmassen in Proben älterer Straßendecken wäre nicht nur äußerst mühsam, sondern würde sich immer nur an kleineren Durchschnittsproben ausführen lassen, so daß das Resultat bei der Inhomogenität des Materials nur eine geringe Zuverlässigkeit besäße. Zweckmäßiger erscheint es, frisches Schottermaterial von gleicher Beschaffenheit und Herkunft wie das zur alten Straßendecke verwandte einer Zusammenpressung unter gleichen Bedingungen zu unterwerfen, wie sie beim Einwalzen der Decke geltend waren.

Um die Beziehungen festzustellen, welche zwischen der Wirkungsweise der Straßenwalzen und der Druckpresse hinsichtlich der Bildung von Zerkleinerungsprodukten in dem zusammengedrückten Schotter bestehen, sind folgende Versuche ausgeführt worden:

Auf diesseitigen Antrag hat die Landes-Baudirektion der Provinz Brandenburg in dankenswerter Weise verfügt, daß von der in der Erneuerung begriffenen Berlin - Hamburger Chaussee in der Nähe von Berge unmittelbar nach dem Einwalzen 1 qm der Decke abgehoben und unserem Institut, nebst einem größeren Quantum des verwendeten Findlingskleinschlags, dessen Material aus der Umgegend von Chorin

stammt, eingesandt werden sollte. Die Resultate der mit diesen Proben ausgeführte Untersuchungen waren folgende:

Separation einer Probe von der frisch eingewalzten Decke der Berlin-Hamburger Chaussee, Station 58,2.

Die Probe wurde vor Aufbringung der Schutzdecke bis auf die Packlage abgehoben. Gewicht der Straßenwalze 17,5 t. Hiernach würde sich ein Maximaldruck von 19,44 kg pro qcm unter der Voraussetzung ergeben, daß die Berührungsfläche der Walze mit dem zusammengepreßten Kleinschlag 5 cm nicht überschreitet.

Korngröße	Gewichtsprozent	Gruppen
5•5•5 cm	18,86 %	I 55,16 %
5•4•3 "	23,11 "	
4•3•3 "	13,19 "	
20—30 mm	13,23 %	II 19,91 %
10—20 "	6,68 "	
5—10 mm	6,12 %	III 8,43 %
4—5 "	0,97 "	
3—4 "	1,34 "	
2—3 mm	2,27 %	IV 4,94 %
1—2 "	2,67 "	
unter 1 mm	11,56 %	V 11,56 %

In Gruppe V dürfte wohl etwas von dem Sanduntergrund hineingeraten sein, da ein solcher Prozentsatz in der frischen, mit leichter Walze hergestellten Decke nicht anzunehmen ist.

Zur Vergleichung mit den nachfolgenden Preßversuchen muß überdies der Splittzusatz mit 12% in Abrechnung gebracht werden, und es ergibt sich hiernach an Zerkleinerungsprodukten des Kleinschlags selbst:

Gruppe I	62,68 Gew. %	
"	II 22,62	" "
"	III 9,58	" "

**Pressungsversuche mit dem zur
Neuschüttung auf der Berlin-Hamburger
Chaussee, Station 58,2, verwandten Findlings-
kleinschlag von Chorin i. M.**

Korngröße	Druck 8200 bis 9300 kg		Druck 10000 bis 15000 kg		Druck 10000 bis 20000 kg			
	11 kg pro qcm		17,8 kg pro qcm		23,8 kg pro qcm			
	%	%	%	%	%	%		
5·5·5 cm	36,90	I	34,79	I	26,72	I		
5·4·3 „	36,06	89,66	21,07	71,81	23,28	64,96		
4·3·3 „	16,70		15,95		14,95			
20—30 mm	6,15	II	11,41	II	15,36	II		
10—20 „	1,84	7,99	6,78	18,19	7,44	22,80		
5—10 mm	1,23	III	5,29	III	6,00	III		
4—5 „	0,18		0,58		6,70		0,80	7,60
3—4 „	0,16		0,83				0,80	
2—3 mm	0,19	IV	0,99	IV	1,12	IV		
1—2 „	0,15	0,34	0,91	1,90	1,04	2,16		
unter 1 mm	0,44	V	1,40	V	2,48	V		
		0,44	1,40	1,40	2,48	2,48		

Die mit 10000—20000 kg wirkende Presse (Maximaldruck = 23,8 kg pro qcm) erzeugt demnach innerhalb der gepreßten Schotterprobe ein Zerkleinerungsprodukt, welches mit hinreichender Übereinstimmung demjenigen entspricht, das sich unter dem Druck einer Walze von 17500 kg (Maximaldruck = 19,4 kg pro qcm) innerhalb der Straßenschüttung bildet.

Der etwas größere Druck, den die Presse erfordert, ist darauf zurückzuführen, daß in dem geschlossenen Preßkasten der seitliche Druck und die demselben entsprechende Verschiebung nicht so ausgiebig wie beim Walzvorgang innerhalb der Straßendecke stattfinden kann. Die Konstruktion der Presse soll jedoch nach dieser Richtung noch vervollkommen werden¹⁾.

¹⁾ Es wird beabsichtigt, den Preßkasten unter Beibehaltung der Breite von 30 cm auf 90 cm zu verlängern, durch eine Winde horizontal verschiebbar zu machen und auf dem Schotterinhalt einen Zylinderabschnitt, dessen Radius gleich dem der kleineren Walzen ist, mit dem erforderlichen Preßdruck sich abrollen zu lassen. Die mit diesem veränderten Apparat erzielten Ergebnisse sollen im nächsten Teil der Arbeit mitgeteilt werden.

Nach dem Vorstehenden erlangen die Preßversuche eine mannigfache Bedeutung für die Prüfung der Schottermaterialien, wie auch für wichtige Fragen ihrer Verwendungsweise.

Insbesondere dienen diese Versuche folgenden Zwecken:

1. Ersatz der Druck-, Bruch-, Scher- und Spaltfestigkeitsprüfung, sowie der Tenazitätsbestimmung (Sprödigkeits- bzw. Zähigkeitsgrad) durch ein einheitliches Prüfungsverfahren, dessen Ergebnis als die Resultante aus dem Widerstand der genannten Eigenschaften eines Schottermaterials und seiner Beanspruchung durch den Walzendruck zu betrachten ist.

2. Bestimmung des Druckes, welcher für jede einzelne Gesteinsart erforderlich ist, um eine möglichst feste Verkeilung des Schotters ohne übermäßige Zerkleinerung desselben zu bewirken.

3. Feststellung der Korngröße, Form und Mischung des Schotters, welche für die einzelnen Gesteinsarten bei geringster Pressung und demnach geringster Zerstörung den festesten Verkeilungsgrad (Minimum der Zwischenräume) bedingen.

Bei Anwendung der im Vorstehenden beschriebenen Methode wird sich die Prüfung des Kleinschlags für Straßendecken auf folgende drei Versuche beschränken lassen:

1. Feststellung der Zerkleinerungsprodukte nach Form, Korngröße und Mengenverhältnis, wie solche sich beim Einpressen der Proben ergeben.

2. Bestimmung der Abnutzungshärte.

3. Bestimmung des Wetterbeständigkeitsgrades des Gesteinsmaterials aus seiner mineralogischen Zusammensetzung, Struktur, Wasseraufsaugung etc. nach den hierfür bearbeiteten Methoden¹⁾.

Will man überdies auch noch die Stoßfestigkeit des zu untersuchenden Gesteins gesondert bestimmen, so wird hierzu der im I. Teil S. 9

¹⁾ s. J. Hirschwald, Handbuch der bautechnischen Gesteinsprüfung, Berlin 1912, Gebr. Borntraeger.

und 10 beschriebene Fallapparat zu benutzen sein. Für die Praxis wird man aber wohl auf diese Prüfung verzichten können. Die Stoßfestigkeit ist abhängig von der allgemeinen Festigkeit des Gesteins und seiner Elastizität bzw. Tenazität. Beide Eigenschaften kommen aber bereits bei den Ergebnissen der Abnutzungs- und Pressungsversuche zur Geltung, und falls besondere Feststellungen dieserhalb erwünscht sind, dürfte es den praktischen Anforderungen genügen, wenn für die verschiedenen Gesteinsarten Durchschnittskoeffizienten experimentell

bestimmt werden, mittels derer die Stoßfestigkeit aus dem allgemeinen Festigkeitswert abgeleitet werden kann.

Über die Bewertung des Pressungsergebnisses ist folgendes zu bemerken:

Aus den Ergebnissen der Untersuchung alter Straßendecken wird sich eine Skala für das Mengenverhältnis der einzelnen Korngruppen in gut und mehr oder weniger schlecht erhaltenen Straßen aufstellen lassen, und diese Skala wird auch für die Bewertung der Pressungsergebnisse maßgebend sein können.

A. Untersuchungen an Granit-Kleinschlagdecken.

VIII. Provinzial-Chaussee Halle-Nordhausen.

Probeentnahme: Zwischen km 58,7 und 58,8. Einsender: Landesbauamt Eisleben.
Herkunft des Granit-Kleinschlags: Borntal am Kyffhäuser; Herkunft des verwendeten Kieses: aus der Helme.

Alter der Decke: ca. 25 Jahre.

Packlage: Kalkstein, darunter Steinknack und toniger Boden.

Lage: Wagerecht, sonnig und dem Winde ausgesetzt.

Verkehr: Starker landwirtschaftlicher und Durchgangsverkehr; in neuerer Zeit auch lebhafter Automobilverkehr. Zahlenmäßige Angaben fehlen.

Erhaltung: Trotzdem seit dem Jahre 1880 auf der Strecke km 58,7—8 eine neue Eindeckung nicht stattgefunden hat, ist der Erhaltungszustand ein verhältnismäßig guter. Da jedoch in früherer Zeit nach dem Flickverfahren gearbeitet wurde, so ist es nicht ausgeschlossen, daß die betreffende Stelle einmal in größerem Umfange ausgebessert worden ist. Granit und Helmekies haben sich recht gut gehalten und die eintretenden Zerstörungen der Fahrbahn sind fast nur darauf zurückzuführen, daß dieselbe bei andauernd feuchtem Wetter, namentlich im Herbst während der Zuckerrübenfuhr, stark „wickelt“.

Zur Unterhaltung werden an der Probeentnahmestelle durchschnittlich auf 1 km 22 cbm Granit jährlich verbraucht. (Bericht des Landesbauamtes Eisleben).

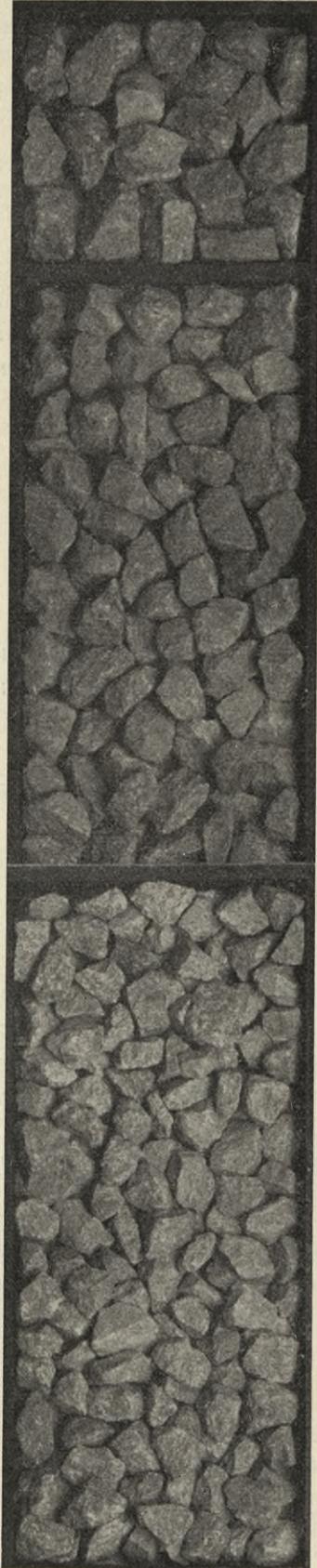
Petrographische Beschreibung des Materials. Nach der geologischen Karte von Preußen und den Thüringer Staaten, Blatt Kelbra, schneidet das „Borntal“ in das kristallinische Schiefergebirge ein. Neben typischen Gneisen treten Hornblendegneise in syenitischer und dioritischer Entwicklung auf, welche Gesteine von Ganggraniten durchsetzt werden. Dementsprechend zeigt das vorliegende Kleinschlagmaterial eine recht mannigfaltige petrogra-

phische Zusammensetzung. Hornblendegneise überwiegen, Glimmergneise und Granite treten zurück. Es gilt dies sowohl für den groben Kleinschlag, als auch für den feineren Gesteinsgrus. Der Kleinschlag selbst ist z. T. noch ziemlich scharfkantig und zwar besonders derjenige vom Granit und Hornblendegneis, während die Stücke vom Glimmergneis beträchtliche Abnutzung und Verwitterung zeigen.

Separationsprodukte einer Probe der Kleinschlagdecke von der Provinzial-Chaussee Halle—Nordhausen.

Material: Granit und Gneis aus dem Bornital (Kyffhäuser).

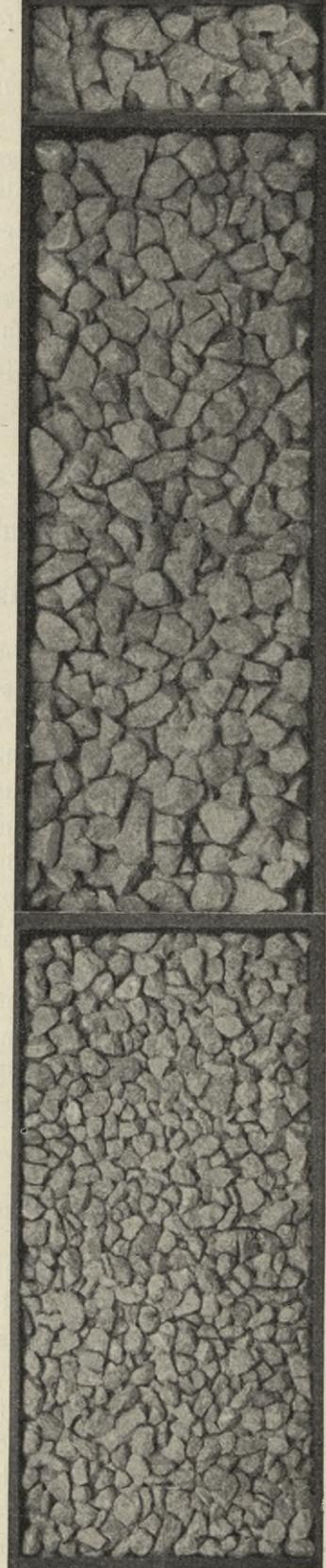
3 · 2 · 2 cm = 13,24 % 4 · 3 · 2 = 10,81 % 6 · 5 · 4 cm = 3,87 %



Gruppe I = 27,92 %

Fig. 8a

20—12 mm = 11,26 % 30—20 mm = 13,64 %



Gruppe II = 24,90 %

Fig. 8b

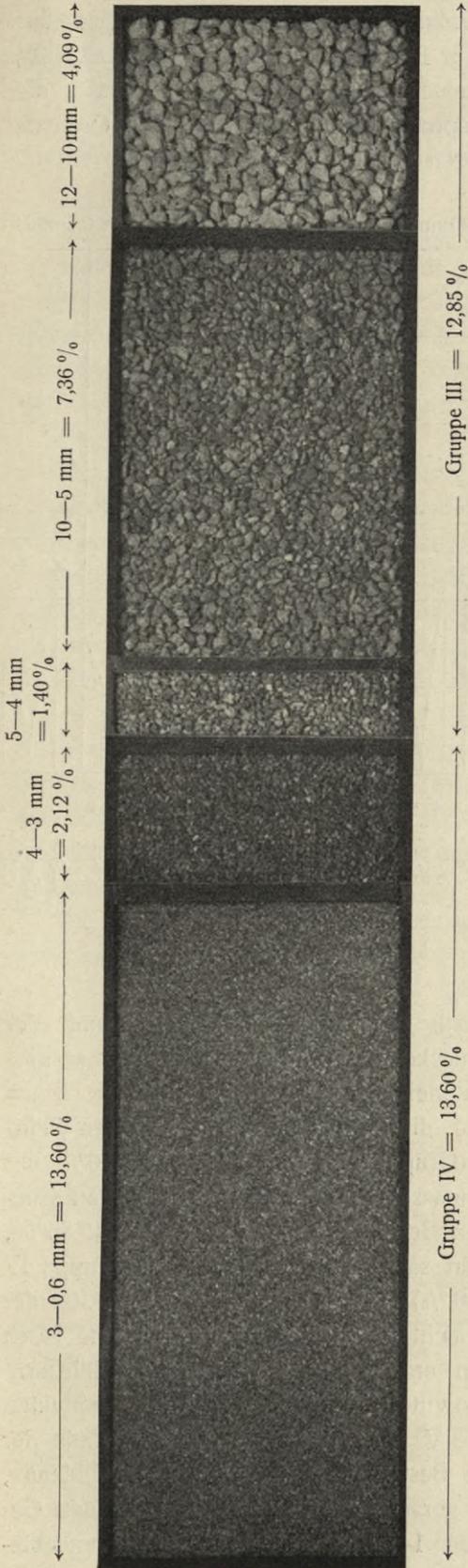


Fig. 8c

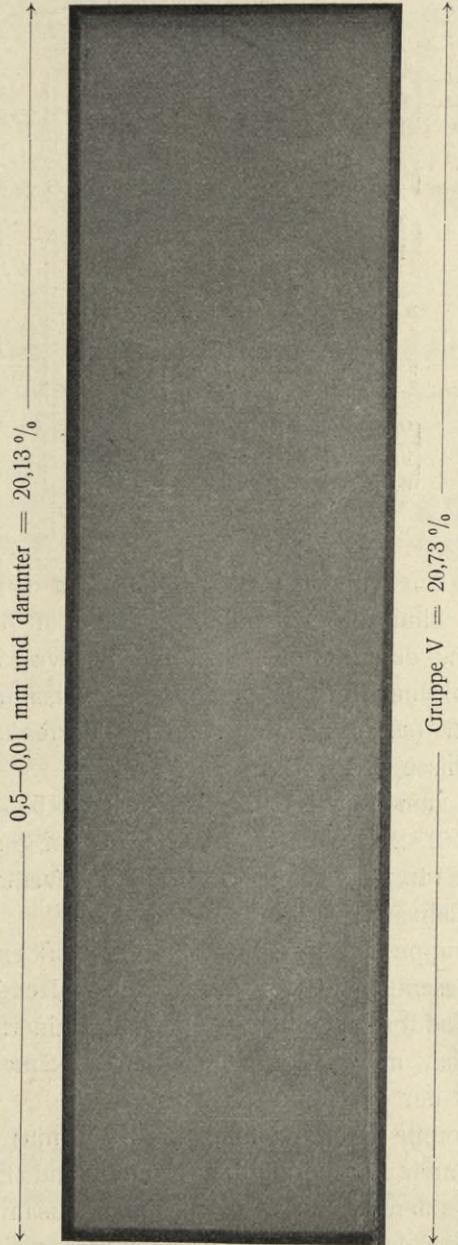


Fig. 8d

I. Separation der Straßendeckenprobe.

(Ausführung s. I. Teil, S. 4—6).

Gewicht des Probematerials: 130 kg.

Korngröße	Gewicht der einzelnen Separationen	In Prozenten des Gesamtgewichts	Gruppen	
Grober Steinschlag über 30 mm	6 × 5 × 4 cm	4,91 kg	3,87 %	I
	4 × 3 × 2 "	13,73 "	10,81 "	
	3 × 2 × 2 "	16,82 "	13,24 "	
			27,92 %	
Kleiner Steinschlag	30—20 mm	17,32 "	13,64 "	II
	20—12 "	14,30 "	11,26 "	
			24,90 %	
Grus	12—10 mm	5,20 "	4,09 "	III
	10—5 "	9,35 "	7,36 "	
	5—4 "	1,78 "	1,40 "	
	4—3 mm	2,70 "	2,12 "	
			12,85 %	
Sand	3—2 "	3,54 "	2,79 "	IV
	2—1 "	4,71 "	3,71 "	
	unt. 1—0,6 "	6,32 "	4,98 "	
			13,60 %	
Schlick	0,5—0,05 mm	15,40 "	12,13 "	V
	0,05—0,02 "	2,88 "	2,27 "	
	0,01 mm und darunter	8,04 "	6,33 "	
			20,73 %	

In den vorstehenden Abbildungen (Fig. 8 a—d) sind die Separationsprodukte in Abteilungen, deren Größe dem Gewichtsverhältnis der einzelnen Korngruppen entspricht, zusammengestellt (cf. die Photogramme der Pressungsergebnisse S. 12, 13).

In dem Material der Gruppe I (6×5×4 cm bis 3×2×2 cm) haben wir den bis auf geringe Abscherung an Ecken und Kanten unveränderten Kleinschlag.

Gruppe II (30—20 und 20—12 mm) enthält im wesentlichen das durch den Walzendruck und Raddruck gebildete gröbere Zerkleinerungsmaterial, meist entstanden durch 1—2 maligen Bruch der größeren Steinstücke.

Gruppe III (12—10 mm bis 5—4 mm) zeigt das durch Abscherung an Kanten und Ecken der größeren Steine, sowie durch Zusammenrücken der kleineren bzw. dünneren Stücke gebildete Material und nur zum geringsten Teil den etwa noch erhaltenen Splittzusatz.

Gruppe IV (4—3 und 3—0,6 mm) enthält das grus- bis sandförmige Zerkleinerungsmaterial,

Gruppe V (0,5—0,01 mm und darunter) das gröbere und feinere Gesteinsmehl.

Eine Übersicht über das Mengenverhältnis der einzelnen Separationsprodukte gibt das Diagramm Fig. 9, in welchem die Korngröße der einzelnen Gruppen auf der Abszisse, die Gewichtsprozente derselben auf der Ordinate aufgetragen sind.

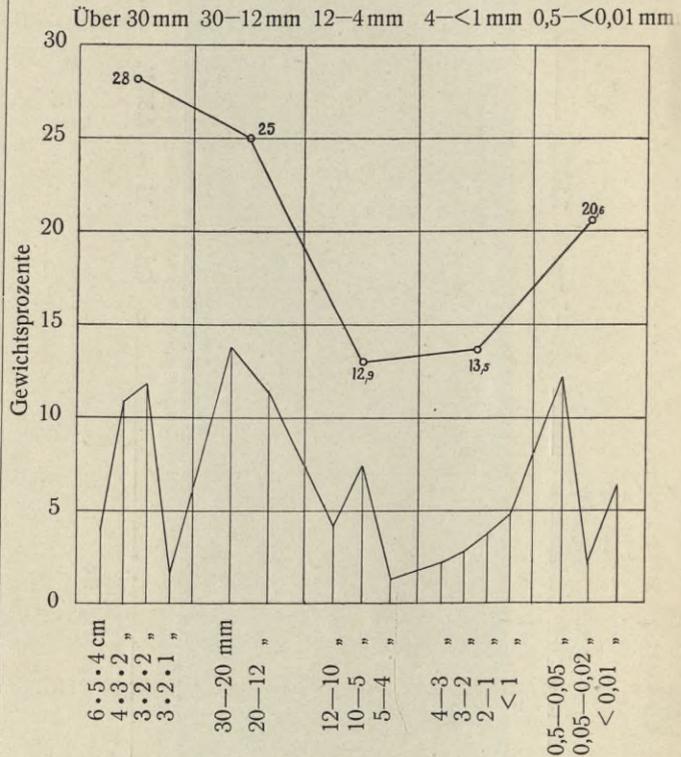


Fig. 9

Günstig für den Erhaltungszustand der Straßendecke ist der große Prozentsatz an groben Zerkleinerungsprodukten (Gruppe II = 24,09%), die mit dem wenig veränderten Steinschlag (Gruppe I = 27,92%) über 50% der Gesamtmasse bilden. Auch der Gehalt an grusförmigen Bestandteilen (Gruppe III = 12,85%), sowie an sandigen Beimengungen (Gruppe IV = 13,60%) ist in Rücksicht auf das Alter der Decke nicht als übermäßig zu erachten. Hoch dagegen erscheint der Gehalt an schlickartigen Verwitterungs- und Abnutzungsprodukten (Gruppe V = 20,73%), doch beträgt darin der tonige Bestandteil nur 6,33%, eine Menge, welche gerade ausreichen dürfte, um den Gehalt von 14,40% an feinem Quarz- und Gesteinsmehl zu einer bindenden Masse zu ver-

Schon nach 115 stündigem Lagern im Vakuum wiesen jedoch die Proben Risse auf, welche beim weiteren Trocknen zunahmen. Auch bei stärkerer Belastung (3—4 kg) bildeten sich an der Eindringungsstelle der Nadel Risse, so daß die Proben vollständig durchstoßen wurden.

Da deshalb mit diesen Proben Zerreißungsversuche nicht auszuführen waren, so wurde der Schlick mit Sand in verschiedenem Verhältnis gemischt. Dabei zeigte der Schlick aber nur eine geringe Bindungsfähigkeit, so daß Probekörper, welche für den Zerreißungsversuch geeignet gewesen wären, sich nicht gewinnen ließen.

3. Allgemeine Bemerkungen über die Bedeutung der tonigen Substanzen in den Straßendecken.

Behufs einheitlicher Beurteilung der Wirkung, welche die tonigen Verwitterungsprodukte des Kleinschlags auf den Erhaltungszustand der Straßendecken ausüben, seien hier folgende allgemeine Erörterungen vorausgeschickt.

Nach ihrer Bindungsfähigkeit unterscheidet man die tonigen Substanzen in magere und fette, deren verschiedene Adhäsionswirkung in erster Linie durch den mehr oder weniger beträchtlichen Gehalt an erdigen Gemengteilen bedingt wird. Befreit man die Tone durch Abschlämmung von diesen Bestandteilen, so überzeugt man sich, daß die rein tonigen Substanzen an und für sich von verschiedener Bindungsfähigkeit sind, und diese absoluten Adhäsionsunterschiede werden zweifellos bedingt durch die chemische Zusammensetzung und auch wohl durch den Gehalt an Kolloiden in den verschiedenen Ton-Varietäten. Eine sachgemäße Erörterung dieser Verhältnisse wird sich erst auf Grund der Ergebnisse der nachfolgenden Untersuchungen ermöglichen lassen.

Zunächst kommt es hier darauf an, den Einfluß stark bindender Tonsubstanzen innerhalb der Straßendecken auf deren Widerstandsfähigkeit festzustellen. Dieser Einfluß hängt ab:

1. von dem Mengenverhältnis der tonigen Substanz zu den übrigen Bestandmassen der Straßendecke und

2. von der trockenen oder nassen Lage der Straße.

Bei vorwiegend nasser Lage wird die Tonsubstanz, wenn sie nur in geringer Menge vorhanden ist, keinen namhaften Einfluß auf die Festigkeit des Gefüges ausüben können; sie bildet während des größten Teils des Jahres eine weiche nachgiebige Masse, die als untergeordneter Bestandteil die Zwischenräume innerhalb des Steinschlags und seiner Zerkleinerungsprodukte ausfüllt, ohne ihren Zusammenhang in merklicher Weise zu erhöhen. Allenfalls trägt sie als stark hygroskopische Substanz dazu bei, den Feuchtigkeitsgehalt der Decke, auch während der trockenen Jahreszeit, länger zu erhalten und dadurch die Verwitterung zu unterstützen. Ist dagegen die Tonsubstanz in reichlicher Menge vorhanden, so bewirkt sie ein „Wickeln“ der nassen Straßendecke und übt dadurch einen höchst ungünstigen Einfluß auf deren Erhaltung aus.

Bei vorwiegend trockener Lage wird die Tonsubstanz, wenn sie in geringer Menge vorhanden ist, in günstiger Weise die Bindung zwischen den feineren Zerkleinerungsprodukten (Grus, Sand und Schlick) bewirken und dadurch in erheblichem Maße zur Festigung und Widerstandsfähigkeit der Decke beitragen. Ist die Tonsubstanz sehr reichlich vorhanden, so verringert sich ihr günstiger Einfluß, und es kann auch hier während der nassen Jahreszeit ein „Wickeln“ der Straßendecke eintreten, das jedoch naturgemäß, weil vorübergehend, nicht von so beträchtlicher Wirkung sein wird als bei ständig nasser Lage.

Hat endlich der tonige Bestandteil in der Straßendecke derartig zugenommen, daß er die größeren Steinstücke vollständig voneinander trennt, also gewissermaßen die zusammenhängende Grundmasse bildet, in welcher der Kleinschlag eingebettet ist, so kann eine günstige Einwirkung unter keinen Umständen mehr in Frage kommen.

Die Tonsubstanz darf also nur in solcher Menge vorhanden sein, daß sie lediglich die feineren Zerkleinerungsprodukte verkittet, bezw. die Zwischenräume zwischen dem gröberem, un-

mittelbar miteinander verkeilten Material ausfüllt. Hat in diesem Falle die Straße eine sonnige Lage bei trockenem Untergrund, so wird das tonige Verwitterungsprodukt, zumal wenn es starke Bindungsfähigkeit besitzt, von günstigstem Einfluß auf die Erhaltung der Straßendecke sein müssen.

Aus den Untersuchungen einer größeren Anzahl älterer Kleinschlagdecken wird sich ergeben, in wie weit diese nach theoretischen Gesichtspunkten aufgestellten Regeln durch die Erfahrung bestätigt werden.

Hinsichtlich der Chaussee Halle-Nordhausen war der gefundene Schlickgehalt von 20,73% zwar als ein hoher bezeichnet worden, doch ließ sich annehmen, daß der ungünstige Einfluß dieser Bestandmasse des Schotters dadurch ausgeglichen werde, daß darin nur 6,33% reiner Ton-Substanz vorhanden sind. Bei der trockenen, sonnigen Lage der Straße wird der gedachte Schlickgehalt, trotz seiner nicht sehr großen Bindungsfähigkeit, die Festigkeit der Straße während des Sommers immerhin etwas erhöhen, während er in der nassen Jahreszeit von wenig günstigem Einfluß sein muß.

In der Tat werden nach den Mitteilungen des Landesbauamts Eisleben, Reparaturen in größerem Umfange lediglich dadurch bedingt, daß die Straßendecke während der nassen Herbstwitterung und des gleichzeitigen starken Fuhrwerksverkehrs zur Zeit der Rübenernte zu „wickeln“ beginnt.

Ein Schlickgehalt von $12,13 + 2,27 + 6,33 = 20,73\%$ mit 6,33% reiner Tonsubstanz wird hiernach für Granit-Gneis-Kleinschlagdecken aus frischem Material als Grenzwert zwischen günstigem und ungünstigem Mengenverhältnis, mit einer Neigung zu letzterem, betrachtet werden dürfen.

4. Prüfung des frischen Kleinschlags aus dem Bruch von Kelbra im Steintal (Kyffhäuser).

Es fragt sich nun, durch welchen Widerstand gegen Abnutzung und Zusammen-drückung ein derartiger, verhältnismäßig gut bewährter Granitkleinschlag charakterisiert ist?

Da der Steinbruch im Borntal nicht mehr in Betrieb steht, so wurde zu den nachfolgenden Pressungsversuchen frischer Kleinschlag aus dem Bruch von Kelbra im benachbarten Steintal verwendet. Das Steintal schneidet wie das Borntal in das kristallinische Schiefergebirge ein, jedoch zeigen die hier auftretenden Hornblende-gneise, im Gegensatz zu denen des Borntales, eine etwas mehr schiefrige Ausbildung. Durchsetzt werden auch hier die geschichteten Gebirgglieder von Ganggraniten.

Der zur Untersuchung verwandte Kleinschlag bestand in der Hauptmenge aus Hornblende-gneisgraniten neben Ganggraniten. Die Abnutzungshärte wurde durch die folgenden Versuche bestimmt:

1. Abnutzungshärte des Kleinschlags aus dem Bruch von Kelbra.

a) Abnutzungshärte rechtwinklig zur Schichtungsfläche.

Lfd. Nr.	Stahlsandverbrauch in g	Tourenzahl	Abnutzung in mm	Tourenzahl für 1 mm Abnutzung
1	500	150	0,60	250
2	500	150	0,60	250
3	500	150	0,60	250
4	500	150	0,70	214 ¹⁾
5	500	150	0,60	250
				Mittel 250

Ziffer der Abnutzungshärte = 25.

b) Kombinierte Schlag- und Stoß-Abnutzungshärte rechtwinklig zur Schichtungsfläche.

Lfd. Nr.	Stahlsandverbrauch in g	Tourenzahl	Abnutzung in mm	Tourenzahl für 1 mm Abnutzung
1	67,0	20	0,30	67
2	67,0	20	0,30	67
3	67,0	20	0,30	67
4	67,0	20	0,30	67
5	67,0	20	0,30	67
				Mittel 67

¹⁾ Infolge einer vorhandenen Spalte in der Probe sprang beim vierten Versuch eine Ecke ab, daher die Differenz.

Ziffer der kombinierten Abnutzungshärte = 6,7.

$$r = \frac{6,7}{25} = 0,27 \text{ (s. S. 6 u. 8).}$$

c) Abnutzungshärte parallel zur Schichtungsfläche.

Lfd. Nr.	Stahlsand- verbrauch in g	Touren- zahl	Abnutzung in mm	Tourenzahl für 1 mm Abnutzung
1	500	150	1,10	136
2	500	150	1,20	125
3	500	150	1,10	136
4	500	150	1,10	136
5	500	150	1,10	136
				Mittel 133,8

Ziffer der Abnutzungshärte = 13.

d) Kombinierte Schlag- und Stoß-Abnutzungshärte parallel zur Schichtungsfläche.

Lfd. Nr.	Stahlsand- verbrauch in g	Touren- zahl	Abnutzung in mm	Tourenzahl für 1 mm Abnutzung
1	67,0	20	0,50	40
2	67,0	20	0,40	50
3	67,0	20	0,40	50
4	67,0	20	0,50	40
				Mittel 45

Ziffer der kombinierten Abnutzungshärte = 4,5.

$$r = \frac{4,5}{13} = 0,35.$$

2. Mikroskopische Untersuchung.

Die beiden vorwaltenden Gesteinstypen kann man petrographisch als Hornblendegneis und Hornblendegranit bezeichnen.

Hornblendegneis: Flasrig, mit größeren Feldspatkörnern; die dunkelgrüne Hornblende ist vollständig frisch und umschließt die Feldspatkörner. Quarz tritt stark zurück und ist nur in verstreuten Partien vorhanden. Feldspat-Typus: f(s₁ t₁₋₂ h), d. h. bei leichter Trübung homogene Interferenzfarbe, ohne Sprünge und Spaltrisse.

Nach dem mikroskopischen Befund darf das Gestein als durchaus wetterfest betrachtet werden.

Hornblendegranit: Das Gestein unterscheidet sich von dem vorgenannten hauptsächlich dadurch, daß die Hornblende nicht in

zusammenhängenden Partien auftritt, so daß die Struktur massig erscheint und daß die Menge der Hornblende etwas geringer, die des Feldspats entsprechend größer ist. Quarz ist auch hier nur in zerstreuten Gruppen vorhanden. Feldspat-Typus wie oben. Demnach ist auch das granitische Gestein als wetterbeständig zu bezeichnen. Wegen des geringen Hornblende- und reichlicheren Feldspatgehalts wird das Gestein gegen Druck weniger widerstandsfähig sein als der Hornblendegneis, doch bewirkt dessen Parallelstruktur wiederum eine leichtere Zerspaltung.

3. Pressungsversuche mit frischem Kleinschlag (Granit und Gneis) von Kelbra.

Die Pressungen wurden mit einem Druck von 10000 bis 20000 kg auf 841 qcm Druckfläche, in folgender Weise ausgeführt:

1. Pressung: Druck links 10000 kg
2. " " vertikal 10000 "
3. " " rechts 10250 "
4. " " vertikal 10250 "
5. " " links 10500 "
6. " " vertikal 10500 "

u. s. f. bis 20000 kg; darauf mit diesem Druck bis zur konstanten Einpressung bei zehnmaligem Druck fortgesetzt.

I. Preßversuch.

Einwage = 11,89 kg.

1. 3,70 cm	15. 4,69 cm	29. 4,96 cm	43. 5,31 cm
2. 3,89 "	16. 4,71 "	30. 4,99 "	44. 5,34 "
3. 4,08 "	17. 4,74 "	31. 5,00 "	45. 5,37 "
4. 4,15 "	18. 4,75 "	32. 5,04 "	46. 5,39 "
5. 4,26 "	19. 4,76 "	33. 5,07 "	47. 5,40 "
6. 4,30 "	20. 4,76 "	34. 5,09 "	48. 5,43 "
7. 4,30 "	21. 4,78 "	35. 5,11 "	49. 5,45 "
8. 4,40 "	22. 4,79 "	36. 5,15 "	50. 5,47 "
9. 4,49 "	23. 4,80 "	37. 5,19 "	51. 5,49 "
10. 4,50 "	24. 4,81 "	38. 5,20 "	52. 5,50 "
11. 4,55 "	25. 4,84 "	39. 5,23 "	53/63. 5,50 "
12. 4,58 "	26. 4,86 "	40. 5,25 "	
13. 4,63 "	27. 4,90 "	41. 5,28 "	
14. 4,66 "	28. 4,94 "	42. 5,29 "	

Hohlräume im zusammengepreßten Kleinschlag = 27,27 Vol.-%. (Bestimmung durch Wasserfüllung s. S. 9).

Dichtigkeitsgrad der Kleinschlagpressung $\frac{100-27,27}{100} = 0,73.$

II. Preßversuch.

Einwage = 11,95 kg.

1. 4,90 cm	15. 5,55 cm	29. 5,87 cm	43. 6,17 cm
2. 4,99 "	16. 5,59 "	30. 5,89 "	44. 6,19 "
3. 5,10 "	17. 5,61 "	31. 5,91 "	45. 6,20 "
4. 5,15 "	18. 5,64 "	32. 5,93 "	46. 6,21 "
5. 5,21 "	19. 5,67 "	33. 5,95 "	47. 6,23 "
6. 5,28 "	20. 5,68 "	34. 5,98 "	48. 6,26 "
7. 5,31 "	21. 5,69 "	35. 6,00 "	49. 6,28 "
8. 5,34 "	22. 5,71 "	36. 6,01 "	50. 6,29 "
9. 5,39 "	23. 5,74 "	37. 6,04 "	51. 6,30 "
10. 5,43 "	24. 5,77 "	38. 6,07 "	52. 6,31 "
11. 5,46 "	25. 5,79 "	39. 6,09 "	53. 6,32 "
12. 5,47 "	26. 5,81 "	40. 6,10 "	54. 6,33 "
13. 5,49 "	27. 5,82 "	41. 6,12 "	55/65. 6,35 "
14. 5,54 "	28. 5,85 "	42. 6,14 "	

Hohlräume im zusammengepreßten Kleinschlag 26,84 Vol.-%.

Dichtigkeitsgrad der Kleinschlagpressung
 $\frac{100-26,84}{100} = 0,73.$

III. Preßversuch.

Einwage = 11,55 kg.

1. 4,90 cm	13. 5,60 cm	25. 5,96 cm	37. 6,24 cm
2. 5,00 "	14. 5,63 "	26. 5,98 "	38. 6,27 "
3. 5,10 "	15. 5,68 "	27. 6,01 "	39. 6,30 "
4. 5,17 "	16. 5,69 "	28. 6,03 "	40. 6,33 "
5. 5,25 "	17. 5,71 "	29. 6,04 "	41. 6,34 "
6. 5,31 "	18. 5,74 "	30. 6,07 "	42. 6,36 "
7. 5,38 "	19. 5,79 "	31. 6,10 "	43. 6,39 "
8. 5,41 "	20. 5,81 "	32. 6,13 "	44. 6,40 "
9. 5,45 "	21. 5,85 "	33. 6,15 "	45. 6,41 "
10. 5,49 "	22. 5,87 "	34. 6,18 "	46. 6,42 "
11. 5,51 "	23. 5,90 "	35. 6,20 "	47. 6,44 "
12. 5,55 "	24. 5,94 "	36. 6,22 "	48/58. 6,45 "

Hohlräume im zusammengepreßten Kleinschlag = 27,72 Vol.-%.

Dichtigkeitsgrad der Kleinschlagpressung
 $\frac{100-27,72}{100} = 0,72.$

4. Separation des Pressungsprodukts.

Korngröße	Gewicht	Gewichts-%	Gruppen
5 × 5 × 5 cm	12,79 kg	36,14	I 79,38 %
5 × 4 × 3 "	9,48 "	26,79	
4 × 3 × 3 "	5,82 "	16,45	
30—20 mm	4,02 "	11,36	II 15,40 %
20—12 "	1,43 "	4,04	
12—5 "	0,92 "	2,59	III 3,30 %
5—4 "	0,11 "	0,31	
4—3 "	0,14 "	0,40	IV 0,90 %
3—2 "	0,17 "	0,48	
2—1 "	0,15 "	0,42	V 1,02 %
unter 1 "	0,36 "	1,02	

Wie bereits bemerkt wurde, ist das zu den Preßversuchen verwandte frische Schottermaterial nicht vollkommen identisch mit dem alten Schotter der Chaussee Halle-Nordhausen. Immerhin ist der Unterschied nicht so beträchtlich, daß aus den betreffenden Versuchen nicht näherungsweise Vergleichsresultate abzuleiten wären. Zu diesem Zweck müssen zunächst von den Separationsprodukten der alten Decke (s. S. 20) 10 % Splittzusatz abgezogen werden, dessen Verwitterungsmaterial fast ausschließlich auf Gruppe IV und V, und zwar etwa in dem Verhältnis 1 : 2, zu verrechnen sein wird.

Demgemäß ergibt sich folgende Zusammenstellung.

Alte Straßendecke:	Frischer Stein-schlag gepreßt:	Abnahme (—) und Zunahme (+) in der alten Decke.
Gruppe I: 31,02%	79,38%	— 48,36%
" II: 27,66 "	15,40 "	+ 12,26 "
" III: 14,28 "	3,30 "	+ 10,98 "
" IV: 11,41 "	0,90 "	+ 10,51 "
" V: 15,63 "	1,02 "	+ 14,61 "

} 48,36%¹⁾

Es sind demnach in der ca. 25 Jahre alten Granit-Straßendecke ²⁾, trotz der stetigen Ausbesserung und der günstigen Lagenverhältnisse, rund 48 Gew. % des groben Steinschlags zerstört worden und zwar ist daraus ein Zerkleinerungsmaterial entstanden, dessen einzelne Gruppen je 10—14 Gew.-% der Gesamtmenge bilden.

Hier, wie bei allen folgenden Gegenüberstellungen der aus den Straßendecken und den Pressungsversuchen sich ergebenden Separationsprodukte, kann es sich immer nur um näherungsweise Bestimmungen handeln, da eine absolute Übereinstimmung des Pressungsprodukts mit der Zusammensetzung der frisch eingewalzten Straßendecke schon um deswegen

¹⁾ Die aus dem ursprünglichen Material entstehenden schlickartigen Zerkleinerungsprodukte sind in Wirklichkeit nicht unbedeutend größer, da ein Teil derselben durch Wind, Regen und Abkehrung entfernt wird. Hierfür wird jedoch wiederum ein Ersatz durch die Verwitterung des zum Ausbessern alljährlich verwandten Kleinschlags geschaffen.

²⁾ In der Praxis wird das Material als Granit bezeichnet, obgleich es sich hier um ein Gemenge von Granit und Hornblendegneis handelt.

ausgeschlossen ist, weil die letztere naturgemäß nicht durchweg von durchaus analoger Kornzusammensetzung sein kann.

Zusammenfassung.

1. Allgemeiner Erhaltungszustand der Chaussee Halle-Nordhausen.

Trotz starken ländlichen Verkehrs, namentlich in der ungünstigen Herbstzeit, und des in neuerer Zeit stattfindenden Automobilverkehrs, ist die Straßendecke mit einem jährlichen Verbrauch von 22 cbm Kleinschlag als Ausbesserungsmaterial auf 1 km in gutem Zustande zu erhalten. Da dieselbe ca. 25 Jahre alt ist und während dieser Zeit an der Probe-Entnahmestelle eine Erneuerung nicht stattgefunden hat, so muß das fragliche Schottermaterial für die hier vorliegenden Verhältnisse, also für Straßen in horizontaler und sonniger freier Lage, mit Steinpacklage und starkem Verkehr, als ein gutes bezeichnet werden.

Demgemäß werden auch die hierfür maßgebenden Eigenschaften des betreffenden Gesteinsmaterials als normale für guten Granit-Gneis-Schotter betrachtet werden dürfen.

2. Eigenschaften des Gesteinsmaterials.

a. Pressungsergebnis.

Gruppe I = 79,38%	} Hohlräume innerhalb des zusammengepreßten Materials = 27,27%.
„ II = 15,40 „	
„ III = 3,30 „	
„ IV = 0,90 „	
„ V = 1,02 „	

Bemerkenswert ist hierbei, daß der Prozentsatz an halb zerbrochenem Material (Gruppe II) verhältnismäßig groß ist, nämlich ca. $\frac{1}{5}$ des nahezu unveränderten Materials beträgt. Die nachfolgenden Untersuchungen lassen erkennen, daß ein solcher Gehalt an Bestandmasse der Gruppe II maßgebend für eine gute und dauerhafte Verkeilung der Straßendecke ist. Der Gehalt an Hohlräumen innerhalb des zusammengepreßten Materials darf als ein normaler bezeichnet werden.

b. Durchschnittliche Abnutzungshärte: 19; desgl. kombinierte Abnutzungshärte: 5,6. $r = 0,3$.

c. Wetterbeständigkeitsgrad.

Nach dem mikroskopischen Befund zeichnete sich das Material durch eine gute Struktur, mehr oder weniger reichlichen Gehalt an frischer Hornblende und unverwittertem Feldspat aus, so daß es als wetterfest bezeichnet werden kann.

3. Separation der alten Straßendecke.

Gruppe I = 27,92%
„ II = 24,90 „
„ III = 12,85 „
„ IV = 13,60 „
„ V = 20,73 „

Es sind hier also nur noch 52,8% größeres Material (Gruppe I und II) vorhanden, und obgleich der Gehalt an feinem Schlick 20,73% beträgt, also sehr hoch ist, befindet sich die Decke in verhältnismäßig gutem Zustand. Hierzu trägt wesentlich bei, daß der Prozentsatz an halbzerbrochenem Material (Gruppe II) ein hoher ist und auch wohl, daß der Schlick (Gruppe V) eine gewisse Bindefähigkeit besitzt, was daraus hervorgeht, daß er bei starker Durchfeuchtung der Straßendecke etwas „wickelt“. Diese Eigenschaft des Schlicks, welche bei nasser Lage sehr ungünstig wirkt, wird hier bei trockener Straßensituation während des größten Teils des Jahres die Widerstandsfähigkeit der Kleinschlagdecke erhöhen.

Im allgemeinen gehören die Granite zu den leichter verwitterbaren Straßenbaumaterialien, doch hängt dies wesentlich davon ab, welchen Verwitterungsgrad der Feldspat des Gesteins bereits in der Erdrinde erfahren hat. Das hier in Frage kommende Granit- und Gneis-Gestein ist durch ziemlich frischen Feldspat ausgezeichnet. Übrigens darf derjenige Teil des Schlicks, dessen Korngröße unter 0,01 mm beträgt, und welcher ausschließlich aus Tonpartikeln besteht, als Maßstab für die Verwitterung des Materials betrachtet werden. Die Menge dieses tonigen Schlicks beträgt hier 6,33%, was in Hinsicht auf das 25jährige Alter der Straße als normal zu betrachten ist.

Aus den Ergebnissen einer 30jährigen Aufzeichnung hat die Kgl. Sächsische Straßen- und Wasserbauverwaltung folgende Formel für den Verbrauch von Schottermaterialien zur Unterhaltung von Straßendecken aufgestellt:

Jahresverbrauch für 1 km: $v = q + 0,091 t$,
wobei q eine Normalzahl für die verschiedenen Gesteine in cbm bezeichnet, t den täglichen Lastverkehr in Tonnen. Für granitisches Gestein ist q im Durchschnitt = 16. Nimmt man in dem vorliegenden Falle einen täglichen Verkehr von 80 Tonnen an, so ergibt sich ein Jahresquantum von $16 + (0,091 \times 80) = 23,28$ cbm pro Jahr, während in Wirklichkeit 22 cbm verbaut werden. Auch hier-nach erscheint also der Granit- und Gneis-Kleinschlag aus dem Borntal bezw. Steintal als ein gutes Straßenmaterial, und es dürfen die an demselben festgestellten Eigenschaften (Mikrostruktur, Frostbeständigkeitsgrad, Pressungsresultat und Abschleifungshärte) als normale für guten Granit-Gneis-Kleinschlag und andererseits das an der alten Straßendecke bestimmte Mengenverhältnis der Korngruppen als ein günstiges für 25jährige Granit-Gneis-Decken betrachtet werden.

Schlußbemerkung.

Die in der vorstehenden Form ausgeführten Untersuchungen haben einen dreifachen Zweck, nämlich die Bestimmung:

1. der Eigenschaften des Gesteinsmaterials, welche für den Straßenbau in Betracht kommen (Pressungsversuch, Schleifversuch, Wetterbeständigkeitsprüfung);

2. der Veränderungen, welche der betreffende Gesteinsschotter im Laufe der Zeit innerhalb der Straßendecke erlitten hat (Separation der alten Straßendecke und quantitative Bestimmung der einzelnen Korngruppen);

3. des Einflusses dieser Veränderungen auf den Erhaltungszustand der Straßendecke (bestimmt nach der allgemeinen Beschaffenheit und dem alljährlich erforderlichen Quantum an Reparatur-Material).

Die Feststellung der Beziehungen zwischen den Bestimmungen zu 1 und 2 bezw. 3 ergibt die Bewertung und Qualitätsbestimmung des betreffenden Schottermaterials und läßt erkennen, auf welchen Eigenschaften der Wert des Materials beruht, welche dieser Eigenschaften also bei Aufstellung von Prüfungsvorschriften in Frage kommen werden.

Die Feststellung der Beziehungen zwischen den Bestimmungen zu 2 und 3 gewährt eine Grundlage für die Beurteilung der Abhängigkeit des Erhaltungsgrades der Straßendecke von dem quantitativen Verhältnis der Korngruppen ihres Schottermaterials, und ferner ergibt sich daraus ein Maßstab für den jeweiligen Erhaltungsgrad der Straßendecke und ihrer voraussichtlichen Erhaltungsdauer. Die auf diese Weise zu bewirkende Feststellung des günstigsten Mengenverhältnisses der einzelnen Korngruppen für die verschiedenen Gesteinsarten läßt erkennen, auf welche Verhältnisse bei Herstellung der Schotterdecken durch Wahl der Korngröße und Form des Kleinschlags, wie des Walzengewichts, hinarbeiten sein wird, und welcher Maßstab andererseits der Bewertung des Pressungsergebnisses von frischem Schottermaterial zugrunde zu legen ist.

B. Untersuchungen an Findlings-Kleinschlagdecken.

IX. Petrographische Zusammensetzung des Findlingsmaterials und dessen Qualitätsbeurteilung.

Das Findlingsmaterial Norddeutschlands besteht in wechselnden Mengen aus verschiedenartigem Granit, Syenit, Diorit, Diabas, Felsitporphyr usw., mit Beimengungen von Kalkstein, der jedoch bei Herstellung des Kleinschlags ausgesondert wird. Die Silikatgesteine sind z. T. noch vollkommen frisch und hart, z. T. aber bereits mehr oder weniger stark verwittert und dann häufig sehr mürbe.

Man kann für diese Gesteine, je nach ihrer Ausbildungsweise und ihrem Erhaltungszustande, folgende Qualitätsziffern annehmen:

a: Frisch und sehr fest b: Mäßige Verwitterung, noch zieml. fest c: Starke Verwitterung, sehr mürbe	Qualitätsziffer ¹⁾	a: Frisch und sehr fest b: Mäßige Verwitterung, noch zieml. fest c: Starke Verwitterung, sehr mürbe	Qualitätsziffer ¹⁾
Granit	a 1,5—2	Hornblende- u. Augit-Porphyr	a 1—1,5
feinkörnig bis grobkörnig, hoher	b 2,5—3,5	hoher bis geringer Hornblende-	b 2,5—3,5
bis geringer Gehalt an Quarz	c 4,5—6	bzw. Augitgehalt	c 4,5—6
Gneis	a 1,5—2,5	Hornblendeschiefer	a 1—1,5
grob bis dünn geschichtet, hoher	b 3—4,5	grob bis dünnschiefrig	b 2—3
bis geringer Gehalt an Quarz	c 5—6,5		c 4—5
Syenit	a 1—1,5	Quarzit	a 1—1,5
hoher bis geringer Gehalt an	b 2—3,5	je nach dem Kornbindungsmaß	b 2—2,5
Hornblende	c 4—5		c 3—4
Diorit	a 1—1,5	Kieselsandstein und kieselige	a 1,5—2
hoher bis geringer Gehalt an	b 2—2,5	Grauwacke, je nach dem Korn-	b 3—4
Hornblende	c 3,5—4,5	bindungsmaß bzw. Porenzement	c 5—6
Diabas	a 0,75—1,5	Kalkstein	a 2—3
hoher bis geringer Gehalt an	b 2—2,5	Mikrokristallin bis dicht	b 3,5—4,5
Augit	c 3,5—4,5		c 5—6
Felsitporphyr	a 1—1,5		
hoher bis geringer Gehalt an	b 2,5—3,5		
Quarz	c 4,5—6		

Um einen Anhalt für die Abnutzungshärte des Findlingsmaterials zu gewinnen, wurden 6 typische Gesteinsarten von mehr oder minder guter Erhaltung ausgewählt, und an diesen die betreffenden Bestimmungen durchgeführt²⁾. Es waren das:

1. Granit, quarzreich, von frischer und fester Beschaffenheit mit ziemlich reichlichem Glimmer; mittelkörnig. Mikrostruktur: Unvollkommen zusammenhängende Quarzschnüre mit innig verwachsenen Feldspatindividuen: Typ. IIIc. Typus des Feldspats: III₁f(s₁₋₂t₄). Sättigungskoeffizient: S_r = 0,71.

¹⁾ Die Grenzwerte beziehen sich auf die verschiedenen Strukturformen, z. B. Syenit a, bei hohem Hornblendegehalt: 1, bei niederem: 1,5; Granit a, feinkörnig: 1,5 grobkörnig: 2.

a) Abnutzungshärte.

Lfd. Nr.	Stahlsandverbrauch in g	Tourenzahl	Abnutzung in mm	Tourenzahl für 1 mm Abnutzung
1	500	150	0,70	214
2	500	150	0,70	214
3	500	150	0,75	200
4	500	150	0,70	214
5	500	150	0,75	200
				Mittel 208,4

Ziffer der Abnutzungshärte = 21.

²⁾ Die sämtlichen hier untersuchten Findlingsgesteine sind von Alt-Hüttendorf i. M. Über die angeführte Typenbezeichnung und ihre Bedeutung für den Wetterbeständigkeitsgrad der Gesteine s. Hirschwald, Handbuch d. bautechn. Gesteinsprüfung. Berlin 1912, S. 660 u. f.

b) Kombinierte Schlag- und Stoß-Abnutzungshärte.

Lfd. Nr.	Stahlsandverbrauch in g	Tourenzahl	Abnutzung in mm	Tourenzahl für 1 mm Abnutzung
1	50	15	0,45	33
2	50	15	0,45	33
3	50	15	0,45	33
4	50	15	0,45	33
				Mittel 33

Ziffer der kombinierten Abnutzungshärte = 3,3.

$$r = \frac{3,3}{21} = 0,15.$$

2. Granit, mit mäßigem Quarz- und Glimmergehalt; mittelkörnig; eisenkieshaltig. Mikrostruktur: Quarzkörner vereinzelt oder in kleinen, isolierten Gruppen: Typ. IVc. Typus des Feldspats: III₂f(s₁₋₂t_{1z3}). Sättigungskoeffizient: S_r = 0,77.

a) Abnutzungshärte.

Lfd. Nr.	Stahlsandverbrauch in g	Tourenzahl	Abnutzung in mm	Tourenzahl für 1 mm Abnutzung
1	500	150	1,0	150
2	500	150	1,0	150
3	500	150	1,0	150
4	500	150	1,0	150
5	500	150	1,0	150
				Mittel 150

Ziffer der Abnutzungshärte = 15.

b) Kombinierte Schlag- und Stoß-Abnutzungshärte.

Lfd. Nr.	Stahlsandverbrauch in g	Tourenzahl	Abnutzung in mm	Tourenzahl für 1 mm Abnutzung
1	50	15	0,40	38
2	50	15	0,35	43
3	50	15	0,40	38
4	50	15	0,35	43
5	50	15	0,35	43
				Mittel 41

Ziffer der kombinierten Abnutzungshärte = 4.

$$r = \frac{4}{15} = 0,27.$$

3. Granit, quarzarm, grobkörnig und stark verwittert. Mikrostruktur: Kataklastisch, Typ. VII. Feldspattypus: VII₁f(s₄t₅a₃). Sättigungskoeffizient: S = 0,865.

a) Abnutzungshärte.

Lfd. Nr.	Stahlsandverbrauch in g	Tourenzahl	Abnutzung in mm	Tourenzahl für 1 mm Abnutzung
1	500	150	1,55	97
2	500	150	1,25	120
3	500	150	1,75	86
4	500	150	1,05	143
5	500	150	1,40	107
6	500	150	1,65	91
7	500	150	1,30	115
				Mittel 108,4

Ziffer der Abnutzungshärte = 11.

Infolge der ungleichmäßigen Verwitterung weichen die einzelnen Versuchsergebnisse beträchtlich voneinander ab. Aus derselben Ursache ergab sich die Unmöglichkeit einer Ausführung der kombinierten Abnutungsprüfung, da die Proben schon bei wenigen Meißelschlägen an den Kanten stark abbröckelten.

4. Diorit, feinkörnig, mit untergeordnetem Augit. Mikrostruktur: Feldspat vorherrschend und in symplexer Ausbildung; hellfarbiger, frischer Augit in isolierten Partien; reichlich Magnetit, Typ. II. Feldspattypus: II₁f(s₂t₁₋₃h). Sättigungskoeffizient: S_r = 0,66.

a) Abnutzungshärte.

Lfd. Nr.	Stahlsandverbrauch in g	Tourenzahl	Abnutzung in mm	Tourenzahl für 1 mm Abnutzung
1	500	150	1,10	136
2	500	150	1,05	143
3	500	150	1,05	143
4	500	150	1,10	136
5	500	150	1,10	136
				Mittel 138,8

Ziffer der Abnutzungshärte = 14.

b) Kombinierte Schlag- und Stoß-Abnutzungshärte.

Lfd. Nr.	Stahlsandverbrauch in g	Tourenzahl	Abnutzung in mm	Tourenzahl für 1 mm Abnutzung
1	50	15	0,20	75
2	50	15	0,20	
3	50	15	0,20	85
4	50	15	0,15	
5	50	15	0,20	85
6	50	15	0,15	
7	50	15	0,25	85
8	50	15	0,10	
				Mittel 82,5

Ziffer der kombinierten Abnutzungshärte = 8.

$$r = \frac{8}{14} = 0,57.$$

5. Gneis, rotes, flasriges, sehr quarzreiches, glimmerarmes, festes Gestein: Typ. Gl. IV,

$\frac{u}{s_5} \frac{Q_3}{a} f_1$. Sättigungskoeffizient: $S = 0,79$.

a) Abnutzungshärte. Schleiffläche senkrecht zur Schichtung.

Lfd. Nr.	Stahlsandverbrauch in g	Tourenzahl	Abnutzung in mm	Tourenzahl für 1 mm Abnutzung
1	500	150	0,55	273
2	500	150	0,55	273
3	500	150	0,55	273
4	500	150	0,55	273
5	500	150	0,55	273
				Mittel 273

Ziffer der Abnutzungshärte = 27.

b) Kombinierte Schlag- und Stoß-Abnutzungshärte.

Lfd. Nr.	Stahlsandverbrauch in g	Tourenzahl	Abnutzung in mm	Tourenzahl für 1 mm Abnutzung
1	100	30	0,25	120
2	100	30	0,25	120
3	100	30	0,25	120
4	100	30	0,25	120
5	100	30	0,25	120
				Mittel 120

Ziffer der kombinierten Abnutzungshärte = 12.

$$r = \frac{12}{27} = 0,44.$$

6. Gneis, rotes, grobflasriges, äußerst mürbes Gestein: Typ. Gl. (I—II)₁ $\frac{e}{s_3} \frac{Q_1}{i-a} f_2$. Sättigungskoeffizient: $S = 0,87$.

a) Abnutzungshärte senkrecht zur Schichtung.

Lfd. Nr.	Stahlsandverbrauch in g	Tourenzahl	Abnutzung in mm	Tourenzahl für 1 mm Abnutzung
1	170	50	2,20	23
2	170	50	1,80	28
3	170	50	2,00	25
4	170	50	1,90	26
5	170	50	1,80	28
				Mittel 26

Ziffer der Abnutzungshärte = 2,6.

Wegen der starken Verwitterung war die Ausführung der kombinierten Abnutzungshärte nicht möglich; die Proben zerbröckelten bereits nach wenigen Meißelschlägen.

Um nun die Qualität eines Findlingsschotters schätzungsweise zu bestimmen, wird etwa $\frac{1}{8}$ bis $\frac{1}{4}$ cbm nach den vorstehend angeführten Gesteinsgruppen separiert. Dann werden die einzelnen Stücke jeder Gruppe auf ihren Verwitterungs- bzw. Festigkeitsgrad untersucht, soweit sich diese Verhältnisse ohne experimentelle Prüfung feststellen lassen, und danach Unterabteilungen gebildet, deren Material nunmehr ausgewogen und auf Gew.-% der Gesamtmasse berechnet wird. Endlich werden die Bewertungsziffern der einzelnen Gruppen nach der vorstehenden Tabelle bestimmt und die Durchschnittsziffer, nach Maßgabe des Gewichts der einzelnen Gruppen, berechnet.

Beispiel: Eine gewogene Menge Findlingsschotter enthielt:

	Gew.-%	Qualitätsziffer	Produkt
1. Granitisches Gestein, frisch	48,62	1,75	85,09
2. " " sehr mürbe	9,44	5,0	47,20
3. Dioritisches Gestein, frisch	8,73	1,5	13,10
4. " " sehr mürbe	4,24	2,5	10,60
5. Gneisartiges Gestein, ziemlich frisch	17,50	3,0	52,50
6. " " sehr mürbe	7,17	5,0	35,85
7. Kieselstein, sehr fest	4,30	2,0	8,60
			252,94

$$\text{Qualitätsziffer: } \frac{252,94}{100} = 2,53.$$

Das Kleinschlag-Material entspricht demnach der Klasse II—III, ist also von mittelmäßiger Qualität.

X. Chaussee Hopfengarten-Mogilno, Prov. Posen.

Probeentnahme: Zwischen km 5,5 und 5,6. Einsender: Landesbauamt Nakel.

Herkunft des Findlingsmaterials: Umgegend.

Alter der Decke: 16 Jahre.

Untergrund: Sandig.

Lage: Horizontal und sonnig.

Verkehr: Lebhaft. Im Jahre 1906: 42014 Fuhrwerke und 63702 Zugtiere; Gesamtgewicht des Lastverkehrs: 36242 Tonnen.

Erhaltung: Abnutzung 5–6 mm p. a. Jährlicher Verbrauch an Kleinschlag zur Instandhaltung der Straße durchschnittlich 21 cbm pro Kilometer.

Eine Stichprobe aus dem zum Straßenbau verwandten Findlingsschotter ergab folgendes Mengenverhältnis der einzelnen Gesteinsarten, unter Berücksichtigung ihres Verwitterungsgrades:

		Qualitäts-	Pro-
		ziffer:	dukt:
66,75 Gew.-%	Granitische u. syenitische Gesteine von frischer und fester Beschaffenheit . .	1,5	100,125
9,35 "	desgl. verwittert, mehr od. weniger mürbe	4,5	42,075
4,30 "	Gneisartige Gesteine, verwittert, mehr od. weniger mürbe	5,5	23,65
19,60 "	Quarzit u. Kiesel sandstein	2,5	49,00
	Qualitätsziffer: $\frac{214,85}{100} = 2,15$		<u>214,85</u>

Das Kleinschlagmaterial ist demnach etwas geringwertiger als Klasse II, somit also von mittlerer Qualität.

1. Separation der Straßendeckenprobe.

Gewicht des Probematerials: 166,55 kg.

Korngröße	Gewicht der einzelnen Separationen	In Prozenten des Gesamtgewichts	Gruppen	
Grober Stein-schlag	7 × 6 × 5 cm 5 × 4 × 3 " 4 × 3 × 2 "	1,85 kg 16,00 " 21,80 "	I 24,00 %	
Kleiner Stein-schlag	30–20 mm 20–12 "	23,50 " 22,00 "		II 27,55 %
Grus	12–10 " 10–5 " 5–4 "	7,50 " 13,18 " 2,98 "		III 14,32 %

Sand	4–3 . mm	4,58 kg	2,77 %	IV 12,14 %
	3–2 "	4,24 "	2,57 "	
	2–1 "	6,14 "	3,72 "	
	unter 1 "	5,08 "	3,08 "	
Schlick	0,5–0,05 "	24,74 "	14,98 "	V 21,99 %
	0,05–0,02 "	3,78 "	2,29 "	
	0,01 mm und darunter	7,78 "	4,72 "	

Eine Übersicht über das Mengenverhältnis der einzelnen Separationsprodukte gibt das Diagramm Fig. 10, S. 32, in welchem die Korngröße der einzelnen Gruppen auf der Abszisse, die Gewichtsprozente derselben auf der Ordinate aufgetragen sind.

Günstig für den Erhaltungszustand der Straßendecke ist der hohe Prozentsatz an groben Zerkleinerungsprodukten (Gruppe II = 27,55%), die mit dem wenig veränderten Stein-schlag (Gruppe I = 24,00%) über 50% der Gesamtmasse bilden. Ziemlich beträchtlich erscheint dagegen der Gehalt an grusförmigen Bestandteilen (Gruppe III = 14,32%), sowie an sandigen Beimengungen (Gruppe IV = 12,14%), während der Gehalt von schlickartigen Verwitterungs- und Abnutzungsprodukten (Gruppe V = 21,99%) sogar als ein hoher bezeichnet werden muß. Da der reine Tongehalt des Schlicks nur 4,72% beträgt, so bildet er mit dem feinen Quarz- und Gesteinsmehl (17,27%) im feuchten Zustande eine ziemlich magere, wenig bindende Masse.

Der hohe Gehalt an Zerkleinerungsmaterial erklärt sich aus der Zusammensetzung des

Findlingskleinschlags, der 13,65 Gew.-% an bereits verwittertem, mürbem Material enthält.

Auch hier, wie an dem vorhergehenden Untersuchungsmaterial (s. S. 20) zeigt sich, daß ein Gehalt von etwas mehr als 50 Gew.-% der

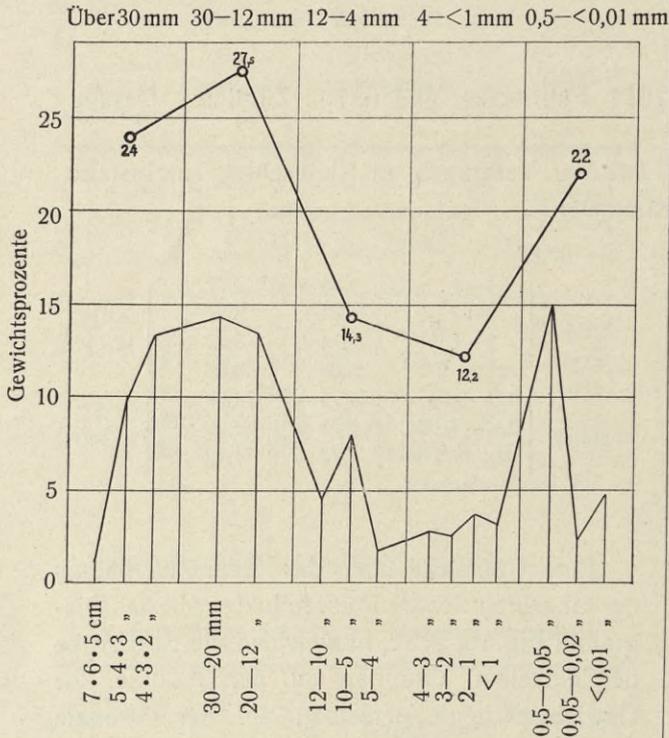


Fig. 10

Korngruppe 1 und 2 genügt, um einen noch ziemlich guten Erhaltungszustand alter Straßendecken, selbst bei wenig stark bindender Schlickmasse, zu bewirken.

Die besonderen Eigenschaften der schlickartigen Substanz ergeben sich aus der nachfolgenden Untersuchung.

2. Untersuchung des schlickartigen Zerkleinerungsmaterials der Korngröße 0,5 mm und darunter.

50 g der getrockneten Schlickmasse wurden mit Wasser aufgeköcht und im Schöneschen Schlammapparat separiert.

Ergebnis:

- a. Korngröße 0,5—0,05 mm = 34,08 g
(14,98% des Schotters).

- b. Korngröße 0,05—0,02 mm = 5,21 g
(2,29% des Schotters).

- c. Korngröße 0,01 mm und darunter = 10,71 g
(4,72% des Schotters).

Das Material zu a und b, 0,5—0,02 mm, erwies sich unter dem Mikroskop in der Hauptsache aus Quarz und Feldspat bestehend, mit untergeordnetem Glimmer und Erz-Partikeln. Das Material zu c ist vollkommen frei von Quarz und besteht lediglich aus Tonpartikelchen.

Die chemische Analyse der Tonsubstanz des Schlicks (0,01 mm und darunter) ergab:

SiO ₂	= 65,90%
Fe ₂ O ₃	= 4,70 "
Al ₂ O ₃	= 12,72 "
CaO	= 5,52 "
MgO	= 1,12 "
CO ₂	= 1,33 "
Alkalien	= 5,56 " (aus d. Differenz)
Wasser	= 3,15 "
	<hr/>
	100,00%

Demnach ist der Gehalt an SiO₂, Fe₂O₃ und CaO erheblich höher, als der Durchschnittsgehalt des normalen Tons an diesen Bestandteilen. Hieraus, sowie aus dem hohen Gehalt an Quarz- und anderem Gesteinsmehl (17,27% gegenüber 4,72% Ton) erklärt sich die erdige Beschaffenheit des Schlicks, dessen Bindefähigkeit sich so gering erwies, daß weder die Vicatsche Nadelprobe, noch die Zerreißungsprobe zu erwähnenswerten Resultaten führte.

3. Pressungsversuch mit Findlings-Kleinschlag von Hopfengarten.

Die Pressungen wurden mit einem Druck von 10000 bis 20000 kg auf 841 qcm Druckfläche genau in der Weise ausgeführt, wie auf S. 24 für die Versuche mit dem Kleinschlag von Kelbra angegeben ist.

Über die Zusammensetzung des Materials, das mit dem der alten Straßendecke identisch ist, s. S. 31.

Hinsichtlich der Abnutzungshärte der wichtigsten Findlingstypen ist S. 28 u. f. das Nähere angegeben.

I. Preßversuch. Einwage: 10,72 kg.

1. 1,15 cm	13. 2,10 cm	25. 2,49 cm	37. 2,77 cm
2. 1,41 "	14. 2,14 "	26. 2,50 "	38. 2,79 "
3. 1,60 "	15. 2,19 "	27. 2,52 "	39. 2,80 "
4. 1,70 "	16. 2,21 "	28. 2,54 "	40. 2,81 "
5. 1,78 "	17. 2,25 "	29. 2,55 "	41. 2,83 "
6. 1,85 "	18. 2,28 "	30. 2,57 "	42. 2,83 "
7. 1,89 "	19. 2,30 "	31. 2,59 "	43. 2,85 "
8. 1,95 "	20. 2,33 "	32. 2,62 "	44. 2,87 "
9. 1,95 "	21. 2,38 "	33. 2,67 "	45. 2,88 "
10. 2,00 "	22. 2,41 "	34. 2,70 "	46. 2,88 "
11. 2,06 "	23. 2,44 "	35. 2,72 "	47. 2,89 "
12. 2,06 "	24. 2,48 "	36. 2,75 "	48./60. 2,90 "

Zusammendrückung bei 48 Pressungen:
2,90—1,15 = 1,75 cm.

Hohlräume im zusammengepreßten Kleinschlag = 27,27 Vol.-%.

Dichtigkeitsgrad der Pressung $\frac{100-27,27}{100}$
= 0,73.

II. Preßversuch. Einwage: 11,06 kg.

1. 1,24 cm	13. 2,19 cm	25. 2,40 cm	37. 2,59 cm
2. 1,50 "	14. 2,21 "	26. 2,42 "	38. 2,60 "
3. 1,61 "	15. 2,23 "	27. 2,45 "	39. 2,62 "
4. 1,70 "	16. 2,24 "	28. 2,46 "	40. 2,62 "
5. 1,80 "	17. 2,27 "	29. 2,47 "	41. 2,65 "
6. 1,88 "	18. 2,29 "	30. 2,49 "	42. 2,65 "
7. 1,92 "	19. 2,30 "	31. 2,51 "	43. 2,66 "
8. 1,99 "	20. 2,30 "	32. 2,51 "	44. 2,67 "
9. 2,05 "	21. 2,33 "	33. 2,52 "	45. 2,67 "
10. 2,08 "	22. 2,35 "	34. 2,54 "	46. 2,68 "
11. 2,12 "	23. 2,38 "	35. 2,56 "	47./57. 2,70 "
12. 2,15 "	24. 2,39 "	36. 2,58 "	

Zusammendrückung bei 47 Pressungen:
2,70—1,24 = 1,46 cm.

Hohlräume im znsammengepreßten Kleinschlag = 27,63 Vol.-%.

Dichtigkeitsgrad der Pressung $\frac{100-27,63}{100}$
= 0,72.

III. Preßversuch. Einwage: 11,10 kg.

1. 0,88 cm	13. 1,90 cm	25. 2,25 cm	37. 2,39 cm
2. 1,10 "	14. 1,94 "	26. 2,26 "	38. 2,40 "
3. 1,30 "	15. 1,99 "	27. 2,27 "	39. 2,42 "
4. 1,41 "	16. 2,02 "	28. 2,29 "	40. 2,44 "
5. 1,51 "	17. 2,06 "	29. 2,30 "	41. 2,47 "
6. 1,60 "	18. 2,10 "	30. 2,31 "	42. 2,49 "
7. 1,66 "	19. 2,12 "	31. 2,31 "	43. 2,49 "
8. 1,70 "	20. 2,15 "	32. 2,32 "	44. 2,49 "
7. 1,75 "	21. 2,18 "	33. 2,34 "	45. 2,51 "
8. 1,79 "	22. 2,20 "	34. 2,35 "	46./56. 2,52 "
9. 1,81 "	23. 2,20 "	35. 2,37 "	
10. 1,86 "	24. 2,23 "	36. 2,37 "	

Zusammendrückung bei 46 Pressungen:
2,52—0,88 = 1,62 cm.

Hohlräume im zusammengepreßten Kleinschlag = 27,12 Vol.-%.

Dichtigkeitsgrad der Pressung $\frac{100-27,12}{100}$
= 0,73.

4. Separation des Pressungsprodukts.

Korngröße	Gewicht	Gew.-%	Gruppen
5 × 5 × 5 cm	11,63 kg	35,13 %	I 69,96 %
5 × 4 × 4 "	6,31 "	19,06 "	
4 × 3 × 3 "	5,22 "	15,77 "	
30—20 mm	4,44 "	13,41 "	II 20,27 %
20—10 "	2,27 "	6,86 "	
10—5 "	1,61 "	4,87 "	III 6,08 %
5—4 "	0,15 "	0,45 "	
4—3 "	0,25 "	0,76 "	
3—2 "	0,28 "	0,85 "	IV 1,67 %
2—1 "	0,27 "	0,82 "	
unter 1 "	0,67 "	2,02 "	V 2,02 %
	<u>33,10 kg</u>		

Um das Ergebnis des Pressungsversuchs mit der Zusammensetzung der alten Straßendecke vergleichen zu können, waren von den Separationsprodukten der letzteren (s. S. 31) 10% Splittzusatz abzuziehen, dessen Verwitterungsmaterial fast ausschließlich auf Gruppe IV und V und zwar etwa in dem Verhältnis 1:2 zu verrechnen sein wird.

Demgemäß ergibt sich folgende Zusammenstellung:

Alte Straßendecke	Frischer Stein- schlag gepreßt:	Abnahme (—) und Zunahme (+) in d. alten Decke.
Gruppe I: 26,66 %	69,96 %	— 43,30 %
" II: 30,61 "	20,27 "	+ 10,34 "
" III: 15,91 "	6,08 "	+ 9,83 "
" IV: 9,79 "	1,67 "	+ 8,12 "
" V: 17,03 "	2,02 "	+ 15,01 "

} 43,30 %¹⁾

Es sind demnach in der 16 Jahre alten Findlings-Straßendecke, trotz der stetigen Aus-

¹⁾ s. die Fußnote ¹⁾ auf S. 25.

besserung, rund 44 Gew.-% des groben Stein-
schlags zerstört worden und zwar ist daraus ein
Zerkleinerungsmaterial entstanden, welches vor-
zugsweise die Korngruppe V enthält, aber auch
sehr reichliche Mengen der Gruppen II, III und IV.

Über die allgemeinen Resultate, welche sich
aus den Untersuchungsergebnissen der Find-
lings-Straßendecken ableiten lassen, siehe die
Zusammenfassung am Schlusse dieses Kapitels.

XI. Provinzial-Chaussee Danzig-Berent.

Probeentnahme: zwischen 2,0—3,0 km, Feldmark Schönfeld.

Einsender: Landesbauinspektion Danzig.

Herkunft des Findlingsmaterials und des Bindematerials (lehmfreier Kies): Umgehend
von Danzig.

Alter der Decke: 2½ Jahre.

Untergrund: Trockener Sandboden.

Lage: Sonnig, Probeentnahmestelle liegt in einer Steigung.

Verkehr: 415 Fuhrwerke und zwar: 225 Lastwagen, 165 leichte Wagen und 25 Automobile.

Erhaltung: Abnutzung bisher 16 mm pro Jahr, bei Verwendung von 15 cbm Stein-
schotter pro km zur Ausbesserung.

Eine Stichprobe aus dem zum Straßenbau
verwendeten Findlings-Kleinschlag ergab folgen-
des Mengenverhältnis der einzelnen Gesteins-
arten, unter Berücksichtigung ihres Verwitterungs-
grades.

	Qualitäts- ziffer:	Pro- dukt:
46,40 Gew.-%, Granitische u. dioritische Gesteine, frisch	1,5	69,60
25,20 „ desgleichen verwittert, mehr oder weniger mürbe	4,5	113,40
6,05 „ Gneisart. Gesteine, frisch	2,0	12,10
2,10 „ desgleichen verwittert, mehr oder weniger mürbe	5,5	11,55
3,20 „ Quarzit, frisch	1,5	4,80
17,05 „ Kieselsandstein, fest aber sehr spröde und deshalb unter der Walze leicht zerdrückbar	3,0	51,15
		<u>262,60</u>

Durchschnittliche Qualitätsziffer: 2,63

Das Material gehört demnach zur Klasse:
II—III, ist also unter mittlerer Qualität.

1. Separation der Straßendeckenprobe.

Gewicht des Probematerials: 212 kg.

Korngröße	Gewicht der einzelnen Sepa- rationen	In Pro- zenten des Gesamt- gewichts	Gruppen		
Grober Stein- schlag	6 × 5 × 4 cm 4 × 4 × 3 „ 4 × 3 × 2 „	3,55 kg 29,45 „ 20,95 „	1,68 % 13,92 „ 9,90 „	I 25,50 %	
Kleiner Stein- schlag	30—20 mm 20—12 „	28,95 „ 24,85 „	13,69 „ 11,75 „		II 25,44 %
Grus	12—10 „ 10—5 „ 5—4 „	8,10 „ 14,94 „ 3,90 „	3,83 „ 7,07 „ 1,84 „		
Sand	4—3 „ 3—2 „ 2—1 „ unter 1 „	5,71 „ 8,38 „ 8,12 „ 2,33 „	2,70 „ 3,96 „ 3,84 „ 1,10 „	III 12,74 % IV 11,60 %	
Schlick	0,7—0,05 „ 0,05—0,02 „ 0,01 „ und darunter	36,52 „ 5,64 „ 10,14 „	17,26 „ 2,67 „ 4,79 „		
				V 24,72 %	

Eine Übersicht über das Mengenverhältnis der einzelnen Separationsprodukte gibt das Diagramm Fig. 11.

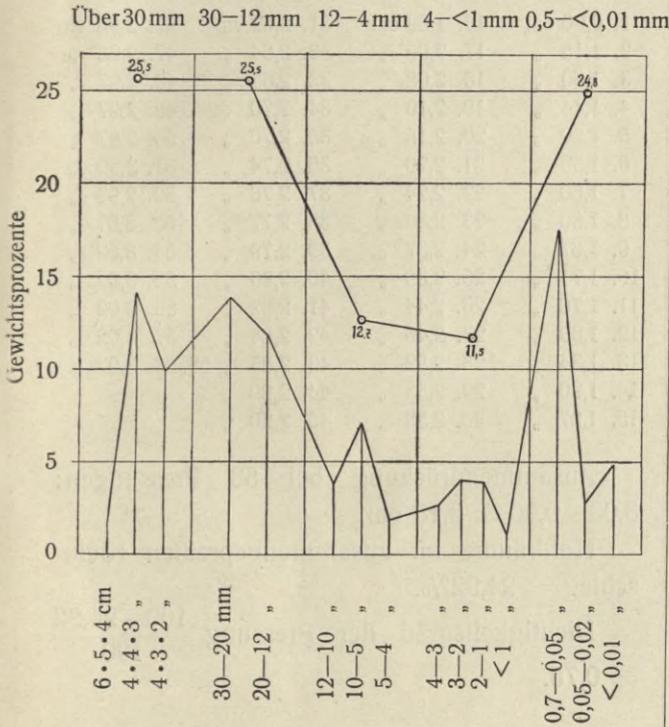


Fig. 11

In Rücksicht auf das nur 2¹/₂ jährige Alter der Straßendecke ist die Zusammensetzung derselben als eine günstige nicht zu bezeichnen. An grobem Material sind nur 25,50% vorhanden, an Material der Gruppe II 25,44%, während der Gehalt an Schlick 24,72% beträgt. Das Mengenverhältnis ist daher ungünstiger als an der vorhergehenden, 16 Jahre alten Decke der Chaussee von Hopfengarten-Mogilno, s. S. 31, welche annähernd gleichen Verkehr aufweist. Erwägt man, daß die Strecke eine sonnige Lage und trockenen Untergrund hat, so kann neben der Steigung nur das schlechtere Material zur Erklärung herangezogen werden, dessen geringere Qualität sich auch aus dem Pressungsversuch, s. S. 36, ergibt.

Die Eigenschaft der schlickartigen Substanz ist aus der nachfolgenden Untersuchung ersichtlich.

2. Untersuchung des schlickartigen Zerkleinerungsmaterials der Korngröße 0,5 mm und darunter.

50 g aus der getrockneten Schlickmasse wurden mit Wasser aufgeköcht und im Schönen Schlämmapparat separiert.

Ergebnis:

- a. Korngröße 0,5—0,05 mm = 34,91 g (17,26% des Schotters).
- b. Korngröße 0,05—0,02 mm = 5,39 g (2,67% des Schotters).
- c. Korngröße 0,01 mm und darunter = 9,70 g (4,79% des Schotters).

Das Material zu a und b, 0,5—0,02 mm, erwies sich unter dem Mikroskop in der Hauptsache aus Quarz und wenig Erzpartikeln bestehend, während das Material zu c vollkommen frei von Quarz erschien und lediglich aus Tonpartikelchen bestand.

Die chemische Analyse der Tonsubstanz des Schlicks (0,01 mm und darunter) ergab:

SiO ₂	=	60,44%
Fe ₂ O ₃	=	6,92 "
Al ₂ O ₃	=	21,78 "
CaO	=	4,39 "
MgO	=	1,02 "
CO ₂	=	1,60 "
Alkalien	=	0,10 " (aus d. Differenz)
Wasser	=	3,75 "
		100,00 %

Der Gehalt an SiO₂, Fe₂O₃ und CaO ist hiernach erheblich höher als der Durchschnittsgehalt dieser Bestandteile in der normalen Tonsubstanz. Auch der Gehalt an Quarz- und anderem Gesteinsmehl (19,93%) ist im Verhältnis zum reinen Ton (4,79%) sehr hoch. Der Schlick ist deshalb mager und hat eine so geringe Bindungsfähigkeit, daß weder die Nadelprobe noch die Zerreißungsversuche nennenswerte Resultate lieferten.

3. Pressungsversuch mit Findlings-Kleinschlag der Umgegend von Danzig.

Die Pressungen wurden mit einem Druck von 10000 bis 20000 kg auf 841 qcm Druckfläche in der S. 24 angegebenen Weise ausgeführt.

Die Zusammensetzung des Kleinschlags ist mit der des Materials der alten Straßendecke identisch, s. S. 34. Über die Abnutzungshärte der wichtigsten Findlingstypen ist S. 28 u. f. das Nähere angegeben.

I. Preßversuch. Einwage: 11,57 kg.

1. 0,50 cm	13. 1,90 cm	25. 2,28 cm	37. 2,58 cm
2. 0,90 "	14. 1,93 "	26. 2,30 "	38. 2,60 "
3. 1,20 "	15. 1,97 "	27. 2,32 "	39. 2,61 "
4. 1,30 "	16. 2,00 "	28. 2,34 "	40. 2,63 "
5. 1,43 "	17. 2,04 "	29. 2,37 "	41. 2,66 "
6. 1,51 "	18. 2,08 "	30. 2,40 "	42. 2,67 "
7. 1,60 "	19. 2,10 "	31. 2,42 "	43. 2,69 "
8. 1,69 "	20. 2,12 "	32. 2,47 "	44. 2,69 "
9. 1,70 "	21. 2,16 "	33. 2,50 "	45./56. 2,70 "
10. 1,77 "	22. 2,19 "	34. 2,51 "	
11. 1,80 "	23. 2,21 "	35. 2,54 "	
12. 1,85 "	24. 2,25 "	36. 2,56 "	

Zusammendrückung bei 45 Pressungen: 2,70—0,50 = 2,20 cm.

Hohlräume im zusammengepreßten Kleinschlag = 25,02%.

Dichtigkeitsgrad der Pressung $\frac{100-25,02}{100}$
= 0,75.

II. Preßversuch. Einwage: 10,6 kg.

1. 0,95 cm	14. 2,23 cm	27. 2,82 cm	40. 3,17 cm
2. 1,20 "	15. 2,28 "	28. 2,87 "	41. 3,18 "
3. 1,35 "	16. 2,33 "	29. 2,90 "	42. 3,20 "
4. 1,50 "	17. 2,36 "	30. 2,95 "	43. 3,20 "
5. 1,53 "	18. 2,44 "	31. 2,97 "	44. 3,22 "
6. 1,68 "	19. 2,48 "	32. 2,99 "	45. 3,23 "
7. 1,71 "	20. 2,58 "	33. 3,02 "	46. 3,23 "
8. 1,88 "	21. 2,60 "	34. 3,05 "	47. 3,23 "
9. 1,92 "	22. 2,69 "	35. 3,10 "	48. 3,24 "
10. 1,98 "	23. 2,71 "	36. 3,12 "	49. 3,25 "
11. 2,05 "	24. 2,75 "	37. 3,14 "	50. 3,25 "
12. 2,10 "	25. 2,78 "	38. 3,15 "	
13. 2,17 "	26. 2,82 "	39. 3,15 "	

Zusammendrückung bei 49 Pressungen: 3,25—0,95 = 2,30 cm.

Hohlräume im zusammengepreßten Kleinschlag = 24,97%.

Dichtigkeitsgrad der Pressung $\frac{100-24,97}{100}$
= 0,75.

III. Preßversuch. Einwage: 10,6 kg.

1. 0,90 cm	16. 1,99 cm	31. 2,62 cm	46. 2,93 cm
2. 1,15 "	17. 2,00 "	32. 2,64 "	47. 2,95 "
3. 1,30 "	18. 2,08 "	33. 2,65 "	48. 2,97 "
4. 1,44 "	19. 2,10 "	34. 2,70 "	49. 2,97 "
5. 1,50 "	20. 2,15 "	35. 2,70 "	50. 2,97 "
6. 1,53 "	21. 2,20 "	36. 2,74 "	51. 2,99 "
7. 1,60 "	22. 2,24 "	37. 2,76 "	52. 2,99 "
8. 1,60 "	23. 2,30 "	38. 2,77 "	53. 3,01 "
9. 1,67 "	24. 2,37 "	39. 2,79 "	54. 3,02 "
10. 1,71 "	25. 2,39 "	40. 2,80 "	55. 3,02 "
11. 1,76 "	26. 2,44 "	41. 2,82 "	56. 3,02 "
12. 1,80 "	27. 2,46 "	42. 2,84 "	57. 3,02 "
13. 1,84 "	28. 2,52 "	43. 2,85 "	58./68. 3,03 "
14. 1,90 "	29. 2,53 "	44. 2,89 "	
15. 1,97 "	30. 2,58 "	45. 2,90 "	

Zusammendrückung bei 58 Pressungen: 3,03—0,90 = 2,13 cm.

Hohlräume im zusammengepreßten Kleinschlag = 24,92%.

Dichtigkeitsgrad der Pressung $\frac{100-24,92}{100}$
= 0,75.

4. Separation des Pressungsprodukts.

Korngröße	Gewicht	Gew.-%	Gruppen
5 × 5 × 5 cm	2,80 kg	24,20 %	I 59,37 %
5 × 4 × 4 "	1,95 "	16,85 "	
4 × 3 × 3 "	2,12 "	18,32 "	
30—20 mm	2,03 "	17,54 "	II 25,75 %
20—10 "	0,95 "	8,21 "	
10—5 "	0,80 "	6,92 "	III 8,90 %
5—4 "	0,10 "	0,86 "	
4—3 "	0,13 "	1,12 "	
3—2 "	0,16 "	1,39 "	
2—1 "	0,17 "	1,47 "	IV 2,86 %
unter 1 "	0,36 "	3,12 "	
	11,57 kg		V 3,12 %

Über das Ergebnis des Pressungsversuchs mit einem Druck von 13500—27000 kg s. S. 10.

Ein Vergleich der vorstehend verzeichneten Zerkleinerungsgruppen mit denen am Kleinschlag von Hopfengarten läßt erkennen, daß das letztgedachte Material von beträchtlich fester Beschaffenheit ist. Es ergab der Pressungs-

versuch des Findlingskleinschlags von Danzig an Material der Gruppe I 59,37%, dasjenige von Hopfengarten dagegen 69,96%, also ca. 10% mehr. Die Qualitätsbestimmung beider Findlingsmaterialien, nach Maßgabe ihres Erhaltungszustandes, ergibt Klasse II—III bezw. II. Augenscheinlich ist es der größere Gehalt an Kieselsandstein und verwittertem Granit, welcher die Qualität des Kleinschlags aus der Umgegend von Danzig verringert.

Behufs Vergleichung des obigen Separationsergebnisses mit dem der Straßendeckenprobe, sind von dem letzteren Resultat 10% Splittzusatz abzuziehen und auf Gruppe IV und V zu verrechnen.

Alsdann ergibt sich folgende Zusammenstellung:

Alte Straßendecke:	Frischer Stein- schlag gepreßt:	Abnahme (—) u. Zunahme (+) in d. alten Decke:
Gruppe I: 28,33%	59,37%	— 31,04%
„ II: 28,27 „	25,75 „	+ 2,52 „
„ III: 14,15 „	8,90 „	+ 5,25 „
„ IV: 9,20 „	2,86 „	+ 6,34 „
„ V: 20,05 „	3,12 „	+ 16,93 „
		} 31,04% ¹⁾ .

Es sind demnach in 2¹/₂ Jahren, trotz der sonnigen Lage und des trockenen Untergrundes der Chaussee, ca. 31% des groben Steinschlags in der Straßendecke zerstört worden und zwar ist daraus ein Zerkleinerungsmaterial entstanden, welches vorzugsweise die Korngruppe V enthält.

Berücksichtigt man, daß in dem verwendeten Kleinschlag (s. S. 34) 25,20 + 2,10 = 27,30% mehr oder weniger verwitterten granitischen und gneisartigen Gesteins vorhanden waren, und daß darin überdies 17,05% Kieselsandstein von geringer Druckfestigkeit vorkommen, so ergibt sich eine genügende Erklärung für die in der Straßendecke stattgefundenen Veränderungen, wobei vielleicht auch noch die Verwendung einer für das Material zu schweren Walze in Betracht kommen mag.

Seitens der Landesbauinspektion Danzig ist noch eine zweite Probe von demselben Material, aber von einer Straßenstrecke in nasser Lage, eingesandt worden, deren Untersuchungsergebnis zur Vergleichung hier angeschlossen ist.

XII. Provinzial-Chaussee Danzig-Karthus.

Probeentnahme: zwischen 5,1—6,1 km, Feldmark Nenkau.

Einsender: Landesbauinspektion Danzig.

Herkunft des Findlingsmaterials und des Bindematerials (lehmhaltiger Kies): Umgegend von Danzig.

Alter der Decke: 1¹/₄ Jahr.

Untergrund: Quellig.

Lage: Naß.

Verkehr: Stark. 560 Fuhrwerke und zwar: 510 Lastwagen, 30 leichte Wagen und 20 Automobile.

Erhaltung: Abnutzung bisher, also in etwas mehr als einem Jahr 2 cm, bei Verwendung von 60 cbm Steinschotter pro km zur Ausbesserung.

Der Findlings-Kleinschlag ist identisch mit dem zu XI, Qualitätsklasse also II—III. Während jedoch zu XI lehmfreier Kies als Bindematerial verwendet wurde, ist hier lehmhaltiger Kies zur Anwendung gelangt.

¹⁾ s. die Fußnote ¹⁾ auf S. 25.

1. Separation der Straßendeckenprobe.

Gewicht des Probematerials: 227 kg.

Korngröße		Gewicht der einzelnen Separationen	In Prozenten des Gesamtgewichts	Gruppen
Grober Stein-schlag	7 × 4 × 4 cm	6,05 kg	2,68 %	I 41,13 %
	5 × 4 × 3 "	37,25 "	16,49 "	
	4 × 3 × 2 "	49,62 "	21,96 "	
Kleiner Stein-schlag	30—20 mm	37,00 "	16,58 "	II 27,87 %
	20—12 "	25,50 "	11,29 "	
Grus	12—10 "	7,50 "	3,32 "	III 9,47 %
	10—5 "	11,85 "	5,24 "	
	5—4 "	2,06 "	0,91 "	
Sand	4—3 "	2,74 "	1,21 "	IV 7,47 %
	3—2 "	4,84 "	2,14 "	
	2—1 "	5,44 "	2,41 "	
	unter 1 "	4,07 "	1,71 "	
Schlick und darunter	0,5—0,05 "	13,74 "	6,08 "	V 14,16 %
	0,05—0,02 "	6,58 "	2,91 "	
	0,01 "	11,68 "	5,17 "	

Eine Übersicht über das Mengenverhältnis der einzelnen Separationsprodukte gibt das Diagramm Fig. 12.

Zum Vergleich mögen die Korngruppen der beiden aus demselben Findlingsmaterial hergestellten Straßendecken XI und XII hier zusammengestellt werden:

XI. Alter 2 1/2 Jahre. Sonnige Lage.

Gruppen:

I	II	III	IV	V
24,00%	27,55%	14,32%	12,14%	21,99%

XII. Alter 1 1/4 Jahr. Nasse Lage.

Gruppen:

I	II	III	IV	V
41,13%	27,87%	9,47%	7,47%	14,16%

Hätte die Zerstörung des Materials proportional dem Alter zugenommen, so würden sich aus der 2 1/2 Jahre alten Straßendecke XI folgende Korngruppen für eine Decke von 1 1/4 Jahren berechnen lassen:

I	II	III	IV	V
40%	21,76%	11,30%	9,58%	17,36%

Naturgemäß nimmt die Zerstörung des Kleinschlags jedoch in steigendem Verhältnis mit dem Alter der Straßendecke zu, die berechneten Werte für die Straßendecke XII wären hiernach also zu hoch. Daß sie trotzdem noch von dem tatsächlichen Befund übertroffen werden, ist auf die nasse Lage der Straße zurückzuführen, wo-

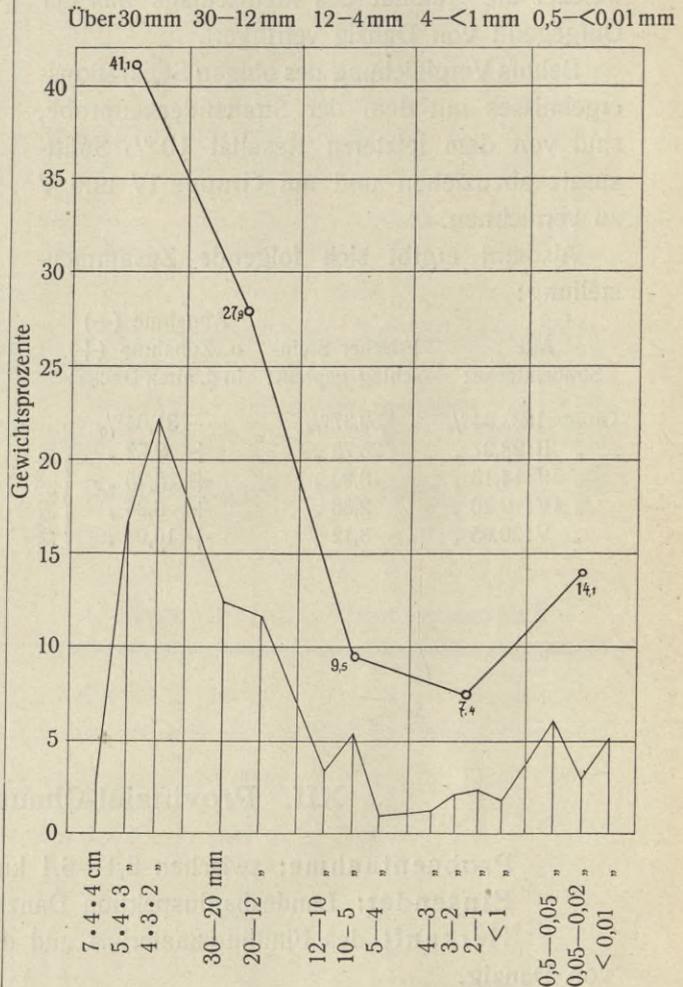


Fig. 12

durch namentlich das feinere Material eine starke Verwitterung erlitten hat. Nahezu gleich ist der Prozentgehalt der Gruppe II geblieben, es hat also die Neubildung von Material dieser Korngröße durch Zerdrückung und Verwitterung größerer Körner gleichen Schritt gehalten mit der Zerstörung des ursprünglich in der Straßendecke vorhanden gewesenen Prozentsatzes dieser Korngruppe.

2. Untersuchung des schlickartigen Zerkleinerungsmaterials der Korngröße 0,5 mm und darunter.

50 g der getrockneten Schlickmasse, mit Wasser aufgeköcht und im Schöneschen Schlämmapparat separiert, ergaben folgendes Resultat:

- a. Korngröße 0,5–0,05 mm = 21,46 g
(6,08% des Schotters).
- b. Korngröße 0,05–0,02 mm = 10,29 g
(2,91% des Schotters).
- c. Korngröße 0,01 mm und darunter = 18,25 g
(5,17% des Schotters).

Das Material zu a und b, 0,05–0,02 mm, erwies sich unter dem Mikroskop in der Hauptsache aus Quarz und Feldspat bestehend, mit untergeordnetem Glimmer und Erzkörnchen. Das Material zu c ist frei von Quarz und besteht lediglich aus Tonpartikeln.

Die chemische Analyse der Tonsubstanz des Schlicks (0,01 mm und darunter) ergab:

SiO ₂	=	54,64%
Fe ₂ O ₃	=	8,12 "
Al ₂ O ₃	=	19,86 "
CaO	=	9,77 "
MgO	=	0,81 "
CO ₂	=	2,79 "
Alkalien	=	0,11 " (aus d. Differenz)
Wasser	=	3,90 "
		100,00 %

Es handelt sich demnach auch hier um einen mageren Ton, und obgleich der Sandgehalt nicht sehr hoch ist (8,99% gegenüber 5,17% Ton), erwies sich die Bindefähigkeit des Schlicks doch nicht beträchtlich genug, um nennenswerte Resultate der Nadelprobe und Festigkeitsprüfung zu liefern.

Über die Pressungsversuche mit dem frischen Findlings-Kleinschlag s. S. 36.

Folgende Zusammenstellung gestattet eine Vergleichung der Separationsprodukte aus der Straßendecke¹⁾ und den Pressungsversuchen:

Straßendecke:	Frischer Stein- schlag gepreßt:	Abnahme (–) u. Zunahme (+) i. d. Straßendecke:
Gruppe I: 45,70%	59,37%	– 13,67%
„ II: 30,96 „	25,75 „	+ 5,21 „
„ III: 10,05 „	8,90 „	+ 1,15 „
„ IV: 4,72 „	2,86 „	+ 1,86 „
„ V: 8,57 „	3,12 „	+ 5,45 „

} 13,67%

Es sind demnach in der naß gelegenen Straßendecke innerhalb 1¹/₄ Jahr 13,67 Gew.-% des groben Steinschlags zerstört worden, und zwar ist daraus ein Zerkleinerungsmaterial entstanden, welches vorzugsweise die Gruppen II und V enthält.

¹⁾ Die Gruppennummern sind auf das splittfreie Material reduziert, s. S. 37.

XIII. Chaussee Barmstedt-Hoffnung, Prov. Schleswig-Holstein.

Einsender: Landesbauamt Pinneberg.

Herkunft des Findlingsmaterials: Umgegend.

Alter der Decke: Die Chaussee wurde 1867 erbaut; im Jahre 1890 ist die Decke in Stärke von 9 cm erneuert, 1900 wiederum eine neue Decklage von 8 cm aufgebracht worden und 1907 eine solche von gleicher Stärke. Zur Zeit der Probeentnahme (1911) lag die obere Decke 4 Jahre, es ist aber auch z. T. 11 Jahre altes Material aus der tieferen Lage aufgenommen worden, da sich in der Probe zusammenhängende Stücke von 10 cm Dicke befanden.

Untergrund: Sand, welcher in 0,75–1,0 m Tiefe wasserhaltig ist. Obgleich die Straße von 0,75–1,0 m tiefen Gräben mit ausreichender Vorflut eingefäßt ist, das Grundwasser daher

nicht bis zur Straßendecke aufsteigen kann, wird dieselbe doch reichlich Verdunstungsfeuchtigkeit aus dem Untergrunde aufnehmen, zumal die Straße gegen nördliche Winde geschützt liegt. Packlage: Grober Grand.

Lage: Horizontal, Richtung O-W, Nordseite von einem mit Buschwerk bewachsenen Wall von 4 m Höhe begrenzt.

Verkehr: ca. 300 Normalzugtiere. Außer starkem landwirtschaftlichen Verkehr, viele schwere Mühlen- und Kieswagen.

Erhaltung: Bei regelmäßiger Ausbesserung ziemlich gut.

Der Verschleiß betrug für die Zeit von:

1867—1878	jährlich	durchschnittlich	7 mm
1878—1890	"	"	7 "
1890—1900	"	"	8 "
1900—1907	"	"	11 "

Die Zunahme der Abnutzung dürfte im wesentlichen auf Steigerung des Verkehrs zurückzuführen sein.

Eine Stichprobe aus dem zum Straßenbau verwendeten Findlings-Kleinschlag ergab folgendes Mengenverhältnis der einzelnen Gesteinsarten, unter Berücksichtigung ihres Verwitterungsgrades:

		Qualitäts-	Pro-
		ziffer:	dukt:
27,20	Gew.-%o	Granit, frisch	1,5 40,80
21,20	"	desgl., verwittert, mehr	
		oder weniger mürbe	4,0 84,80
32,75	"	Diorit, frisch	1,5 48,13
5,05	"	Gneisgranit, frisch	2,0 10,10
3,30	"	Granitporphyr, frisch	1,5 4,95
3,75	"	Quarzit	1,0 3,75
6,75	"	Kieselsandstein, fest aber	
		sehr spröde	3,0 20,25
			<u>212,78</u>

Durchschnittliche Qualitätsziffer: 2,13.

Der Kleinschlag gehört demnach zur Klasse II, ist also von mittlerer Qualität. Es ist jedoch zu bemerken, daß das Material mangelhaft geschlagen ist, so daß sich neben der vorherrschenden Korngröße $6 \times 5 \times 4$ cm auch unzerkleinerte Geschiebe von $10 \times 8 \times 8$ cm vorfinden.

1. Separation der Straßendeckenprobe.

Gewicht des Probematerials 221 kg.

Korngröße		Gewicht der einzelnen Separationen	In Prozenten des Gesamtgewichts	Gruppen
Grober Stein-schlag	$6 \times 5 \times 4$ cm	6,60 kg	3,00 %	I 31,90 %
	$4 \times 3 \times 2$ "	27,70 "	12,60 "	
	$3 \times 2 \times 2$ "	30,35 "	13,80 "	
	$3 \times 2 \times 1$ "	5,50 "	2,50 "	
Kleiner Stein-schlag	30—20 mm	23,20 "	10,56 "	II 20,38 %
	20—12 "	21,60 "	9,82 "	
Grus	12—10 "	6,30 "	2,86 "	III 9,60 %
	10—5 "	12,00 "	5,45 "	
	5—4 "	2,85 "	1,29 "	
	4—3 "	4,57 "	2,08 "	
Sand	3—2 "	5,43 "	2,47 "	IV 9,70 %
	2—1 "	7,82 "	3,57 "	
	unter 1 "	3,44 "	1,58 "	
Schlick	0,5—0,05 "	46,00 "	20,90 "	V 28,42 %
	0,05—0,02 "	6,17 "	2,81 "	
	0,01 "	10,33 "	4,71 "	
	u. darunter			

Eine Übersicht über das Mengenverhältnis der einzelnen Separationsgruppen gibt das Diagramm Fig. 13.

Ogleich der Gehalt an grobem Material noch 31,9% beträgt, ist die Zusammensetzung der Decke als eine besonders günstige nicht zu bezeichnen, da nur 20,38% der Gruppe II vorhanden sind, und der Gehalt an Schlick sogar 28,42% beträgt. Als Ursache hierfür darf der starke Verkehr, neben dem hohen Grundwasserstand, angesehen werden, sowie die gegen nördliche Winde geschützte Lage, welche das Ab-

trocknen der Straße während der Herbstmonate verzögert bzw. verhindert, so daß eine starke Frostwirkung in der nassen Decke eintreten muß.

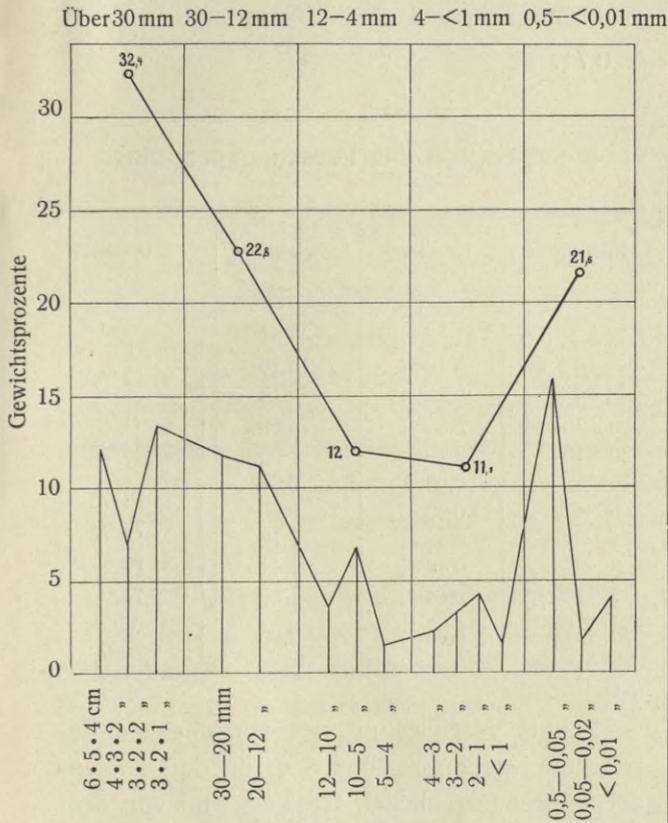


Fig. 13

2. Untersuchung des schlickartigen Zerkleinerungsmaterials der Korngröße 0,5 mm und darunter.

50 g der getrockneten Schlickmasse, mit Wasser aufgekocht und im Schöneschen Schlammapparat separiert, ergaben folgendes Resultat:

- a. Korngröße 0,5—0,05 mm = 36,79 g
(20,90% des Schotters).
- b. Korngröße 0,05—0,02 mm = 4,94 g
(2,81% des Schotters).
- c. Korngröße 0,01 mm und darunter = 8,27 g
(4,71% des Schotters).

Das Material zu a und b, 0,5—0,02 mm, erwies sich unter dem Mikroskop vorzugsweise aus Quarz bestehend, mit untergeordneten Körnchen von Hornblende und Erz. Das Material

zu c ist frei von Quarz und besteht lediglich aus Tonpartikeln.

Die chemische Analyse der Tonsubstanz des Schlicks (0,01 mm und darunter) ergab:

SiO ₂	=	67,04 %
Fe ₂ O ₃	=	7,25 "
Al ₂ O ₃	=	10,15 "
CaO	=	2,50 "
MgO	=	0,83 "
CO ₂	=	1,02 "
Alkalien	=	8,31 " (aus d. Differenz)
Wasser	=	2,90 "
		100,00 %

Dem ziemlich hohen SiO₂-Gehalt steht ein niedriger Gehalt an Al₂O₃ gegenüber, während der Wassergehalt ein ausnahmsweise hoher ist. Die Bindungsfähigkeit des Schlicks erwies sich als eine so geringe, daß die Nadelprobe und die Prüfung auf Zerreißfestigkeit zu keinem nennenswerten Resultat führten. Trotzdem fanden sich an der eingesandten Straßendeckenprobe noch zusammenhängende Stücke bis zu 40 × 30 × 10 cm Abmessung, und wenngleich dieselben leicht zerbrechlich waren, so deutet das immerhin auf eine gewisse Bindungsfähigkeit in der Schottermasse hin, welche jedoch weniger auf die besondere Eigenschaft des Schlicks, als vielmehr auf dessen Mengenverhältnis (28,42% der Gesamtmasse) zurückzuführen ist.

3. Pressungsversuch mit Findlings-Kleinschlag der Umgegend von Pinneberg.

Die Pressungen wurden mit einem Druck von 10000 bis 20000 kg auf 841 qcm Druckfläche in der S. 9 angegebenen Weise ausgeführt.

Die Zusammensetzung des Kleinschlags ist mit der des Materials der alten Straßendecke identisch s. S. 40. Über die Abnutzungshärte der wichtigsten Findlingstypen ist S. 28 u. f. das nähere angegeben.

I. Preßversuch: Einwage 11,28 kg.

1. 5,00 cm	14. 6,20 cm	27. 6,64 cm	40. 6,94 cm
2. 5,30 "	15. 6,23 "	28. 6,67 "	41. 6,94 "
3. 5,50 "	16. 6,25 "	29. 6,70 "	42. 6,95 "
4. 5,64 "	17. 6,29 "	30. 6,72 "	43. 6,96 "
5. 5,70 "	18. 6,34 "	31. 6,75 "	44. 6,98 "
6. 5,78 "	19. 6,38 "	32. 6,79 "	45. 6,98 "
7. 5,85 "	20. 6,40 "	33. 6,81 "	46. 6,99 "
8. 5,90 "	21. 6,44 "	34. 6,83 "	47. 7,00 "
9. 6,00 "	22. 6,49 "	35. 6,85 "	48. 7,00 "
10. 6,07 "	23. 6,51 "	36. 6,88 "	49. 7,01 "
11. 6,09 "	24. 6,55 "	37. 6,90 "	50./61. 7,02 "
12. 6,15 "	25. 6,57 "	38. 6,91 "	
13. 6,17 "	26. 6,61 "	39. 6,93 "	

Zusammendrückung bei 51 Pressungen:
7,02—5,00 = 2,02 cm.

Hohlräume im zusammengepreßten Kleinschlag = 29,5 Vol.-%.

$$\text{Dichtigkeitsgrad der Pressung} = \frac{100 - 29,5}{100} = 0,71.$$

II. Preßversuch: Einwage 11,45 kg.

1. 0,78 cm	12. 2,04 cm	23. 2,37 cm	34. 2,60 cm
2. 1,25 "	13. 2,08 "	24. 2,40 "	35. 2,60 "
3. 1,41 "	14. 2,10 "	25. 2,40 "	36. 2,62 "
4. 1,50 "	15. 2,13 "	26. 2,44 "	37. 2,64 "
5. 1,57 "	16. 2,18 "	27. 2,47 "	38. 2,65 "
6. 1,68 "	17. 2,20 "	28. 2,49 "	39. 2,67 "
7. 1,75 "	18. 2,22 "	29. 2,51 "	40. 2,68 "
8. 1,84 "	19. 2,24 "	30. 2,52 "	41. 2,70 "
9. 1,91 "	20. 2,28 "	31. 2,55 "	42. 2,73 "
10. 1,96 "	21. 2,31 "	32. 2,57 "	43. 2,74 "
11. 2,00 "	22. 2,33 "	33. 2,59 "	44./55. 2,75 "

Zusammendrückung bei 45 Pressungen:
2,75—0,78 = 1,97 cm.

Hohlräume im zusammengepreßten Kleinschlag = 29,18 Vol.-%.

$$\text{Dichtigkeitsgrad der Pressung} = \frac{100 - 29,18}{100} = 0,71.$$

III. Preßversuch: Einwage 11,25 kg.

1. 1,00 cm	14. 2,29 cm	27. 2,69 cm	40. 2,97 cm
2. 1,30 "	15. 2,33 "	28. 2,72 "	41. 2,98 "
3. 1,45 "	16. 2,37 "	29. 2,75 "	42. 2,98 "
4. 1,60 "	17. 2,38 "	30. 2,78 "	43. 2,99 "
5. 1,70 "	18. 2,42 "	31. 2,79 "	44. 3,00 "
6. 1,80 "	19. 2,44 "	32. 2,81 "	45. 3,00 "
7. 1,90 "	20. 2,45 "	33. 2,83 "	46. 3,01 "
8. 2,00 "	21. 2,47 "	34. 2,85 "	47. 3,01 "
9. 2,05 "	22. 2,50 "	35. 2,88 "	48. 3,02 "
10. 2,11 "	23. 2,54 "	36. 2,89 "	49./60. 3,03 "
11. 2,16 "	24. 2,58 "	37. 2,90 "	
12. 2,20 "	25. 2,61 "	38. 2,92 "	
13. 2,25 "	26. 2,64 "	39. 2,95 "	

Zusammendrückung bei 49 Pressungen:
3,03—1,00 = 2,03 cm.

Hohlräume im zusammengepreßten Kleinschlag = 28,92 Vol.-%.

$$\text{Dichtigkeitsgrad der Pressung} = \frac{100 - 28,92}{100} = 0,71.$$

4. Separation des Pressungsprodukts.

Korngröße	Gewicht	Gewichts-%	Gruppen
5 × 5 × 5 cm	11,15 kg	32,81	I 63,15 %
5 × 4 × 4 "	5,16 "	15,18	
4 × 3 × 3 "	5,15 "	15,16	
30—20 mm	5,30 "	15,59	II 23,54 %
20—10 "	2,70 "	7,95	
10—5 "	2,03 "	5,97	III 7,77 %
5—4 "	0,23 "	0,68	
4—3 "	0,38 "	1,12	
3—2 "	0,49 "	1,44	IV 2,74 %
2—1 "	0,44 "	1,30	
unter 1 "	0,95 "	2,80	V 2,80 %

Behufs Vergleichung des vorstehenden Separationsergebnisses mit dem an der Straßendeckenprobe erhaltenen Resultat sind von dem letzteren 10% Splittzusatz abzuziehen und auf Gruppe IV und V zu verrechnen. Alsdann ergibt sich folgende Zusammenstellung:

Alte Straßendecke:	Frischer Steinschlag gepreßt:	Abnahme (—) u. Zunahme (+) in d. alten Decke:
Gruppe I: 31,90 %	63,15 %	— 31,25 %
" II: 20,38 "	23,54 "	— 3,16 "
" III: 9,60 "	7,77 "	+ 1,83 "
" IV: 9,70 "	2,74 "	+ 6,96 "
" V: 28,42 "	2,80 "	+ 25,62 "
		34,41 %

Es sind demnach in etwa 6 Jahren ca. 34% des groben Steinschlags in der Straßendecke zerstört worden und zwar ist daraus ein Zerkleinerungsmaterial entstanden, welches vorzugsweise die Korngruppen IV (6,96%) und V (25,62%) enthält.

An leicht zerstörbarem Material waren in dem frischen Steinschlag vorhanden (s. S. 40): 6,75%

Kieselsandstein, welcher wegen seiner Sprödigkeit schon unter der Walze stark zerdrückt wird, und 21,20% mürber Granit. Das erste Material hat augenscheinlich im wesentlichen die Zerklein-

rungsprodukte der Gruppe IV, das zweite die Verwitterungs- und Zermürbungsprodukte der Gruppe V geliefert.

XIV. Berlin-Hamburger Chaussee.

Probeentnahme: Station 47,6 km, hinter dem Dorfe Berge i. M.

Einsender: Provinzial-Verwaltung Berlin.

Herkunft des Findlings-Kleinschlags: Chorin i. M. Material der Kiesdecke: Kiesgrube bei Modlow, Kr. Westhavelland.

Alter der Decke: 14 Jahre, jedoch z. Z. teilweise so stark abgenutzt, daß eine neue Decke aufgebracht wird. An der Stelle der Probeentnahme haben außer Reparaturen an kleinen Schlaglöchern keine größeren Ausbesserungen stattgefunden.

Lage: Horizontal; Untergrund: Vollkommen trocken.

Verkehr: Im allgemeinen gering. Schätzungsweise täglich 20 - 30 Fuhrwerke und 10 bis 20 Automobile.

Erhaltung: Stellenweise vollkommen abgenutzt, s. oben.

In der eingesandten Probe befand sich jedoch ein zusammenhängendes Deckenstück von 56 cm Länge, 40 cm Breite und 20 cm Höhe. Da das Bindemittel die einzelnen Steine ziemlich fest verkittete, so wurde zur Beurteilung der Bindungsfestigkeit folgender Versuch ausgeführt. Das auf eine Sandschicht gelagerte und mit einer Eisenplatte bedeckte Probestück wurde der Wirkung eines Fallgewichts unterworfen, wobei sich folgendes ergab:

- 10 Schläge mit 2 kg aus 1 m Höhe: Ohne sichtbare Wirkung;
- 2 „ „ 10 kg „ 1/2 m „ desgl.;
- 1 Schlag „ 10 kg „ 1 m „ Lockerung des obersten vorstehenden Steins;
- 3 Schläge „ 10 kg „ 1 m „ Zerfall des Agglomerats in mehrere größere Stücke.

Eine Stichprobe aus dem zum Straßenbau verwendeten Findlings-Kleinschlag ergab folgendes Mengenverhältnis der einzelnen Gesteinsarten, unter Berücksichtigung ihres Verwitterungsgrades:

	Qualitätsziffer:	Produkt:
74,10 % Granitisches und syenitisches, frisches Gestein	1,5	111,15
6,35 „ desgl. stark zermürbt	4,0	25,40
4,05 „ Gneisartiges Gestein, frisch	2,0	8,10
14,35 „ Hornblendegestein, frisch	1,0	14,35
1,15 „ Kieselsandstein	3,0	3,40
		162,40

Durchschnittliche Qualitätsziffer: 1,6.

Das Material gehört demnach zur Klasse I-II, ist also für Findlingsmaterial als von guter Qualität zu bezeichnen.

1. Separation der Straßendeckenprobe.

Gewicht des Probematerials 212,5 kg.

Korngröße	Gewicht der einzelnen Separationen	In Prozenten des Gesamtgewichts	Gruppen	
Grober Stein-schlag	8 × 7 × 5 cm	5,10 kg	12,12 %	I 32,43 %
	4 × 4 × 3 „	2,95 „	7,01 „	
	4 × 3 × 2 „	5,60 „	13,30 „	
Kleiner Stein-schlag	30-20 mm	4,90 „	11,64 „	II 22,80 %
	20-12 „	4,70 „	11,16 „	
Grus	12-10 „	1,55 „	3,68 „	III 12,01 %
	10-5 „	2,86 „	6,79 „	
	5-4 „	0,65 „	1,54 „	

Sand	4—3 mm	0,94 kg	2,23 %	IV
	3—2 "	1,35 "	3,21 "	
	2—1 "	1,76 "	4,18 "	
	unter 1 "	0,64 "	1,52 "	
11,14 %				
Schlick	0,5—0,05 "	6,66 "	15,82 "	V
	0,05—0,02 "	0,73 "	1,74 "	
	0,01 mm u. darunter	1,71 "	4,06 "	
21,62 %				

Eine Übersicht über das Mengenverhältnis der einzelnen Separationsgruppen gibt das Diagramm Fig. 14.

Über 30 mm 30—12 mm 12—4 mm 4—<1 mm 0,5—<0,01 mm

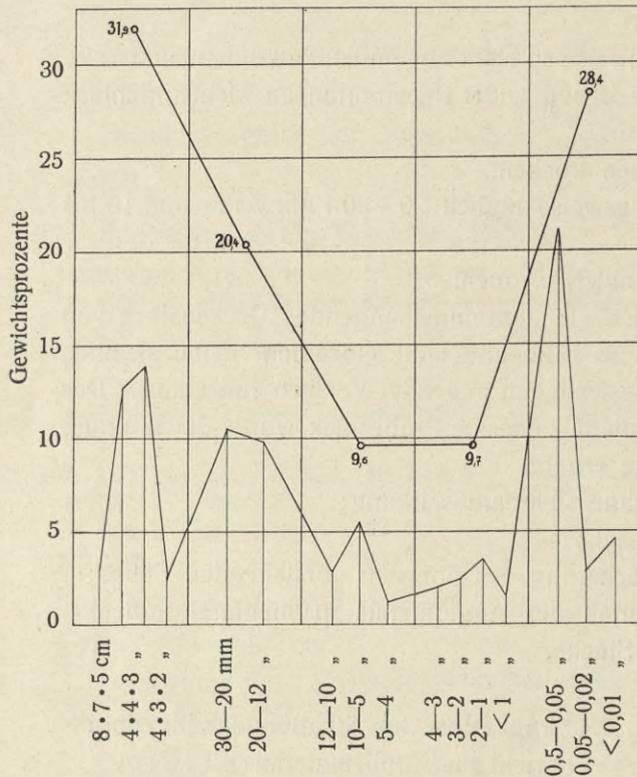


Fig. 14

Die Zusammensetzung der Probe mit 55,23% groben Materials (Gruppe I und II) und 21,62% eines gut bindenden Schlicks ist günstiger als

es dem Erhaltungszustand der Straße entspricht; es muß jedoch die Decke von vornherein sehr ungleichmäßig gewesen sein, denn während dieselbe im allgemeinen bereits vollkommen abgenutzt ist, hatte ein zusammenhängendes Probestück noch eine Dicke von 20 cm.

2. Untersuchung des schlickartigen Zerkleinerungsmaterials der Korngröße 0,5 mm und darunter.

50 g der getrockneten Schlickmasse, mit Wasser aufgekocht und im Schöneschen Schlämmapparat separiert, ergaben folgendes Resultat:

- Korngröße 0,5—0,05 mm = 36,57 g (15,82% des Schotters).
- Korngröße 0,05—0,02 mm = 4,02 g (1,74 % des Schotters).
- Korngröße 0,01 mm und darunter = 9,41 g (4,06% des Schotters).

Das Material zu a und b erweist sich unter dem Mikroskop vollständig frei von Ton und besteht hauptsächlich aus Quarz und Feldspat mit untergeordnetem Glimmer und Erzkörnchen. Das Material zu c ist im wesentlichen Ton, mit spärlichen Partikeln von Quarzmehl.

Die chemische Analyse der Tonsubstanz des Schlicks (0,01 mm und darunter) ergab:

SiO ₂	= 64,90 %
Fe ₂ O ₃	= 6,37 "
Al ₂ O ₃	= 7,37 "
CaO	= 11,16 "
MgO	= 1,26 "
CO ₂	= 2,70 "
Alkalien	= 3,23 " (aus d. Differenz)
Wasser	= 3,01 "
100,00 %	

Der Tongehalt ist also verhältnismäßig gering, der Eisen- und Kalkgehalt dagegen sehr beträchtlich.

Vicatsche Nadelprobe.

Zeit der Lagerung im Vakuum	Gewicht der Form und Probe in kg	Gewichtsverlust in g	Eindringungstiefe in mm bei Belastung mit kg:									
			0,5—2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	7	8
72 Stunden	0,743	14	—	0,2	0,5	1	1,5	3	4	durchstoßen	—	—
90 "	0,740	17	—	—	—	0,2	0,4	0,5	0,6	1	1,5	durchstoßen

Zerreiungsversuch.

Der tonige Schlick wurde in 8-Formen geschlagen (s. T. I, S. 13, Fig. 10) und nachdem die Proben vollkommen lufttrocken geworden, wurden dieselben auf ihre Zerreiungsfestigkeit geprüft. Der gleiche Versuch ist mit Proben, welche aus 30% Schlick und 70% Normalsand gefertigt waren, wiederholt worden. Das Ergebnis war folgendes:

A. Reine Schlickprobe.

- I. 1,281 kg pro qcm Zerreiungsflche
 - II. 1,330 " " " "
 - III. 1,273 " " " "
- Durchschnitt 1,295 kg.

B. Gemischte Schlickprobe (30% Schlick, 70% Normalsand).

- I. 0,319 kg pro qcm Zerreiungsflche
 - II. 0,350 " " " "
 - III. 0,328 " " " "
- Durchschnitt 0,332 kg

Trotz des geringen Tongehalts, welchen die Analyse ergab, zeichnet sich der Schlick durch seine hygroskopische Eigenschaft (langsames Trocknen im Vakuum) und seine starke Bindungsfestigkeit aus, welche auch in dem Zusammenhang der alten Straßendecke (s. S. 43) zum Ausdruck kommt.

3. Pressungsversuch mit Findlings-Kleinschlag von Chorin i. d. M.

Druck: 10000 bis 20000 kg auf 841 qcm. Ausführung s. S. 9.

Zusammensetzung des Kleinschlags identisch mit dem der alten Straßendecke. Abnutzungshärte der häufigsten Findlingstypen s. S. 28 u. f.

I. Pressungsversuch: Einwage 12,50 kg.

- | | | | |
|------------|-------------|-------------|----------------|
| 1. 0,10 cm | 14. 0,98 cm | 27. 1,37 cm | 40. 1,76 cm |
| 2. 0,32 " | 15. 0,99 " | 28. 1,40 " | 41. 1,79 " |
| 3. 0,48 " | 16. 1,01 " | 29. 1,44 " | 42. 1,81 " |
| 4. 0,59 " | 17. 1,06 " | 30. 1,47 " | 43. 1,83 " |
| 5. 0,65 " | 18. 1,08 " | 31. 1,50 " | 44. 1,83 " |
| 6. 0,69 " | 19. 1,11 " | 32. 1,54 " | 45. 1,86 " |
| 7. 0,74 " | 20. 1,15 " | 33. 1,58 " | 46. 1,87 " |
| 8. 0,78 " | 21. 1,19 " | 34. 1,61 " | 47. 1,87 " |
| 9. 0,81 " | 22. 1,20 " | 35. 1,63 " | 48. 1,89 " |
| 10. 0,85 " | 23. 1,22 " | 36. 1,65 " | 49. 1,89 " |
| 11. 0,89 " | 24. 1,24 " | 37. 1,68 " | 50./60. 1,90 " |
| 12. 0,91 " | 25. 1,29 " | 38. 1,71 " | |
| 13. 0,94 " | 26. 1,32 " | 39. 1,74 " | |

Zusammendrückung bei 50 Pressungen:
1,90—0,10 = 1,8 cm.

Hohlräume im zusammengedreten Kleinschlag = 26,21 Vol.-%.

II. Pressungsversuch. Einwage: 12,10 kg.

- | | | | |
|------------|-------------|-------------|----------------|
| 1. 0,40 cm | 13. 1,21 cm | 25. 1,65 cm | 37. 1,98 cm |
| 2. 0,50 " | 14. 1,24 " | 26. 1,69 " | 38. 2,00 " |
| 3. 0,61 " | 15. 1,29 " | 27. 1,70 " | 39. 2,03 " |
| 4. 0,72 " | 16. 1,33 " | 28. 1,71 " | 40. 2,03 " |
| 5. 0,80 " | 17. 1,38 " | 29. 1,73 " | 41. 2,05 " |
| 6. 0,85 " | 18. 1,41 " | 30. 1,76 " | 42. 2,06 " |
| 7. 0,90 " | 19. 1,48 " | 31. 1,79 " | 43. 2,06 " |
| 8. 0,93 " | 20. 1,50 " | 32. 1,81 " | 44. 2,07 " |
| 9. 0,99 " | 21. 1,51 " | 33. 1,86 " | 45. 2,08 " |
| 10. 1,02 " | 22. 1,53 " | 34. 1,89 " | 46. 2,09 " |
| 11. 1,10 " | 23. 1,59 " | 35. 1,94 " | 47. 2,09 " |
| 12. 1,18 " | 24. 1,61 " | 36. 1,96 " | 48./58. 2,10 " |

Zusammendrückung bei 48 Pressungen:
2,10—0,40 = 1,70 cm.

Hohlräume im zusammengedreten Kleinschlag = 26,73 Vol.-%.

4. Separation des Pressungsprodukts.

Korngröße	Gewicht	Gewichtsprozent	Gruppen
5 × 5 × 5 cm	7,55 kg	30,69	I 68,33 %
5 × 4 × 3 "	5,46 "	22,20	
4 × 3 × 3 "	3,80 "	15,44	
30—20 mm	3,30 "	13,41	II 20,53 %
20—10 "	1,75 "	7,12	
10—5 "	1,39 "	5,65	III 7,15 %
5—4 "	0,17 "	0,69	
4—3 "	0,20 "	0,81	
3—2 "	0,26 "	1,06	IV 2,04 %
2—1 "	0,24 "	0,98	
unter 1 "	0,48 "	1,95	V 1,95 %

Behufs Vergleichung des vorstehenden Separationsergebnisses mit dem an der Straßendeckenprobe erhaltenen Resultat sind von dem letzteren 10% Splittzusatz abzuziehen und auf Gruppe IV und V zu verrechnen. Alsdann ergibt sich folgende Zusammenstellung:

Gruppe	Alte Straßendecke:	Frischer Stein- schlag gepreßt:	Abnahme (—) u. Zunahme (+) in der alten Decke:
I:	35,03 %	68,33 %	— 33,30 %
II:	24,13 "	20,53 "	+ 3,60 "
III:	13,13 "	7,15 "	+ 5,98 "
IV:	9,51 "	2,04 "	+ 7,47 "
V:	18,20 "	1,95 "	+ 16,25 "

} 33,30 %

Es sind demnach in der 14 Jahre alten Straßendecke ca. 33% des groben Steinschlags zerstört worden, und es ist daraus ein Zerkleinerungsmaterial entstanden, welches vorzugsweise die Gruppe V enthält (16,25%), neben beträchtlichen Mengen der Gruppen III (5,98%) und IV (7,47%). An bereits verwittertem Mate-

rial enthielt der eingewalzte Kleinschlag (s. S. 43) 6,35% neben 1,15% leicht zerdrückbarem Kiesel-sandstein. Somit haben noch 26% des frischen Materials innerhalb der gedachten Zeit eine mehr oder weniger starke Zerkleinerung erfahren.

XV. Chaussee Posen-Rokietnice.

Einsender: Landesbauinspektion Posen-West.

Herkunft des Findlingskleinschlags: Umgehend von Schlehen bei Posen.

Alter der Decke: 11 1/2 Jahre.

Lage: Horizontal, NNO, frei, dem Winde zugänglich. Untergrund: Lehmgiger Sand.

Verkehr: Mäßig, meist landwirtschaftliches Fuhrwerk. Zur Zeit der Zuckerrüben- und Kartoffelernte ist der Verkehr am regsten, und da alsdann der Untergrund gewöhnlich aufgeweicht ist, so leidet die Steinbahn während dieser Zeit am meisten.

Erhaltung: Erfordert bei einer durchschnittlichen jährlichen Abnutzung von 0,75 cm fortdauernde, beträchtliche Ausbesserungen.

Eine Stichprobe aus dem zum Straßenbau verwendeten Findlings-Kleinschlag ergab folgendes Mengenverhältnis der einzelnen Gesteinsarten, unter Berücksichtigung ihres Verwitterungsgrades:

	Qualitätsziffer	Produkt
73,45 % Granitisches und syenitisches, frisches Gestein	1,5	110,18
14,10 „ desgl. stark zermürbt	4,0	56,40
1,55 „ Gneisartige Gesteine, sehr mürbe	4,5	6,98
10,90 „ Kieselsandstein und spärlicher Quarzit	2,5	27,25
		<u>200,81</u>

Durchschnittliche Qualitätsziffer: 2,0.

Dies Material gehört demnach zur Klasse II, ist daher als ein mittelmäßiges zu bezeichnen.

1. Separation der Straßendecke.

Gewicht des Probematerials 159,5 kg.

Korngröße	Gewicht der einzelnen Separationen	In Prozenten des Gesamtgewichts	Gruppen	
Grober Steinschlag	6 × 5 × 4 cm	4,60 kg	7,85	I 41,72 %
	5 × 4 × 3 „	11,25 „	19,20	
	4 × 3 × 2 „	8,60 „	14,67	
Kleiner Steinschlag	30—20 mm	5,70 „	9,72	II 18,93 %
	20—12 „	5,40 „	9,21	
Grus	12—10 „	1,80 „	3,07	III 10,48 %
	10—5 „	3,68 „	6,28	
	5—4 „	0,66 „	1,13	
Sand	4—3 „	0,80 „	1,36	IV 9,76 %
	3—2 „	1,10 „	1,88	
	2—1 „	1,70 „	2,90	
	unter 1	2,11 „	3,62	
Schlick	0,5—0,05 mm	7,75 „	13,24	V 19,11 %
	0,05—0,02 „	2,08 „	3,55	
	0,01 mm und darunter	1,37 „	2,32	

Eine Übersicht über das Mengenverhältnis der einzelnen Separationsgruppen gibt das Diagramm Fig. 15.

Über30mm 30-12mm 12-4mm 4-<1mm 0,5-<0,01mm

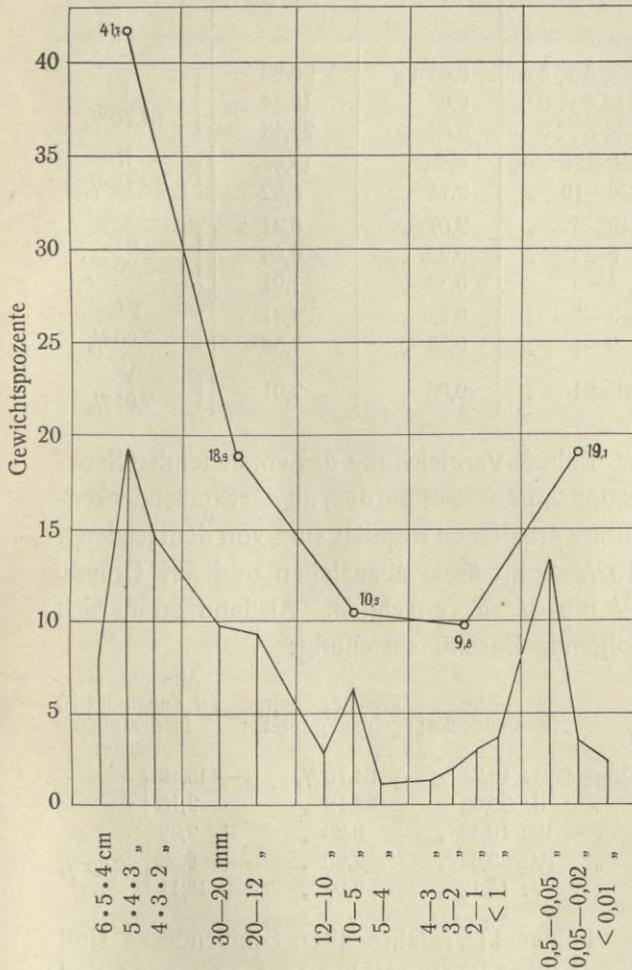


Fig. 15

Obgleich der Gehalt an grobem Steinschlag (41,72%) sehr hoch ist, fehlt es doch, wegen des geringen Prozentsatzes der Gruppe II (18,93%), an ausreichendem Material zur Erzielung einer festen Verkeilung der Steinbahn. Es ist daher sehr erklärlich, daß die Straße bei nasser Witterung und Erweichung des Untergrundes, auch bei dem nicht sehr bedeutenden landwirtschaftlichen Verkehr, wie angegeben, stark ausgefahren wird.

2. Untersuchung des schlickartigen Zerkleinerungsmaterials der Korngröße 0,5 mm und darunter.

50 g der getrockneten Schlickmasse, mit Wasser aufgeköcht und im Schöneschen Schlämmapparat separiert, ergaben folgendes Resultat:

- Korngröße 0,5—0,05 mm = 34,66 g (13,24% des Schotters),
- Korngröße 0,05—0,02 mm = 9,26 g (3,55% des Schotters).
- Korngröße 0,01 mm und darunter = 6,08 g (2,32% des Schotters).

Das Material zu a und b erweist sich unter dem Mikroskop vollständig frei von Ton und besteht hauptsächlich aus Quarz und Feldspat mit untergeordnetem Glimmer und Erzkörnchen. Das Material zu c ist im wesentlichen Ton.

Die chemische Analyse der Tonsubstanz des Schlicks (0,01 mm und darunter) ergab:

SiO ₂	=	54,19 %
Fe ₂ O ₃	=	8,81 "
Al ₂ O ₃	=	17,64 "
CaO	=	8,11 "
MgO	=	1,11 "
CO ₂	=	5,21 "
Alkalien	=	0,21 " (aus d. Differenz)
Wasser	=	4,72 "
		<hr/>
		100,00 %

Das abgeschlämmte Material entspricht also der durchschnittlichen Zusammensetzung eines eisenhaltigen Tons, dessen Bindungsfähigkeit jedoch nur eine geringe ist, so daß weder die Nadelprobe, noch der Zerreißversuch nennenswerte Resultate lieferten.

3. Pressungsversuch mit Findlings-Kleinschlag der Umgegend von Schleen bei Posen.

Druck: 10 000 bis 20 000 kg auf 841 qcm. Ausführung s. S. 9. Zusammensetzung des Kleinschlags identisch mit dem der alten Straßendecke. Abnutzungshärte der häufigsten Findlingstypen s. S. 28 u. f.

I. Pressung: Einwage 11,32 kg.

1. 0,72 cm	14. 1,91 cm	27. 2,19 cm	40. 2,42 cm
2. 1,00 "	15. 1,95 "	28. 2,20 "	41. 2,45 "
3. 1,20 "	16. 1,99 "	29. 2,21 "	42. 2,48 "
4. 1,30 "	17. 1,00 "	30. 2,24 "	43. 2,50 "
5. 1,42 "	18. 2,00 "	31. 2,26 "	44. 2,51 "
6. 1,51 "	19. 2,04 "	32. 2,28 "	45. 2,54 "
7. 1,60 "	20. 2,08 "	33. 2,30 "	46. 2,57 "
8. 1,65 "	21. 2,08 "	34. 2,30 "	47. 2,59 "
9. 1,70 "	22. 2,08 "	35. 2,31 "	48. 2,59 "
10. 1,73 "	23. 2,10 "	36. 2,33 "	49./50. 2,60 "
11. 1,78 "	24. 2,12 "	37. 2,35 "	51. 2,61 "
12. 1,82 "	25. 2,12 "	38. 2,38 "	52. 2,63 "
13. 1,85 "	26. 2,15 "	39. 2,39 "	53./64. 2,64 "

Zusammendrückung bei 53 Pressungen:
2,64—0,72 = 1,92 cm.

Hohlräume im zusammengepreßten Kleinschlag = 26,22 Vol.-%.

II. Pressung: Einwage: 10,66 kg.

1. 1,30 cm	13. 2,32 cm	25. 2,67 cm	37. 2,98 cm
2. 1,59 "	14. 2,35 "	26. 2,70 "	38. 3,00 "
3. 1,70 "	15. 2,37 "	27. 2,72 "	39. 3,02 "
4. 1,85 "	16. 2,41 "	28. 2,76 "	40. 3,02 "
5. 1,90 "	17. 2,45 "	29. 2,79 "	41. 3,04 "
6. 2,00 "	18. 2,48 "	30. 2,81 "	42. 3,06 "
7. 2,06 "	19. 2,51 "	31. 2,84 "	43. 3,07 "
8. 2,12 "	20. 2,52 "	32. 2,88 "	44. 3,07 "
9. 2,20 "	21. 2,55 "	33. 2,90 "	45. 3,08 "
10. 2,22 "	22. 2,58 "	34. 2,91 "	46. 3,09 "
11. 2,26 "	23. 2,60 "	35. 2,93 "	47. 3,09 "
12. 2,30 "	24. 2,62 "	36. 2,94 "	48./60. 3,10 "

Zusammendrückung bei 48 Pressungen:
3,10—1,30 = 1,80 cm.

Hohlräume im zusammengepreßten Kleinschlag = 26,88 Vol.-%.

III. Pressung: Einwage: 10,82 kg.

1. 1,05 cm	14. 2,09 cm	26. 2,52 cm	38. 2,67 cm
2. 1,30 "	15. 2,12 "	27. 2,54 "	39. 2,69 "
3. 1,50 "	16. 2,16 "	28. 2,56 "	40. 2,70 "
4. 1,59 "	17. 2,19 "	29. 2,59 "	41. 2,70 "
5. 1,66 "	18. 2,22 "	30. 2,59 "	42. 2,72 "
6. 1,72 "	19. 2,26 "	31. 2,60 "	43. 2,73 "
7. 1,77 "	20. 2,29 "	32. 2,61 "	44. 2,75 "
8. 1,82 "	21. 2,33 "	33. 2,62 "	45. 2,77 "
9. 1,86 "	22. 2,38 "	34. 2,63 "	46. 2,79 "
10. 1,90 "	23. 2,42 "	35. 2,65 "	47. 2,81 "
11. 1,95 "	24. 2,46 "	36. 2,66 "	48. 2,83 "
12. 1,98 "	25. 2,49 "	37. 2,66 "	49./59. 2,84 "
13. 2,03 "			

Zusammendrückung bei 49 Pressungen:
2,84—1,05 = 1,79 cm.

Hohlräume im zusammengepreßten Kleinschlag = 25,69 Vol.-%.

4. Separation des Pressungsprodukts.

Korngröße	Gewicht	Gewichtsprozent	Gruppen
5 × 5 × 5 cm	6,83 kg	20,83	I 64,70 %
5 × 4 × 3 "	6,05 "	18,44	
4 × 3 × 3 "	8,34 "	25,43	
30—20 mm	4,55 "	13,87	II 22,19 %
20—10 "	2,73 "	8,32	
10—5 "	2,07 "	6,31	III 8,20 %
5—4 "	0,29 "	0,88	
4—3 "	0,33 "	1,01	
3—2 "	0,43 "	1,31	IV 2,90 %
2—1 "	0,52 "	1,59	
unter 1 "	0,66 "	2,01	V 2,01 %

Behufs Vergleichung des vorstehenden Separationsergebnisses mit dem an der Straßendeckenprobe erhaltenen Resultat sind von dem letzteren 10% Splittzusatz abzuziehen und auf Gruppe IV und V zu verrechnen. Alsdann ergibt sich folgende Zusammenstellung:

Gruppe	Alte Straßendecke:	Frischer Steinschlag gepreßt:	Abnahme (—) u. Zunahme (+) in der alten Decke:
I: 46,21 %	64,70 %	— 18,49	} 20,65 %
II: 20,03 "	22,19 "	— 2,16	
III: 10,42 "	8,20 "	+ 2,22	} 20,65 %
IV: 8,82 "	2,90 "	+ 5,32	
V: 15,12 "	2,01 "	+ 13,11	

In der 11½ Jahre alten Straßendecke sind somit 20,65% des Materials der Gruppe I und II zerstört worden und es ist daraus ein Zerkleinerungsmaterial entstanden, in welchem die Gruppe V (13,11%) vorherrscht.

An bereits verwittertem Material enthält der eingewalzte Kleinschlag 15,65% nebst 10,90% Kieselsandstein von geringer Druckfestigkeit. Es hat sich demnach das ursprünglich frische Material in der Straßendecke gut erhalten, wie dies auch der hohe Prozentsatz an grobem Steinschlag (41,72%) im Separationsergebnis (s. S. 46) erkennen läßt.

XVI. Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse.

Die im Vorstehenden dargelegten Untersuchungen lassen die Beziehungen erkennen, welche zwischen den verschiedenen Eigenschaften der hier in Betracht gezogenen Schottermaterialien, ihren Veränderungen in der Straßendecke und dem davon abhängigen Erhaltungsgrade der letzteren bestehen. Die zahlenmäßige Feststellung dieser Beziehungen aber ist es, welche die Grundlagen für die Qualitätsbestimmung der Schottermaterialien bildet.

In Betracht kommen hierbei:

1. Die Eigenschaften des Gesteinsmaterials und zwar:
 - a) Mineralogische Zusammensetzung und Struktur;
 - b) Kombinierte Abnutzungshärte (Schlag-, Stoß- und Schleifhärte);
 - c) Wetterbeständigkeitsgrad, insbesondere Frostsicherheit;
 - d) Verhalten gegen Zusammenpressung bzw. Walzendruck.
2. Die in der Straßendecke gebildeten mechanischen Zerkleinerungsmaterialien und chemischen Zersetzungsprodukte und der davon abhängige Erhaltungszustand der Straße, unter Berücksichtigung des Alters, der Lage und des Untergrundes, sowie des Verkehrs.

Behufs Erörterung der Beziehungen, welche zwischen den absoluten Eigenschaften der Schottermaterialien und ihrer Widerstandsfähigkeit gegenüber den in Frage kommenden Beanspruchungen bestehen, mögen die einzelnen Versuchsergebnisse in übersichtlicher Weise zusammengestellt werden (s. Tabelle S. 50—51).

1. Qualitätsbestimmung des Schotters.

Die Qualitätsklasse des aus Findlingsgestein (Granit, Gneis, Syenit, Diorit, Porphyry usw.) hergestellten Schotters läßt sich schätzungsweise dadurch bestimmen, daß in einer größeren Stichprobe die Gewichtsmenge der einzelnen Gesteinsarten, unter Berücksichtigung ihres bereits eingetretenen Verwitterungsgrades, nach S. 28 bestimmt und hieraus, nach der S. 30 gegebenen Anleitung, der durchschnittliche Qualitätswert des Materials berechnet wird.

Eine auf solcher Grundlage beruhende Qualitätsbestimmung läßt sich in praxi unschwer durchführen und liefert, wie in der Folge gezeigt werden soll, sehr brauchbare Resultate. Für genauere Bestimmungen ist die Feststellung der Abnutzungshärte und des Wetterbeständigkeitsgrades der einzelnen Gesteinsarten, sowie des Verhaltens des Gesamtmaterials gegen Zusammenpressung erforderlich.

Bei Vergleichung der auf die eine oder andere Weise gewonnenen Qualitätsziffer des Schotters mit dem Verhalten desselben in der Straßendecke ist zu berücksichtigen, daß es sich hierbei immer nur um näherungsweise Resultate handeln kann, und zwar deshalb, weil bei der mannigfachen Zusammensetzung des Findlingsschotters die Stichproben für die Qualitätsbestimmung nicht immer identisch mit der zu untersuchenden Straßendeckenprobe sein wird, und es überdies zurzeit noch an erfahrungsmäßig gewonnenen Vergleichsziffern für die Bewertung der Bestandmasse von Straßendecken verschiedenen Alters, ungleicher Lage und verschiedenen Verkehrs, nach Maßgabe ihres Erhaltungszustandes fehlt.

2. Beziehungen der Qualitätsklasse des Schottermaterials zu den Ergebnissen der Pressungsversuche.

Lfd. Nr. der Straßendecke	Qualitätsklasse des Schotters	Maß der Zusammenpressung	Hohlräume im gepreßten Schotter	Gebildetes Zerkleinerungsmaterial der Gruppen II—V
1.	I—II	1,60 mm	27,28 Vol.-%	20,62 Gew.-%
3.	II	1,61 "	27,34 "	30,04 "
4.	II	1,80 "	26,26 "	35,30 "
6.	II—III	2,21 "	22,13 "	40,63 "

Tabellarische Zusammenstellung der Versuchs-

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
Deckenprobe der Chaussee:	Alter der Straßendecke	Lage und Untergrund	Verkehr	Abnutzung pro Jahr	Jährl. Kleinschlag, verbrauch z. Instand- haltung von 1 km	Qualitäts- klasse des Kleinschlags	Zusammenpressung bei 20 000 kg auf 841 qcm	Hohlräume im zusammengedrückten Kleinschlag
1. Halle—Nordhausen Material: Gneisgranit aus dem Borntal (Kyffhäuser)	ca. 25 J.	Wagerecht, sonnig, dem Winde ausgesetzt. Unter d. Kalk- steinpacklage: Steinknack u. toniger Boden	Starker landwirtschaft- licher und Durchgangs- verkehr; in neuerer Zeit auch Automobil- verkehr. Zahlenangaben fehlen	Angabe fehlt	22 cbm	I—II	1,60 mm	27,28 Vol.-%
2. Berlin-Hamburg Material: Findlinge der Umgegend von Chorin i. d. M.	14 J.	Wagerecht. Untergrund: trocken	Im allgemeinen schwacher Verkehr. 20—30 Wagen und 10—20 Automobile	10 mm	22 cbm	I—II : II	1,82 mm	26,21 Vol.-%
3. Hopfengarten-Labischin Material: Findlinge der Umgegend von Hopfengarten	16 J.	Wagerecht, sonnig. Untergrund: sandig	Ziemlich lebhafter Verkehr. Tägl. 140 Fuhrwerke, 212 Zugtiere. Gesamtgewicht des Lastverkehrs ca. 120 Tonnen	5—6 mm	21 cbm	II	1,61 mm	27,34 Vol.-%
4. Posen-Rokietnice Material: Findlinge der Umgegend von Schlehen bei Posen	11½ J.	Wagerecht, freie Lage, Richtung NNO. Untergrund: Lehmiger Sand	Mäßiger Verkehr, meist landwirtschaftliche Fuhrwerke, nur zur Zeit der Rüben- und Kartoffelernte stärker	7,5 mm	Angabe fehlt	II	1,80 mm	26,26 Vol.-%
5. Barmstedt-Hoffnung Material: Findlinge der Umgegend von Pinneberg	7 J.	Wagerecht, Richtung W-O. Nordseite durch bewach- senen Wall v. 4 m Höhe geschützt	Starker landwirtschaft- licher Verkehr und viele schwere Mühlen- und Kieswagen. Täglich ca. 300 Normalzugtiere	11 mm	desgl.	II : II—III	2,01 mm	29,20 Vol.-%
6. Danzig-Berent Material: Findlinge der Umgegend von Danzig	2½ J.	Beträchtliche Steigung, sonnig. Untergrund: Trockener Sandboden	Sehr lebhafter Verkehr. Tägl. 225 Lastfuhrwerke 165 leichte Fuhrw. 390 25 Automobile	16 mm	15 cbm	II—III	2,21 mm	22,13 Vol.-%
7. Danzig-Karthaus Material: Findlinge der Umgegend von Danzig	1¼ J.	Wagerecht, naß. Quelliger Untergrund	Sehr starker Verkehr. Tägl. 510 Lastfuhrwerke 30 leichte Fuhrw. 540 20 Automobile	20 mm	60 cbm	II—III	2,21 mm	22,13 Vol.-%

ergebnisse an Gneisgranit und Findlingsteinen.

10.					11.				12.					13.				
Separationsergebnis der Straßendeckenprobe abzüg- lich 10% Splittzusatz					Zusammensetzung des Schlicks und allgemeine Beschaffenheit desselben				Separationsergebnis des Pressungsprodukts von frischem Kleinschlag					Abnahme (—) u. Zunahme (+) der einzelnen Korngruppen in der Straßendecke				
Korn-Gruppe					0,5 — 0,05 mm	0,05 — 0,02 mm	0,02 mm u. da- runter	Allgemeine Beschaffen- heit	Korn-Gruppe					I	II	III	IV	V
I	II	III	IV	V	in Prozenten				in Prozenten					in Prozenten				
31,02	27,66	14,28	11,41	15,63	12,61	2,27	6,33	Mäßige Bindungs- fähigkeit	79,38	15,40	3,30	0,90	1,02	—48,36	+12,26	+10,98	+10,51	+14,61
36,03	25,34	13,34	8,66	16,62	15,82	1,74	4,06	Eisenreicher Ton von beträchtlicher Bindungs- fähigkeit	68,23	20,53	7,15	2,04	1,95	—33,30	+ 3,60	+ 5,98	+ 7,47	+16,25
26,66	30,61	15,91	9,79	17,03	14,98	2,29	4,72	Magerer Ton; geringe Bindungs- fähigkeit	69,96	20,27	6,08	1,67	2,02	—43,30	+10,34	+ 9,83	+ 8,12	+15,01
46,50	21,03	11,64	7,16	13,67	13,20	3,55	2,32	Magerer, eisen- und kalkreicher Ton von geringer Bindefähig- keit	64,70	22,19	8,20	2,90	2,01	—18,20	+ 1,16	+ 3,44	+ 4,26	+11,66
35,44	22,64	10,66	7,08	24,18	20,90	2,81	4,71	Sehr kiesel- reicher, magerer Ton von geringer Bindungs- fähigkeit	63,15	23,54	7,77	2,74	2,80	—27,71	+ 0,90	+ 2,89	+ 4,34	+21,38
28,33	28,26	14,15	9,19	20,07	17,26	2,67	4,79	Magerer Ton; geringe Bindungs- fähigkeit	59,37	25,75	8,90	2,86	3,12	—31,04	+ 2,51	+ 5,25	+ 6,33	+16,95
45,70	30,96	10,52	4,49	8,33	6,08	2,91	5,17	Magerer Ton; geringe Bindungs- fähigkeit	59,37	25,75	8,90	2,86	3,12	—13,67	+ 5,21	+ 1,62	+ 1,63	+ 5,21

Mit Steigerung der Qualitätsziffer, d. h. mit Verschlechterung des Materials, erhöht sich das Maß der Zusammenpressung, verringern sich die Hohlräume durch Bildung reichlicheren grusartigen Materials und vermehrt sich der Prozentsatz an zerkleinertem Material der Gruppen II bis V.

Dabei ist zu bemerken, daß die Qualitätsziffer des Findlings-Kleinschlags lediglich nach dem Prozentsatz an verschiedenen Gesteinsarten und deren Erhaltungs- bzw. Verwitterungsgrad schätzungsweise bestimmt worden ist. Da diese Qualitätsschätzung sich aber als ausreichend erweist, um das Verhalten des Schotters gegen Zusammenpressung und demgemäß auch gegen Walzendruck, sowie seine Veränderungen innerhalb der Straßendecke (s. Abs. 3 und 4) mit hinreichender Sicherheit a priori zu bestimmen, so darf die in Rede stehende Methode, welche sich bei einiger Gesteinskenntnis mit Hilfe einer gewöhnlichen Wage leicht ausführen läßt, den Wegebau-Beamten für die Beurteilung des Schottermaterials angelegentlichst empfohlen werden.

3. Beziehungen der Qualitätsklasse des Schotters zur Veränderung des Materials in der Straßendecke.

Bei dem verschiedenen Alter der hier in Betracht kommenden Straßendecken ist es behufs

Vergleichung erforderlich, die Prozentsätze der zerkleinerten Materialien auf gleiche Liegedauer zu reduzieren. Nun nimmt zwar die Zerstörung des Materials progressiv mit dem Alter zu; dagegen werden bei älteren Straßen größere Mengen frischen Materials zur Ausbesserung verwendet. Man gelangt daher zu näherungsweise Vergleichsresultaten, wenn man die Zeitdauer für die Bildung gleicher Mengen zerstörten Materials proportionaliter berechnet.

Laufende Nr. der Straßendecke	Qualitätsklasse	Zerstörung von 48,36 Gew.-% des Kleinschlags in
1.	I—II	25 Jahren
2.	I—II : II	20,3 „
3.	II	17,9 „
5.	II : II—III	12,2 „
6.	II—III	3,9 „

Die Abweichung der Probe Nr. 4, welche bei einer Qualität von II eine Zerstörung von 48,36 Gew.-% des Kleinschlags in 30¹/₂ Jahren ergibt, ist wohl dem geringen Verkehr auf der betreffenden Straße, vielleicht auch auf reichliche Ausbesserungen kurze Zeit vor der Probenentnahme zuzuschreiben.

4. Prozentgehalt des Schotters an bereits durch Verwitterung mürbe gewordenem Material und Prozentgehalt an Zerkleinerungsprodukten in der Straßendecke.

Lfd. Nr. der Straßendecke	Gehalt an mürbem Material im Schotter	Gehalt an Zerkleinerungsprodukten in der Straßendecke		Summe der Gruppen IV und V	Alter der Straßendecke	Anzahl der Jahre zur Bildung von 31 % Zerkleinerungsprodukten in der Straßendecke
		Gruppe IV	Gruppe V			
2.	6,35 Gew.-%	8,66 Gew.-%	16,62 Gew.-%	25,28 Gew.-%	14 Jahre	17 Jahre
3.	13,65 „	9,79 „	17,03 „	26,82 „	16 „	18 „
4.	15,65 „	7,16 „	13,67 „	20,83 „	11 ¹ / ₂ „	17 „
5.	21,20 „	7,08 „	24,18 „	31,26 „	7 „	7 „
6.	27,30 „	9,19 „	20,07 „	29,26 „	2 ¹ / ₂ „	2,6 „
7.	27,30 „	4,49 „	8,33 „	12,82 „	1 ¹ / ₄ „	2,9 „

Im allgemeinen ergibt sich hieraus, daß der Gehalt an nicht mehr vollkommen frischem und deshalb mürbem Gestein im Findlings-Kleinschlag, den Gehalt an feinerem Zerkleinerungsmaterial (Gruppe IV und V) in der Straßendecke in progressivem Verhältnis erhöht und somit die Staub- und Schlickbildung stark vergrößert. Da die Steinschläger solche minderwertigen Steinstücke schon beim ersten Hammerschlag erkennen, so dürfte ein Aus-

sondern des mürben Materials bei Herstellung des Kleinschlags von Findlingen wohl lohnend sein.

Eine Abweichung in der obigen Zusammenstellung bildet die Probe Nr. 2, welche nur 6,35 % an mürbem Material im Kleinschlag aufweist und trotzdem 25,28 % IV und V in der Straßendecke enthält. Derartigen Abweichungen, wenn sie vereinzelt auftreten, ist eine Bedeutung nicht beizumessen, da die Straßendecke aus Findlingsgestein weder in ihren einzelnen Teilen vollkommen homogen, noch mit der frischen Schotterprobe durchaus identisch ist.

5. Das Zerkleinerungsmaterial des Pressungsversuchs im Verhältnis zu demjenigen der alten Straßendecke.

Lfd. Nr. der Straßendecke	Pressungsergebnis Gruppe I + II	Separation der Straßendecke Gruppe I + II	Quotient	Qualitätsklasse d. Schotters	Alter der Straßendecke
1	94,78 Gew.-%	58,68 Gew.-%	1,61	I—II	25 Jahre
2	88,76 "	61,37 "	1,44	I—II : II	14 "
3	90,23 "	57,27 "	1,57	II	16 "
4	86,89 "	67,53 "	1,29	II	11 ¹ / ₂ "
5	86,69 "	58,08 "	1,49	II : II—III	7 "
6	85,12 "	56,59 "	1,50	II—III	2 ¹ / ₂ "
7	85,12 "	76,66 "	1,11	II—III	1 ¹ / ₄ "

Bei stärkeren Verkehrsverhältnissen Nr. 1, 3, 5 und 6 und einem Alter der Straßendecke von 25—7 Jahren sinkt der Quotient aus dem Pressungsergebnis des Kleinschlags und dem Separationsergebnis der Straßendecke von 1,61 auf 1,49. Es kann deshalb aus dem Pressungsergebnis mit hinreichender Sicherheit auf den Erhaltungsgrad der Straßendecke in bestimmten Zeiträumen geschlossen werden.

Abweichungen, welche Nr. 2 und 4 hinsichtlich des Quotienten zeigen, sind auf den geringeren Verkehr zurückzuführen (s. Tabelle S. 50); die Differenz bei Nr. 7 auf das geringe Alter der Decke (1¹/₄ J.), welche trotzdem bereits eine umfangreiche Ausbesserung (60 cbm auf 1 km, s. a. a. O.) vor der Probeentnahme erfahren hat.

Im allgemeinen aber ist zu erwarten, daß eine erhebliche Abweichung von den in Rede stehenden Beziehungen nur dann eintreten wird, und zwar im Sinne einer Verringerung des Quo-

tienten, wenn das Gestein von annähernd normaler Festigkeit, trotzdem aber von geringer Wetterbeständigkeit ist, da in diesem Falle der Prozentgehalt an Zerstörungsprodukten der Gruppe I und II über das normale Maß hinausgehen wird.

6. Abhängigkeit des Erhaltungszustandes der Straßen von dem Mengenverhältnis der Gruppe I und II zu dem der übrigen Bestandmassen.

Es sind hierbei von den untersuchten Straßendecken nur diejenigen längerer Liegezeit in Betracht zu ziehen, nämlich die Proben 1 bis 5.

Aus den angeführten Untersuchungen ergibt sich als Mittelwert für das Mengenverhältnis der einzelnen Gruppen in den bezüglichen Straßendecken aus Schottermaterialien der Qualitätsklassen I—II bis II:II—III und einer durchschnittlichen Liegezeit von 15 Jahren folgendes Resultat:

Gruppe I . . .	35,11 Gew.-%
„ II . . .	25,46 „
„ III . . .	13,16 „
„ IV . . .	8,80 „
„ V . . .	17,43 „

Stellen wir die Resultate der Pressungsversuche der entsprechenden Findlings-Materialien zusammen, so ergeben sich als Mittelwerte der Qualität II:

Gruppe I . . .	69,08 Gew.-%
„ II . . .	20,38 „
„ III . . .	6,48 „
„ IV . . .	2,05 „
„ V . . .	1,96 „

Es findet deshalb durchschnittlich folgende Veränderung in der Zusammensetzung der Findlingsstraßendecken innerhalb des Zeitraums von 15 Jahren statt:

Abnahme der Korngruppe I =	33,97 Gew.-%	} 33,97 %
Zunahme „ II =	5,08 „	
„ III =	6,68 „	
„ IV =	6,74 „	
„ V =	15,47 „	

Zur jährlichen Ausbesserung der betreffenden Straßendecken werden im Durchschnitt pro km 21,6 cbm Findlings-Kleinschlag verwendet.

Aus den vorstehenden Resultaten läßt sich ein Anhalt dafür gewinnen, welche Korngrößen der Pressungsversuch mit einem Findlings-Kleinschlag liefern muß, wenn derselbe mittleren Anforderungen, d. h. der Qualitätsklasse II, genügen soll.

Das Ergebnis des Pressungsversuchs der Probe 1 (Frischer Gneisgranit) war folgendes:

Gruppe I . . .	79,38 Gew.-%
„ II . . .	15,40 „
„ III . . .	3,30 „
„ IV . . .	0,90 „
„ V . . .	1,02 „

Vergleichen wir mit diesen Zahlen das oben angeführte durchschnittliche Ergebnis der Pressung von Findlings-Kleinschlag der Qualitätsklasse II, so ergibt sich, in welchem Maße die Pressungsprodukte des letzteren sich den

vorstehenden Werten nähern müssen, um eine gute Qualität des Materials zu gewährleisten.

7. Das Bindemittel.

Als „Bindemittel“, d. h. als Füllmaterial für die Zwischenräume in der oberen Decklage, wird neben dem Splitt im allgemeinen grober Sand oder Kies verwendet und gleichartiges Material, meist in feinerer Form, dient auch zur Herstellung der Schutzdecke.

Der Sand, wie er in unserem Diluvium vorkommt, unterscheidet sich an den verschiedenen Fundstätten, außer durch seine Korngröße, auch durch seine mineralogische Zusammensetzung. Er enthält neben überwiegenden Quarzkörnchen auch Körnchen von Feldspat, Augit und Hornblende, sowie kleine Eisenerzpartikel und endlich mehr oder weniger Eisenocker und Ton, welcher letztere meist kalkhaltig ist.

Der Ton verleiht dem Sande eine mehr oder weniger beträchtliche Haftfestigkeit, welche in erster Linie von dem Prozentgehalt an Ton abhängt, dann aber auch in gewissem Grade von seiner chemischen Zusammensetzung.

Wie bereits S. 22 dargelegt worden ist, darf der Gehalt an Ton in der Kleinschlagdecke ein gewisses Maß nicht überschreiten, wenn die Steinbahn bei nasser Witterung nicht stark erweichen und „wickeln“, d. h. an den Rädern der Fuhrwerke kleben bleiben soll. Einen Anhalt für die Beurteilung des hierbei zulässigen Tongehalts gewähren die Separationsprodukte Gruppe IV und V der alten Straßendecken im Vergleich zu ihrem Erhaltungszustand.

Die betreffenden Daten mögen hier nochmals zusammengestellt werden:

Laufende Nr. der Straßendecke	Zerkleinerungsmaterial der Gruppe IV u. V	Tongehalt in Gruppe IV u. V	Tongehalt berechnet auf % von IV u. V	Alter der Straßendecke
1.	27,04 %	6,33 %	23,4 %	25 Jahre
2.	25,28 „	4,06 „	16,0 „	14 „
3.	26,82 „	4,72 „	17,6 „	16 „
4.	20,83 „	2,32 „	11,1 „	11 1/2 „
5.	31,26 „	4,71 „	15,0 „	7 „
6.	29,26 „	4,79 „	16,3 „	2 1/2 „

Aus der Reihe der vorstehenden Straßen-
decken wird von Nr. 1 und 2 angegeben, daß die
Decke bei andauernd nasser Witterung stark
„wickelt“. Es darf daher angenommen werden,
daß ein Tongehalt von 16% auch im Bindemittel
bezw. Decksand überaus schädlich sein muß.
Da aber die Haftfestigkeit der Tonsubstanzen sehr
verschieden ist, so wird es sich empfehlen, den
Grenzwert für den zulässigen Tongehalt im
Kies und Sand auf nicht mehr als die Hälfte,
also auf etwa 8% zu normieren. Es soll das
nur eine vorläufige Feststellung sein. Die
Schlickbildung und ihre Zusammensetzung,
sowie ihre Bedeutung für die Festigkeit der
Steinbahnen wird erst nach Abschluß der Unter-
suchungen an den übrigen für den Straßenbau
verwendeten Gesteinsarten, eine sachgemäße
Würdigung finden können.

Auf einen Umstand darf aber bereits hier
hingewiesen werden, daß nämlich bei Bestimmung
des zulässigen Tongehalts im Bindemittel auch

auf die Beschaffenheit des Kleinschlags Rück-
sicht zu nehmen sein wird. Je größer der Prozent-
satz an nicht mehr vollkommen frischem Ge-
stein in demselben ist, je reichlicher also durch
Verwitterung tonige Produkte innerhalb der
Straßendecke gebildet werden, desto mehr wird
man auf die Verwendung tonfreien Bindemittels
bezw. Decksandes Wert legen müssen.

Die eingangs erwähnten Untersuchungen
über die zweckmäßige Größe, Form, den Gleich-
mäßigkeitsgrad resp. das Mischungsverhältnis
des Schotters, sowie über das zweckmäßige
Walzengewicht für die verschiedenen Klein-
schlag-Materialien sollen später, mit Hilfe der
vervollkommneten Walzenpresse, im Zusammen-
hange ausgeführt werden.

Fortsetzung: Untersuchung
an Basalt-Straßendecken.

Der Glühverlust des gelben, grauen und blauen Trasses

Von

F. Tannhäuser

Vorliegende Untersuchungen bilden die Fortsetzung früherer Veröffentlichungen¹⁾. Damals konnte u. a. nachgewiesen werden, daß es sich beim Wassergehalt des Trasses in der Hauptsache nicht um Hydratwasser, sondern um adsorbiertes Wasser handelt, daß aber trotzdem die bisher geübte Glühverlustbestimmung für die Praxis genügt, um die Qualität von Traßmehl zu ermitteln, sowie Fälschungen durch den minderwertigen Bergtraß festzustellen, obgleich der Wassergehalt an und für sich mit den hydraulischen Eigenschaften in keinem inneren Zusammenhang steht.

In Verfolg dieser Ergebnisse sollte nun weiter untersucht werden, ob sich etwa die einzelnen guten Traßsorten durch die Art und Weise ihrer Wasserabgabe derartig unterscheiden, daß man dieselben dadurch ohne weiteres auch in gemahlenem Zustande erkennen kann, resp. ob es möglich ist, bei Traßlieferungen deren vorschriftsmäßige Zusammensetzung aus $\frac{1}{2}$ gelbem, $\frac{1}{4}$ grauem und $\frac{1}{4}$ blauem Traß zu konstatieren, ein Faktor, der nicht ohne Interesse ist, da auch der gelbe, graue und blaue Traß immerhin

nicht unwesentlich in ihren hydraulischen Eigenschaften differieren. Denn während der blaue und graue Traß fast gänzlich frei von erdigen Beimengungen sind, beteiligen sich dieselben an der Zusammensetzung des gelben Trasses in beträchtlichem Maße und vermindern die hydraulische Wirkung¹⁾.

Als Ausgangsmaterial dienten wiederum Traßproben aus dem Nettetal, die bereits längere Zeit im diesseitigen Institut lagern und infolgedessen einen Teil des adsorbierten Wassers abgegeben haben, so daß ihr Glühverlust über 100° bis auf eine einzige Ausnahme unter 7% beträgt²⁾.

Die Versuchsanordnung war dieselbe wie bei der vorigen Arbeit. Das feingemahlene Traßpulver wurde 3 Stunden lang bei 35° C vortrocknet, dann jedesmal 3 Stunden lang im Vakuumtrockenapparat bzw. im Trockenschrank erhitzt und schließlich im Gebläse geglüht. Zur

¹⁾ 1911, Heft I, S. 36.

²⁾ 1911, Heft II, S. 42.

Anmerkung. In: Armierter Beton, 1911, Heft V ist eine Arbeit von A. Hambloch über den Hydratwassergehalt im Traß enthalten, die bei den Literaturangaben der vorigen Arbeit versehentlich nicht aufgeführt wurde. Die Ergebnisse dieser Arbeit sind indessen insofern überholt, als Hambloch den Glühverlust der Trasse noch als „Hydratwasser“ (chemisch gebundenes oder basisches Wasser) bezeichnet, während es sich in Wirklichkeit dabei in erster Linie um adsorbiertes Wasser handelt, wie aus dem Verlauf der Kurven für den Glühverlust zur Genüge hervorgeht.

¹⁾ F. Tannhäuser, Ein Beitrag zur Petrographie des Trasses und zur Erklärung seiner hydraulischen Wirkungsweise. Bautechnische Gesteinsuntersuchungen 1911, Heft I, S. 34—44. — F. Tannhäuser, Der „Hydratwassergehalt“ im Traß. Bautechnische Gesteinsuntersuchungen 1911, Heft II, S. 35—43.

Erzielung konstanter Temperaturen im Vakuum-trockenapparat wurden Flüssigkeiten von bestimmten Siedepunkten verwendet. Es ergeben: Chloroform 59°; Benzol 80°; Wasser 99°; Toluol 109°; Xylol 128°; Monobrombenzol 154°. Die einzelnen Temperaturen wurden durch Zinckensche Thermometer, die in die Röhre des Vakuum-trockenapparates eingeführt waren, kontrolliert. Die angewandte Substanzmenge betrug ca. 5 g für jeden Versuch. Für die Kontrollbestimmungen wurde der Einfachheit halber nur eine einmalige Einwage sowohl für die Analysen im Vakuumapparat als auch im Trockenschrank und im Gebläse benutzt.

Das Ergebnis der durch Herrn Dr. B. Herscovici und Herrn W. Netthöfel ausgeführten Versuche war folgendes.

I. Gelber Traß.

1. Versuch.

Temperatur: 59° (durch Chloroform).

Angew. Substanzmenge: 4,8621 g.

Gewichtsverlust: 0,0702 g = 1,44%.

2. Versuch.

Temperatur: 80° (durch Benzol).

Angew. Substanzmenge: 4,9969 g.

Gewichtsverlust: 0,0947 g = 1,89%.

3. Versuch.

Temperatur: 99° (durch Wasser).

Angew. Substanzmenge: 5,4838 g.

Gewichtsverlust: 0,1349 g = 2,46%.

4. Versuch.

Temperatur: 109° (durch Toluol).

Angew. Substanzmenge: 5,1607 g.

Gewichtsverlust: 0,1421 g = 2,75%.

5. Versuch.

Temperatur: 128° (durch Xylol).

Angew. Substanzmenge: 5,1560 g.

Gewichtsverlust: 0,1496 g = 2,90%.

6. Versuch.

Temperatur: 154° (durch Monobrombenzol).

Angew. Substanzmenge: 5,1940 g.

Gewichtsverlust: 0,1966 g = 3,79%.

7. Versuch.

Temperatur: 200° (3 St. im Trockenschrank).

Angew. Substanzmenge: 5,0856 g.

Gewichtsverlust: 0,2504 g = 4,92%.

8. Versuch.

Temperatur: 250° (3 St. im Trockenschrank).

Angew. Substanzmenge: 5,1236 g.

Gewichtsverlust: 0,2822 g = 5,50%.

9. Versuch.

Temperatur: 300° (3 St. im Trockenschrank).

Angew. Substanzmenge: 5,0905 g.

Gewichtsverlust: 0,3029 g = 5,95%.

10. Versuch.

Temperatur: 350° (3 St. im Trockenschrank).

Angew. Substanzmenge: 5,1313 g.

Gewichtsverlust: 0,3320 g = 6,47%.

11. Versuch.

Temperatur: 800° (30 Min. im Gebläse).

Angew. Substanzmenge: 5,1149 g.

Gewichtsverlust: 0,4316 g = 8,44%.

Die Resultate werden durch die Kurve in Fig. 1 veranschaulicht und stimmen bezüglich der Art und Weise der Wasserabgabe mit der früher erzielten Kurve überein¹⁾. — (Auf der

¹⁾ 1911, Heft II, S. 41. — Die Kurve stammte von einem Traßpulver, das zu $\frac{1}{3}$ aus gelbem, $\frac{1}{4}$ aus grauem und $\frac{1}{4}$ aus blauem Traß bestand.

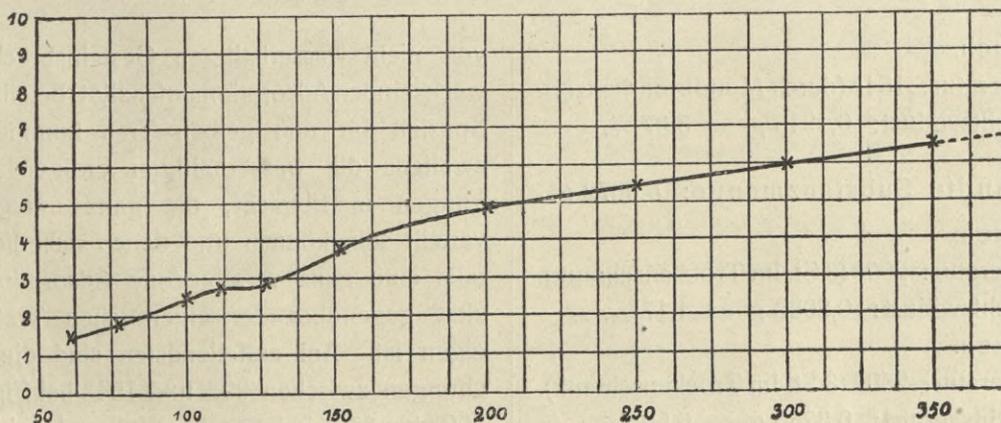


Fig. 1. Kurve für den Gewichtsverlust von gelbem Traß

Ordinate sind die Prozentzahlen des abgetragenen Wassers abgetragen, auf der Abszisse die Temperaturen.)

1. Kontrollbestimmung.

Angewandte Substanzmenge: 5,0308 g.

1. Versuch.

Temperatur: 59° (durch Chloroform).

Gewichtsverlust: 0,0628 g = 1,25%.

2. Versuch.

Temperatur: 80° (durch Benzol).

Gewichtsverlust: 0,0980 g = 1,95%.

3. Versuch.

Temperatur: 99° (durch Wasser).

Gewichtsverlust: 0,1504 g = 2,99%.

4. Versuch.

Temperatur: 109° (durch Toluol).

Gewichtsverlust: 0,1566 g = 3,11%.

5. Versuch.

Temperatur: 128° (durch Xylol).

Gewichtsverlust: 0,1812 g = 3,60%.

9. Versuch.

Temperatur: 300° (3 St. im Trockenschrank).

Gewichtsverlust: 0,3821 g = 7,63%.

10. Versuch.

Temperatur: 350° (3 St. im Trockenschrank).

Gewichtsverlust: 0,4376 g = 8,74%.

Angewandte Substanzmenge: 5,0060 g.

11. Versuch.

Temperatur: 800° (30 Min. im Gebläse).

Gewichtsverlust: 0,4586 g = 9,16%.

Wie ein Vergleich der beiden Versuchsreihen deutlich erkennen läßt, sind die Schwankungen für die einzelnen Temperaturen doch ganz erheblich, obgleich das Probematerial immer von demselben Traßblock genommen wurde. Eine Erklärung hierfür kann einmal in der wechselnden petrographischen Beschaffenheit der Trasse im allgemeinen gefunden werden, an deren Zusammensetzung außer der eigentlichen wasserhaltigen Traßmaterie auch größere Mengen

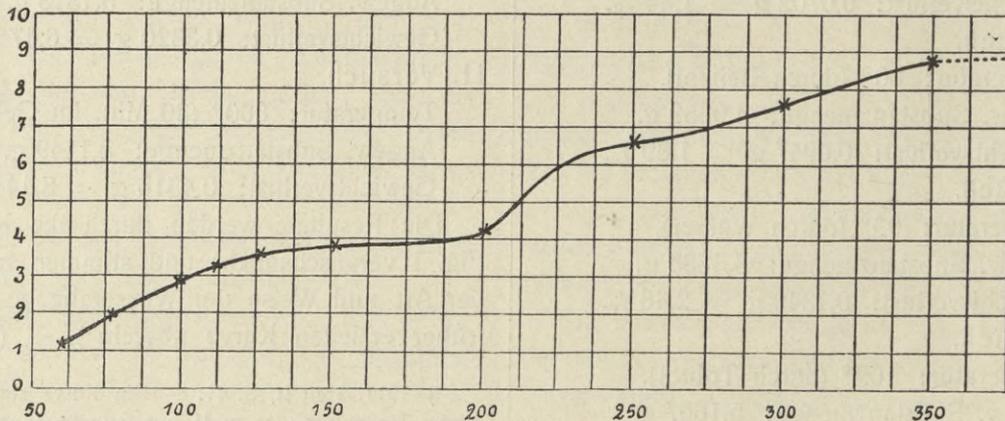


Fig. 2. Kurve für den Gewichtsverlust von gelbem Traß

6. Versuch.

Temperatur: 154° (durch Monobrombenzol).

Gewichtsverlust: 0,1946 g = 3,87%.

Angewandte Substanzmenge: 5,0072 g.

7. Versuch.

Temperatur: 200° (3 St. im Trockenschrank).

Gewichtsverlust: 0,2088 g = 4,17%.

8. Versuch.

Temperatur: 250° (3 St. im Trockenschrank).

Gewichtsverlust: 0,3250 g = 6,59%.

von nicht wasserhaltigen Gesteinsbrocken mit wechselnder Adsorptionsintensität beteiligt sind. Speziell für den gelben Traß kommen dann zweitens die wasserhaltigen erdigen Beimengungen in Betracht, die ganz unregelmäßig verteilt sein können und denen sicherlich ebenfalls eine ganz verschiedene Adsorptionsintensität gegenüber der eigentlichen Traßmaterie eigen ist. Am auffallendsten sind die Abweichungen zwischen 99° und 154° bei Fig. 1 und 200° bis 250° bei Fig. 2. Während bei Kurve 1

das Wasser nur bis 99° kontinuierlich und dann bis 154° ruckweise entweicht, zeigt Kurve 2 eine kontinuierliche Wasserabgabe bis 200° und steigt dann steil bis 250° .

Ob man allerdings derartigen Unterschieden eine allzugroße Bedeutung für die Erkennung des gelben Trasses beilegen darf, scheint recht zweifelhaft; denn schon der normale Verlauf der Kurve 1 beweist, daß selbst bei Entnahme einer kleineren Probemenge die Unterschiede ausgeglichen werden können und dementsprechend bei der Vermahlung großer Traß-

2. Versuch.

Temperatur: 80° (durch Benzol).

Gewichtsverlust: $0,1252 \text{ g} = 2,50\%$.

3. Versuch.

Temperatur: 99° (durch Wasser).

Gewichtsverlust: $0,1494 \text{ g} = 2,98\%$.

4. Versuch.

Temperatur: 109° (durch Toluol).

Gewichtsverlust: $0,1608 \text{ g} = 3,21\%$.

5. Versuch.

Temperatur: 128° (durch Xylol).

Gewichtsverlust: $0,1874 \text{ g} = 3,74\%$.

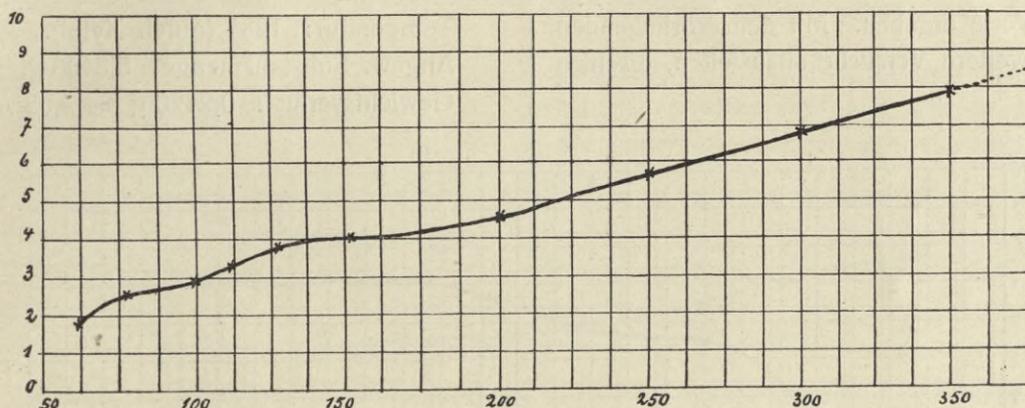


Fig. 3. Kurve für den Gewichtsverlust von gelbem Traß

mengen, wie dies in der Praxis geschieht, wohl auch eine naturgemäße Ausgleichung erfahren werden, wenngleich die erdigen Beimengungen, außer in regellos zerstreuten kleineren Partien, auch gern in größeren Knollen und Nestern auftreten, die nur teilweise mit der Hand ausklaubbar sind.

Zu einem zweiten Kontrollversuch wurde daher ein größerer, ca. 10 Pfund schwerer Block von gelbem Traß im Kollergang gemahlen, so daß eine wenigstens einigermaßen den tatsächlichen Verhältnissen im Bruch äquivalente Durchschnittsprobe vorlag.

Folgende Zahlen wurden erhalten.

2. Kontrollbestimmung.

Angewandte Substanzmenge: $5,0120 \text{ g}$.

1. Versuch.

Temperatur: 59° (durch Chloroform).

Gewichtsverlust: $0,0864 \text{ g} = 1,72\%$.

6. Versuch.

Temperatur: 154° (durch Monobrombenzol).

Gewichtsverlust: $0,2025 \text{ g} = 4,04\%$.

Angewandte Substanzmenge: $5,0034 \text{ g}$.

7. Versuch.

Temperatur: 200° (3 St. im Trockenschrank).

Gewichtsverlust: $0,2200 \text{ g} = 4,50\%$.

8. Versuch.

Temperatur: 250° (3 St. im Trockenschrank).

Gewichtsverlust: $0,2796 \text{ g} = 5,59\%$.

9. Versuch.

Temperatur: 300° (3 St. im Trockenschrank).

Gewichtsverlust: $0,3387 \text{ g} = 6,77\%$.

10. Versuch.

Temperatur: 350° (3 St. im Trockenschrank).

Gewichtsverlust: $0,3973 \text{ g} = 7,94\%$.

Angewandte Substanzmenge: $5,0024 \text{ g}$.

11. Versuch.

Temperatur: 800° (30 Min. im Gebläse).

Gewichtsverlust: $0,5264 \text{ g} = 10,52\%$.

Angewandte Substanzmenge: 5,0020 g.

11a. Versuch (zur Kontrolle).

Temperatur: 800° (30 Min. im Gebläse).

Gewichtsverlust: 0,5242 g = 10,48%.

Der abermalige normale Verlauf der Kurve 3 rechtfertigt die bei Kurve 2 geäußerten Bedenken. Vielleicht gelangt man aber dennoch zum Ziel, wenn man im Bruch selbst an verschiedenen Stellen Proben nimmt — natürlich unter Ausschluß rein erdiger Partien — und dann feststellt, ob dieselben stark voneinander abweichende Werte ergeben. Mit dem vorliegenden Material weitere Versuche anzustellen, erschien zwecklos.

2. Versuch.

Temperatur: 80° (durch Benzol).

Angew. Substanzmenge: 5,4648 g.

Gewichtsverlust: 0,0848 g = 1,55%.

3. Versuch.

Temperatur: 99° (durch Wasser).

Angew. Substanzmenge: 4,9704 g.

Gewichtsverlust: 0,1545 g = 3,10%.

4. Versuch.

Temperatur: 109° (durch Toluol).

Angew. Substanzmenge: 5,1238 g.

Gewichtsverlust: 0,1782 g = 3,47%.

5. Versuch.

Temperatur: 128° (durch Xylol).

Angew. Substanzmenge: 5,3436 g.

Gewichtsverlust: 0,2420 g = 4,53%.

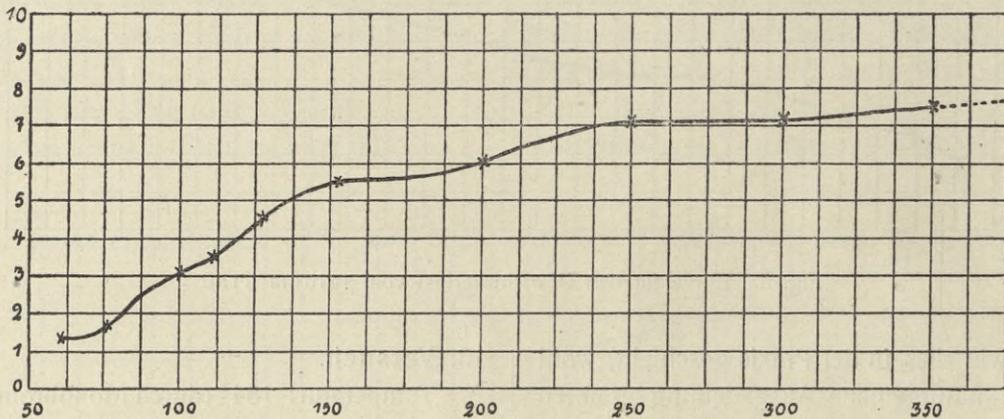


Fig. 4. Kurve für den Gewichtsverlust von grauem Traß

Auffallend ist, daß hier der einzige Fall vorliegt, bei dem der Glühverlust über 100° mehr als 7% ausmacht. Die Kontrollbestimmung (Versuch 11a) lieferte dasselbe Ergebnis.

Schließlich sei erwähnt, daß bei einer letzten Stichprobe, die von einer kleineren Menge genommen wurde, der Glühverlust über 99° auf 4,18% herabsank.

II. Grauer Traß.

1. Versuch.

Temperatur: 59° (durch Chloroform).

Angew. Substanzmenge: 5,1055 g.

Gewichtsverlust: 0,0733 g = 1,43%.

6. Versuch.

Temperatur: 154° (durch Monobrombenzol).

Angew. Substanzmenge: 5,6322 g.

Gewichtsverlust: 0,3090 g = 5,48%.

7. Versuch.

Temperatur: 200° (3 St. im Trockenschrank).

Angew. Substanzmenge: 5,0629 g.

Gewichtsverlust: 0,3047 g = 6,02%.

8. Versuch.

Temperatur: 250° (3 St. im Trockenschrank).

Angew. Substanzmenge: 5,2792 g.

Gewichtsverlust: 0,3772 g = 7,14%.

9. Versuch.

Temperatur: 300° (3 St. im Trockenschrank).

Angew. Substanzmenge: 5,0847 g.

Gewichtsverlust: 0,3679 g = 7,22%.

10. Versuch.

Temperatur: 350° (3 St. im Trockenschrank).
 Angew. Substanzmenge: 5,1745 g.
 Gewichtsverlust: 0,3849 g = 7,44%.

11. Versuch.

Temperatur: 800° (30 Min. im Gebläse).
 Angew. Substanzmenge: 5,6676 g.
 Gewichtsverlust: 0,5534 g = 9,76%.

Kontrollbestimmung.

Angewandte Substanzmenge: 5,0158 g.

1. Versuch.

Temperatur: 59° (durch Chloroform).
 Gewichtsverlust: 0,1214 g = 2,42%.

2. Versuch.

Temperatur: 80° (durch Benzol).
 Gewichtsverlust: 0,1610 g = 3,21%.

8. Versuch.

Temperatur: 250° (3 St. im Trockenschrank).
 Gewichtsverlust: 0,3813 g = 6,96%.

9. Versuch.

Temperatur: 300° (3 St. im Trockenschrank).
 Gewichtsverlust: 0,4360 g = 7,95%.

10. Versuch.

Temperatur: 350° (3 St. im Trockenschrank).
 Gewichtsverlust: 0,4570 g = 8,33%.

Angewandte Substanzmenge: 3,9416 g.

11. Versuch.

Temperatur: 800° (30 Min. im Gebläse).
 Gewichtsverlust: 0,4069 g = 10,32%.

Größere Unterschiede weisen nur die Prozentzahlen unter 100° auf, von da ab zeigen die Intervalle zwischen den einzelnen Tempe-

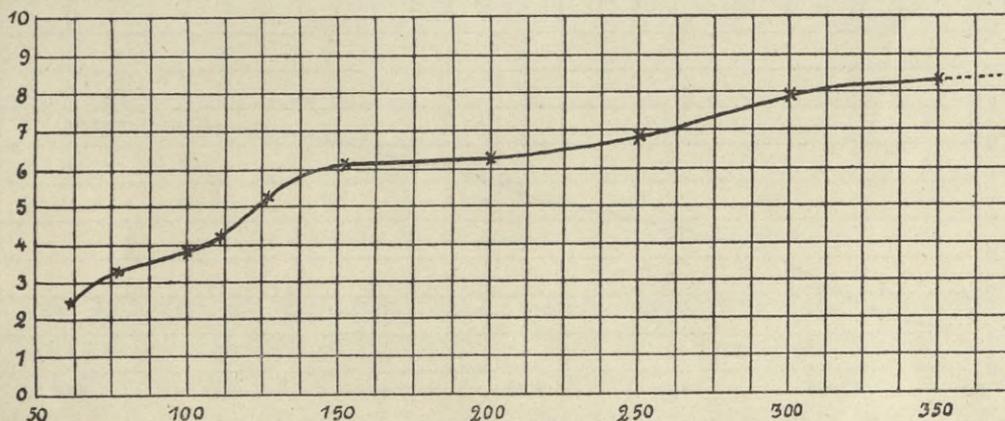


Fig. 5. Kurve für den Gewichtsverlust von grauem Traß

3. Versuch.

Temperatur: 99° (durch Wasser).
 Gewichtsverlust: 0,1910 g = 3,80%.

4. Versuch.

Temperatur: 109° (durch Toluol).
 Gewichtsverlust: 0,2138 g = 4,26%.

5. Versuch.

Temperatur: 128° (durch Xylol).
 Gewichtsverlust: 0,2666 g = 5,31%.

6. Versuch.

Temperatur: 154° (durch Monobrombenzol).
 Gewichtsverlust: 0,3118 g = 6,21%.

Angewandte Substanzmenge: 5,4825 g.

7. Versuch.

Temperatur: 200° (3 St. im Trockenschrank).
 Gewichtsverlust: 0,3450 g = 6,29%.

raturen genügende Übereinstimmung, und es nehmen die beiden Kurven Fig. 4 u. 5 von 99° an einen gleichartigen Verlauf. Der typische Knick erfolgt wiederum bei 154°, weiterhin ist die Wasserabgabe kontinuierlich.

III. Blauer Traß.

1. Versuch.

Temperatur: 59° (durch Chloroform).
 Angew. Substanzmenge: 5,2749 g.
 Gewichtsverlust: 0,0571 g = 1,08%.

2. Versuch.

Temperatur: 80° (durch Benzol).
 Angew. Substanzmenge: 4,9612 g.
 Gewichtsverlust: 0,0712 g = 1,42%.

3. Versuch.

Temperatur: 99° (durch Wasser).
 Angew. Substanzmenge: 5,9769 g.
 Gewichtsverlust: 0,1282 g = 2,14%.

4. Versuch.

Temperatur: 109° (durch Toluol).
 Angew. Substanzmenge: 4,8269 g.
 Gewichtsverlust: 0,1409 g = 2,91%.

5. Versuch.

Temperatur: 128° (durch Xylol).
 Angew. Substanzmenge: 4,8061 g.
 Gewichtsverlust: 0,1625 g = 3,38%.

6. Versuch.

Temperatur: 154° (durch Monobrombenzol).
 Angew. Substanzmenge: 4,9522 g.
 Gewichtsverlust: 0,1962 g = 3,96%.

11. Versuch.

Temperatur: 800° (30 Min. im Gebläse).
 Angew. Substanzmenge: 5,3180 g.
 Gewichtsverlust: 0,4453 g = 8,38%.

Kontrollbestimmung.

Angewandte Substanzmenge: 5,1618 g.

1. Versuch.

Temperatur: 59° (durch Chloroform).
 Gewichtsverlust: 0,0777 g = 1,55%.

2. Versuch.

Temperatur: 80° (durch Benzol).
 Gewichtsverlust: 0,1128 g = 2,19%.

3. Versuch.

Temperatur: 99° (durch Wasser).
 Gewichtsverlust: 0,1516 g = 2,93%.

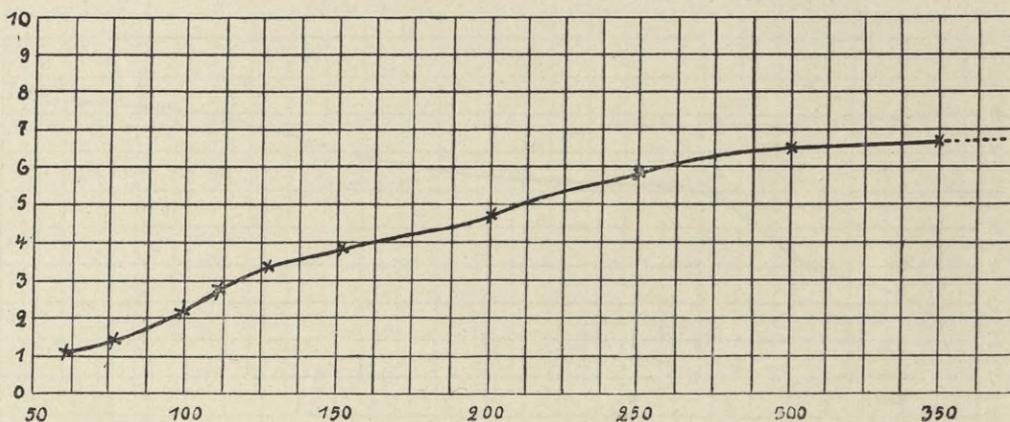


Fig. 6. Kurve für den Gewichtsverlust von blauem Traß

7. Versuch.

Temperatur: 200° (3 St. im Trockenschrank).
 Angew. Substanzmenge: 5,0684 g.
 Gewichtsverlust: 0,2404 g = 4,74%.

8. Versuch.

Temperatur: 250° (3 St. im Trockenschrank).
 Angew. Substanzmenge: 5,5960 g.
 Gewichtsverlust: 0,3276 g = 5,85%.

9. Versuch.

Temperatur: 300° (3 St. im Trockenschrank).
 Angew. Substanzmenge: 5,4630 g.
 Gewichtsverlust: 0,3538 g = 6,47%.

10. Versuch.

Temperatur: 350° (3 St. im Trockenschrank).
 Angew. Substanzmenge: 5,0300 g.
 Gewichtsverlust: 0,3284 g = 6,53%.

4. Versuch.

Temperatur: 109° (durch Toluol).
 Gewichtsverlust: 0,1698 g = 3,29%.

5. Versuch.

Temperatur: 128° (durch Xylol).
 Gewichtsverlust: 0,2006 g = 3,88%.

6. Versuch.

Temperatur: 154° (durch Monobrombenzol).
 Gewichtsverlust: 0,2212 g = 4,28%.

Angewandte Substanzmenge: 5,1572 g.

7. Versuch.

Temperatur: 200° (3 St. im Trockenschrank).
 Gewichtsverlust: 0,3073 g = 5,95%.

8. Versuch.

Temperatur: 250° (3 St. im Trockenschrank).
 Gewichtsverlust: 0,3322 g = 6,44%.

9. Versuch.

Temperatur: 300° (3 St. im Trockenschrank).

Gewichtsverlust: 0,3426 g = 6,64%.

10. Versuch.

Temperatur: 350° (3 St. im Trockenschrank).

Gewichtsverlust: 0,3610 g = 7,00%.

Angewandte Substanzmenge: 5,2163 g.

11. Versuch.

Temperatur: 800° (30 Min. im Gebläse).

Gewichtsverlust: 0,4695 g = 9,00%.

terisierung und zu einer Unterscheidung desselben von grauem und blauem Traß dienen können, erscheint zweifelhaft. Zur Klärung dieser Frage würden noch umfangreichere Versuche an Bruchmaterial erforderlich sein.

Nachtrag.

Die Beobachtung, daß die guten Traßsorten bei längerem Lagern einen Teil ihres Wassergehaltes abgeben, hatte mich seinerzeit ver-

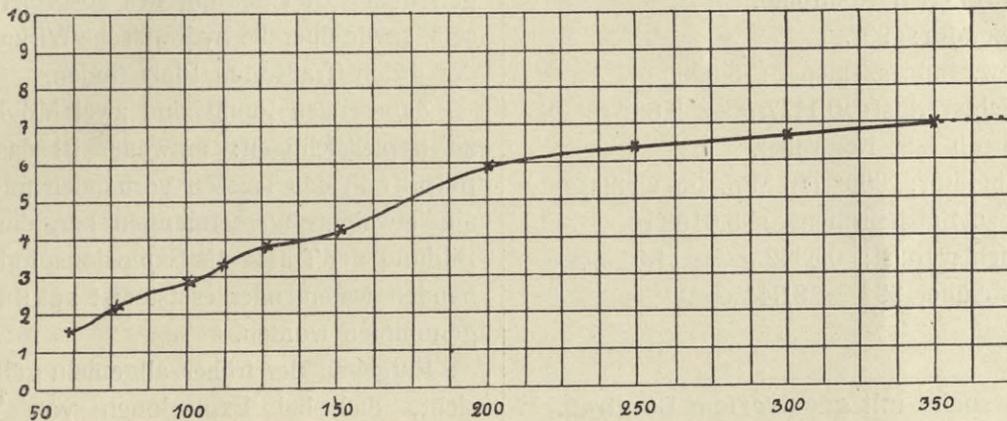


Fig. 7. Kurve für den Gewichtsverlust von blauem Traß

Kurve 6 u. 7 zeigen die geringsten Umbiegungen und die regelmäßigste Wasserabgabe, wengleich auch hier zwischen 99° und 154° ein ruckweises Entweichen des Wassers zu erkennen ist.

Zusammenfassung.

1. Die Untersuchungen bestätigen die früheren Erfahrungen, daß der Traß bei längerer trockener Lagerung einen Teil seines Wassergehaltes abgibt und alsdann bei der Glühprobe einen Wassergehalt von unter 7% aufweist.

2. In der Hauptsache erfolgte die Wasserabgabe wiederum kontinuierlich und spricht daher für adsorbiertes und nicht für Hydratwasser.

3. Die aus dem Gewichtsverlust bei steigenden Temperaturen konstruierten Kurven zeigen starke Abweichungen nur beim gelben Traß.

4. Ob diese Abweichungen jedoch irgendwie gesetzmäßig erfolgen und etwa zur Charak-

anlaßt, sowohl Proben von Traßmehl als auch solche von gepulvertem Bergtraß in einem verschlossenen Glaskolben unter Wasser längere Zeit aufzubewahren. Die Versuche wurden am 1. Juli 1912 angesetzt und am 1. Februar 1913 beendet. Das Traßmehl hatte vorher längere Zeit in einem trockenen Raum gelagert und infolgedessen beim Glühen nur einen Glühverlust über 100° von rund 7% ergeben, das Pulver von Bergtraß 2,852 resp. 2,777% bei einem Kontrollversuch¹⁾. Durch die neuen Versuche sollte festgestellt werden, ob eventuell eine Wiederaufnahme des abgegebenen Wassers durch Adsorption stattfinden würde.

Der früheren Versuchsanordnung entsprechend wurden die wassergelagerten Proben 3 Stunden bei 35° vorgetrocknet, dann 3 Stunden lang auf 99° erhitzt und schließlich 30 Minuten im Gebläse geglüht. Die Einwage betrug jedesmal ca. 5 g der vorgetrockneten Substanz.

¹⁾ 1911, Heft II, S. 41 u. 42.

I. Versuche mit Traßmehl.

1. Versuch.

Temperatur: 99°.

Angew. Substanzmenge: 5,0000 g.

Gewichtsverlust: 0,1180 g = 2,90%.

2. Versuch.

Temperatur: 800° (30 Min. im Gebläse).

Angew. Substanzmenge: 5,0242 g.

Gewichtsverlust: 0,5546 g = 11,04%,
also über 99° = 8,14%.

3. Versuch (zur Kontrolle).

Temperatur: 99°.

Angew. Substanzmenge: 5,0000 g.

Gewichtsverlust: 0,1177 g = 2,88%.

4. Versuch (zur Kontrolle).

Temperatur: 800° (30 Min. im Gebläse).

Angew. Substanzmenge: 5,0168 g.

Gewichtsverlust: 0,5352 g = 11,82%,
also über 99° = 8,94%.

II. Versuche mit gepulvertem Bergtraß.

1. Versuch.

Temperatur: 99°.

Angew. Substanzmenge: 5,0000 g.

Gewichtsverlust: 0,0051 g = 0,10%.

2. Versuch.

Temperatur: 800° (30 Min. im Gebläse).

Angew. Substanzmenge: 4,9835 g.

Gewichtsverlust: 0,1655 g = 3,22%.

3. Versuch (zur Kontrolle).

Temperatur: 99°.

Angew. Substanzmenge: 5,0000 g.

Gewichtsverlust: 0,0050 g = 0,10%.

4. Versuch (zur Kontrolle).

Temperatur: 800° (30 Min. im Gebläse).

Angew. Substanzmenge: 4,9837 g.

Gewichtsverlust: 0,1687 g = 3,28%.

Der Glühverlust über 99° ist beim Traßpulver von 7% auf 8,14% resp. 8,94% gestiegen, gleichzeitig hat aber auch der Gewichtsverlust bei 99° eine Steigerung von 2,204% auf 2,90% resp. 2,88% erfahren, so daß die Gesamtprozente des neu aufgenommenen Wassers zwischen 1,836 und 2,610 schwanken. Auch

beim Bergtraß ist eine abermalige Adsorption von Wasser zu konstatieren, da hier die früheren Glühverluste nur 2,852% resp. 2,777% ausmachten.

Durch diese Versuche ist also auch experimentell in einwandfreier Weise nachgewiesen, daß die Trasse die Fähigkeit besitzen, in erheblichen Mengen Wasser zu adsorbieren und dasselbe zum größeren Teil erst bei Temperaturen über 99° verlieren.

Zum Schluß mögen noch einige Bemerkungen über den Ursprung des adsorbierten Wassers, sowie über die hydraulische Wirkungsweise der guten Traßsorten Platz finden.

Zum ersten Punkt sind zwei Möglichkeiten zu berücksichtigen: entweder ist das Wasser primär in den Trassen vorhanden und stammt aus etwaigen Wassermengen her, die bei der Bildung der Trasse als Explosionsprodukte vorhanden waren, oder es ist erst sekundär aufgenommen worden.

Entgegen der früher allgemein gültigen Ansicht, daß bei Explosionen von Vulkanen Wasserdämpfe eine besondere Rolle spielen sollten, stellt A. Brun in seinen neuesten Untersuchungen: „Recherches sur l'exhalaison volcanique“, Genf 1911, eine Theorie auf, die geeignet erscheint, die bisherigen wissenschaftlichen Anschauungen von den vulkanischen Erscheinungen total umzuwälzen. Nach Brun ist nämlich die Phase des Paroxysmus eines Vulkans wasserfrei, und die Dampf Wolken, die ein Vulkan bei seinem Ausbruch ausstößt, bestehen aus Aschen, Gasen, Salmiakdämpfen und anderen flüchtigen Chloriden, zumal der Alkalien¹⁾. Es muß daher von dem Wassergehalt der Trasse angenommen werden, daß — falls die Brunsche Theorie richtig ist, und vieles spricht dafür — derselbe sekundärer Natur ist, und zwar sitzt derselbe nicht etwa in neugebildeten, wasserhaltigen Silikaten, wie

¹⁾ Eine kritische Würdigung der Brunschen These findet sich in: F. von Wolff, Der Vulkanismus, Verlag von Enke, Stuttgart 1913; da dies interessante Werk sich s. Z. noch unter der Presse befand, hatte mir der Herr Verfasser in liebenswürdiger Weise ein Korrektorexemplar zur Verfügung gestellt.

dies Völzing annahm¹⁾, sondern befindet sich in der schaumigen Grundmasse als adsorbiertes Wasser.

Bezüglich der hydraulischen Wirkungsweise hatte ich in meiner ersten Arbeit über den Traß entgegen der bisherigen Auffassung die Ansicht vertreten, daß dieser adsorbierte Wassergehalt mit der hydraulischen Wirkung der guten Trasse nichts zu tun hat, und hatte diese Wirkung auf einen Austausch der Alkalien, die in den sodalith- resp. hauynartigen Mineralien der Grundmasse gebunden sind, gegen das Kalzium des beigemengten Kalkes zurückgeführt; der Austausch geht unter gleichzeitiger Bildung von schwerer löslichen Silikaten vor sich²⁾.

Hierzu möchte ich zunächst ergänzend bemerken, daß für diesen Prozeß möglicherweise auch z. T. Glassubstanzen von der chemischen Zusammensetzung der Sodalithmineralien in Frage kommen können, die neben dem trachytischen Glase der Grundmasse sich gebildet haben, falls es nicht zur unmittelbaren Auskristallisation von Sodalithmineralien kam. Diese Annahme ist für den Verlauf des Prozesses selbst noch günstiger, da Gläser als instabile Substanzen gegenüber kristallisierten stabilen Substanzen viel reaktionsfähiger sind und infolgedessen auch leichter austauschen werden.

Ferner sind in den letzten Jahren mehrere Arbeiten erschienen, die sich mit dem ternären System CaO , Al_2O_3 und SiO_2 befassen, um die Konstitutionsfrage des Portlandzementes aufzuklären³⁾. Nach diesen Untersuchungen

¹⁾ Der Traß des Brohltales. Jahrb. d. Kgl. preuß. geol. Landesanstalt, 1907, S. 24.

²⁾ Neuerdings sucht die Technik sich die Austauschbarkeit der Alkalien im Traß nutzbar zu machen, indem die „Deutsche Filterkompagnie“ unter der Bezeichnung „Allagitverfahren“ ein Patent angemeldet hat, das in analoger Weise wie das „Permutitverfahren“ der Permutit-Aktiengesellschaft zur Reinigung von Wasser dienen soll. Während der Permutit aus künstlich hergestellten Aluminatsilikaten besteht, ist der Hauptbestandteil des Allagits der Traß. (Vergl. F. Hundeshagen, Über einige neuere Verfahren der Wasserreinigung; Zeitschr. f. angew. Chemie, 1913, Nr. 15, S. 127—128.)

³⁾ U. a. E. S. Shepherd und G. A. Rankin, Vorläufiger Bericht über das ternäre System $\text{CaO} - \text{Al}_2\text{O}_3$

kommt es in den Portlandzementklinkern zur Neubildung einer gehlenitartigen Substanz (der Gehlenit hat die chemische Zusammensetzung $3 \text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2 \text{SiO}_2$). Vielleicht spielen beim Abbinden des Traßmörtels analoge Neubildungen eine Rolle, die ohne weiteres den für den Austausch nötigen Zuschlag von Kalk erklären würden.

In dieser Richtung sollen weitere Untersuchungen mit Mischungen von Sodalith- und Kalkpulver vorgenommen werden unter gleichzeitiger Berücksichtigung von Färbeversuchen, wie solche S. Keisermann¹⁾ mit den Oxyden SiO_2 , Al_2O_3 und CaO und ihren wichtigsten Verbindungen angestellt hat.

Während der Drucklegung dieser Arbeit erschien: H. Burchartz, Die Eigenschaften von Traß und Traßmörtel (Mitt. a. d. Königl. Materialprüfungsamt zu Berlin-Lichterfelde West; 1913, Heft 1). Der Herr Verfasser macht interessante Angaben über Festigkeitsversuche, die mit Probekörpern von geglühtem Traßpulver hergestellt waren. Die Versuchswerte ergaben, „daß die geglühten und hierbei vom Hydratwasser fast völlig befreiten Trasse ebenso hohe Mörtelfestigkeit geliefert haben, wie die in ihrem natürlichen Zustande belassenen; in einigen Fällen, so namentlich bei den älteren Probekörpern, ist sogar die Festigkeit der aus geglühten Trassen hergestellten Mörtel höher als die der aus ungeglühten bereiteten.“ Burchartz folgert hieraus, „daß die Erhärtungsfähigkeit der Trasse, die sonst den Normen genügen, durch das Glühen, d. h. durch das Austreiben des „Hydratwassers“, nicht nachteilig beeinflusst wird.“ Mit anderen Worten, es wird bestätigt,

— SiO_2 ; Zeitschr. f. anorg. Chemie Bd. 71, 1911, S. 19—64.
— Eine übersichtliche Zusammenstellung der wichtigeren diesbezüglichen Literatur findet sich in: E. Doelter, Handbuch der Mineralchemie, S. 804 u. f. Es sei hier nur hervorgehoben, daß ähnliche Verhältnisse bereits früher von J. H. L. Vogt bei manchen Hochofenschlacken konstatiert wurden; vergl. J. H. L. Vogt: Die Mineralbildungen aus Silikatschmelzlösungen; Christiania 1903.

¹⁾ S. Keisermann, Der Portlandzement. Seine Hydratbildung und Konstitution; Dresden 1910.

daß der Wassergehalt der guten Trasse mit ihrer hydraulischen Wirkung absolut nichts zu tun hat.

Aus diesen Festigkeitsversuchen läßt sich aber noch ein anderer überaus wichtiger Schluß ziehen. Früher hatte man den hohen Wassergehalt der Trasse mit einem Gehalt an löslicher, aktionsfähiger Kieselsäure in Verbindung gebracht und diese wiederum als Träger der hydraulischen Eigenschaften betrachtet. Durch das Glühen wäre aber zweifellos ein etwa vorhanden gewesener Gehalt an löslicher Kieselsäure in eine unlösliche Modifikation übergeführt worden, der aber doch irgendwelche

hydraulische Eigenschaften nicht mehr zugeschrieben werden dürfen. Da nun aber die geglühten Trasse trotz alledem nichts von ihrer hydraulischen Wirkungsweise einbüßen, kann man weiter schließen, daß auch ein aktionsfähiger Kieselsäuregehalt, selbst wenn er vorhanden gewesen wäre, nicht zur Erklärung der hydraulischen Wirkungsweise herangezogen werden kann. Die Ansicht, daß der Erhärtungsprozeß der Trasse nicht auf einem Gehalt an löslicher, aktionsfähiger Kieselsäure zurückzuführen sei, war ebenfalls bereits früher von mir vertreten worden.

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000315035

1918

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000315036

1921

Biblioteka PK

J.X.46

/ 1912

Biblioteka PK

J.X.46.

/ 1918

Biblioteka PK

J.X.46

/ 1921

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000300778

1912