

INTERNATIONALER STÄNDIGER VERBAND
DER STRASSEN-KONGRESSE

Generalsekretariat : 1, Avenue d'Iéna, Paris.

III. KONGRESS - LONDON - 1913

1. Abteilung : Bau und Erhaltung.
3. Mitteilung.
- ♦—

Herstellung von Schotterdämmen
mit
wasserhaltigen Bindemitteln

BERICHT

von

LELIÈVRE

Agent Voyer d'Arrondissement honoraire,
Professeur à l'Ecole Spéciale des Travaux Publics, Paris.

und

PONS

Agent Voyer d'Arrondissement, Montpellier.

PARIS

SOCIÉTÉ ANONYME DES IMPRIMERIES OBERTHUR

3, RUE ROSSINI, 3

1913



II-353532

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000317641

390-3-484/2018



~~III 17090~~

HERSTELLUNG

von

Schotterdämmen mit wasserhaltigen Bindemitteln.

(Die §§ 1 bis 5 dieses Berichts sind von Herrn LELIÈVRE,
die §§ 6 bis 10 von Herrn POIS verfasst).

Die Mitteilung Nr. 3 bezweckt in ihrem ganzen Umfange die Erforschung " der besten Verfahren zur Herstellung und " Erhaltung der mit wasserhaltigen Bindemitteln macadamisierten Strassen, die seit dem II. Kongress (Brüssel 1910) " im Felde und in den Vorstadtgegenden angewendet werden ".

Wenn auch diese Studie, von dem engbegrenzten Standpunkte der gebräuchlichen Verfahren betrachtet, einfach erscheinen mag, so erfordert sie doch die gespannteste Aufmerksamkeit und sorgfältigste Ergründung. Denn es handelt sich hierbei um das Bestreben, dem unter den rudimentärsten Formen verwendeten Stoff die Wirkungen zu verleihen, die man erwarten darf, wenn man ihn als festzusammenhängenden Dammkörper in geeigneterer Weise anwendet.

Der Nutzen dieser Studie ist auch von einschneidender Bedeutung, denn ausserhalb des Weichbildes betrifft sie mehr als neun Zehntel der Strassenflächen, die unsere Vorfahren uns hinterlassen haben und die aus Sparsamkeits- und örtlichen Gründen auch in Zukunft nach dem gleichen System zu erweitern sein werden, wobei das letztere unter Anpassung an die neueren Verkehrserfahrungen zugleich zu verbessern ist.

Je mehr man in der Vergangenheit die allmählichen Umwandlungen untersucht, denen die Schotterdämme in ihrer Anlage unterworfen waren, desto mehr fällt im Gegensatz zu dem Anwachsen des Bedarfs die Anwendung immer kleinerer Abmessungen auf.

In unserer heutigen Zeit scheint überhaupt die beschränkte Gleichartigkeit die Oberhand über die weisen Regeln behalten

etke 3685/51

zu haben, die sich aus dem System der Ingenieure TRÉSAGUET, MAC-ADAM und TELFORD ergeben, und zwar mit Rücksicht auf das schnelle Vorwärtskommen, um der wirtschaftlichen Entwicklung zu folgen, die wir den Eisenbahnen verdanken. Heute muss man davon absehen und mehr Wert auf die Gründung, die Auswahl und die gute Zubereitung der Baustoffe, ihre Anwendungsart und alle für die kunstgerechte Herstellung des Dammes in Betracht kommenden Eigenschaften legen, damit der Damm gleichzeitig fest ist, einen bequemen Verkehr ermöglicht und in der Unterhaltung leicht und nicht zu kostspielig wird.

Alle diese Punkte, die übrigens in der Mitteilung Nr. 3 in 10 Artikeln genau angegeben sind, wollen wir nunmehr nacheinander prüfen und uns dabei über jeden von ihnen unser Urteil bilden.

Wir stützen uns hierbei einmal auf die Ergebnisse ausgedehnter Erhebungen, die wir bei allen Vorständen des Strassenwesens in Frankreich, Korsika und Algerien angestellt haben, sodann aber auch auf unsere eigene Erfahrung und alle diejenigen Auskünfte, die wir uns aus den verschiedensten Quellen verschafft haben. An dieser Stelle danken wir zugleich allen denjenigen, die uns durch ihre entgegenkommende und wertvolle Mitwirkung unsere Aufgabe erleichtert haben.

Wir fügen indes hinzu, dass wir von allen uns kundgegebenen Erfahrungssätzen, die natürlich von dem Kreise jedes Einzelnen und den von jedem von ihnen aufgewendeten Mühen und Mitteln abhängig sind, nur diejenigen verwertet haben, die uns nicht zu den Gesetzen der Natur oder der Wissenschaft im Gegensatz zu stehen schienen. Andererseits haben wir uns wohl gehütet, in der Form einer Statistik die praktischen Erfahrungen zu verbreiten, die, obwohl dann und wann hinreichend angewandt, immerhin nach unserer Meinung Vorbehalt oder zweckmässige Verbesserungen erheischen.

1. Gründung und Entwässerung.

Die Gründung einer Strasse lässt sich, wie folgt, definieren : Dammkörper, der die unzulängliche Widerstandsfähigkeit des natürlichen Bodens ergänzt oder letzteren zuvor festigt, um darauf einen festen Fahrdamm anzulegen.

Die Gründung darf nicht mit der oft zuvor notwendigen und möglichen Festigung leicht zusammenpressbaren und lockeren

Bodens verwechselt werden, die dadurch ausgeführt wird, dass man den Boden entwässert und ihn mittels grosser Steine, Steinsplitter, Sand, Faschinen u. s. w. festmacht.

Der Erfolg dieser ersten Arbeit besteht lediglich darin, dass dadurch der Umfang der eigentlichen Gründung vermindert wird.

Die obere Decke ist andererseits, wie wir weiter unten noch sehen werden (Art. 3) ebenfalls als eine Art Gründungsausführung anzusprechen. Sie muss als ein Gebilde betrachtet werden, das aus zwei gänzlich verschiedenen Wirkungsschichten besteht. Die eine, obere, wechselt gemäss der Abnutzung und ist in der Dicke am Ende jeder Betriebsperiode wieder zu ergänzen; die andere, untere, deren Dicke ständig gleich bleibt, wirkt bei jedem Fahrdammssystem mit oder ohne Gründung bei dem Gesamtwiderstand mit, den der Strassenkörper dem Druck der Fuhrwerke entgegensetzt.

Daher ist eine enge, nicht näher zu erörternde Verbindung zwischen dem tragenden Boden, der Gründung und der Decke nötig, was bei der verständigen und wirtschaftlich vorteilhaften Herstellung eines Fahrdammes beachtet werden muss.

Der Bericht Nr. 20, den wir dem Brüsseler Kongress erstattet haben, enthält über die Gründungen und Verbesserungen ausführliche Angaben, die wir hier zwar nicht wieder geben können, immerhin aber doch zu Rate ziehen wollen.

Wir erinnern hierbei an die allgemeine Klasseneinteilung der verschiedenen Gründungssysteme, die in der Reihenfolge ihrer wechselnden Widerstandsfähigkeit aufgeführt sind und auf die der Generalberichterstatter Herr MICHEZ, die Aufmerksamkeit der Kongresse gelenkt hat :

Bruchsteine, einfach verteilt in dem Bettungskoffer.

Steine oder Platten, flach verlegt.

Bruchsteine zugespitzt oder Packlage.

Grobbehauene Werksteine, die mit der hohen Kante eng aneinander gepresst sind : aus trockenen Steinen gewölbtes Mauerwerk.

Gleichartiger Dammkörper aus grobem Material von 0,08 bis 0,10 m.

Gleichartiger Dammkörper aus zusammengepressten Kieselsteinen von 0,03 bis 0,06 m.

Dammkörper aus reinem Sand, fest gestampft und mit Wasser festgemacht.

Derselbe Dammkörper, durchtränkt mit Kalkmilch.

Mauerwerk aus hydraulischem Kalkmörtel.

Beton aus hydraulischem Kalkmörtel.

Beton aus Zementmörtel.

Beton aus armiertem Zement.

Nachstehend wiederholen wir auch den Wunsch, der in der Sitzung besprochen und von dem Kongress in Erwägung gezogen worden ist. (Seite 296 des amtlich erstatteten Berichts).

“ Es ist erwünscht, dass Versuche gemacht werden mögen, um daraus unmittelbar und möglichst genau kennen zu lernen :

1. Den Umfang und die Wellenlänge der Schwingungen, die sich in jedem Fahrdammkörper bemerkbar machen, sowohl beim Fahren eines einzelnen Wagens wie bei gleichzeitigem Fahren mehrerer Wagen von verschiedenem Gewicht, verschiedener Form und verschiedener Geschwindigkeit;

2. Die verschiedenen von dem Verkehr der verschiedenen Schichten des Unterbaues sowie dem darunter befindlichen Erdreich mitgeteilten Druckkräfte, wie sie dadurch beeinflusst werden und in welcher Stärke ”.

Die vorstehenden Gründe haben uns veranlasst, den bestehenden Wunsch zu wiederholen. In dieser Beziehung haben unsere Erhebungen nichts ebenso Beweiskräftiges erbracht, ausgenommen indes die Gründungen des Ingenieurs TRÉSAGUET, deren gute Haltbarkeit die Fahrdämme oft vor einem Missgeschick bewahrt, obwohl sie mangels einer Strassendecke häufig nahezu bloss lagen.

Nach der Meinung der einen bleiben die starken Drucke des Fuhrwerkverkehrs bei einer Stärke der Beschotterung von 0,20 m lokalisiert, wobei sie von der Oberfläche bis zum Grund des Bettungskoffers abnehmen; nach der Meinung der anderen dringen sie bei einer Stärke von 0,15 und 0,25 m und selbst noch darunter bis zum Boden der Gründung ein.

Ferner wird im allgemeinen eine Tiefe von 0,60 m für die unterirdische Verlegung von Röhrenleitungen aus Steingut oder Metall für ausreichend erachtet. Sollen die Röhren frostfrei bleiben, so genügt eine Tiefe von 1 m.

Mangels bestimmter Auskünfte halten wir es für angezeigt, den Aufschluss, den uns die Erfahrung nicht gibt, dem eigenen Urteil zu überlassen. Als Grundform nehmen wir die Gründung aus grobbehauenen Werksteinen, die trocken und mit der schmalen Seite fest aneinander gelegt werden.

Kann diese Gründung von vorn herein wie ein Gewölbe wirken und den Untergrund vollständig entlasten? Wir glauben es

nicht, denn hierzu wäre es nötig, dass das ringförmige Profil gegen die Ränder erheblich verstärkt und gestützt würde sowie ferner, dass die Gründung bei der geringen Breite von 5 m im Scheitel die übermässig hohe Stärke von 0,70 m erhielte.

Es erscheint zweckmässiger, die Gründung von gleichmässiger Dicke mit einer einfachen Platte zu vergleichen, deren ganzes Gewicht dergestalt auf den Boden wirkt, dass sie den Boden befestigt, indem sie ihn gewaltig zusammenpresst. Ihre Steifheit oder Widerstandskraft ist um so grösser, je mehr Berührungs- und Reibungspunkte die zusammengesetzten Baustoffe unter sich haben. Ist die Gründung auf diese Weise imstande, den grössten Teil der auf sie übertragenen Druckkräfte zurückzuhalten und nach der Oberfläche auszudehnen, so überträgt sie schliesslich diejenigen Druckkräfte nur sehr abgeschwächt auf den Untergrund, die sie nicht festzuhalten vermag und deren Gesamtwirkung auf letzteren alsdann unempfindlich bleibt. Aus dieser Erwägung genügen die in der Mehrzahl der Fälle gebräuchlichen Stärken der Gründung von 0,15 bis 0,20 m; nur bei sehr schlechtem Gelände ist es erforderlich, ausnahmsweise auf grössere Abmessungen zurückzugreifen. Wir werden übrigens diese Berechnung noch weiter unten rechnerisch und durch schlüssige Vergleiche nachweisen (Art. 5).

Was die je nach Lage des Falls zu treffende Auswahl unter den verschiedenen Gründungssystemen betrifft, so ist dies stets eine Frage der Umstände und Mittel, wobei die Materialien, über die man verfügt, geeignet anzuordnen sind, um dadurch eine bestimmte Widerstandsfähigkeit zu liefern; die weniger harten Stoffe sind auf den Grund zu legen, wo der Druck geringer ist.

Wenn ein schlechter Boden nicht sehr dicht ist, so ist es zuweilen vorteilhaft, ihn durch gute, fest zusammengepresste Aufschüttungen zu ersetzen: die Verwendung von Sand, Flusskies, Schlacke und selbst Kalkschutt hat in dieser Beziehung noch überall gute Erfolge gezeitigt.

Aber welches auch immer das gewählte System sein mag, so ist doch zur Erzielung eines gut tragenden Bodens für die Strassendecke der Hauptpunkt nicht ausser Acht zu lassen, zu gleicher Zeit auch den Untergrund zu entwässern.

Mit den Gründungen aus Stein verknüpft man zugleich den Vorteil, auch den Boden des Bettungskoffers zu entwässern. Zu diesem Ende verbindet man die Gründung mit den Strassengräben oder mit unterirdischen Leitungen mittelst Stein-

rinnen oder Dohlen, die in bestimmten Entfernungen unter den Banketten anzulegen sind. Eine derartige Einrichtung wirkt ausgezeichnet und begünstigt die Entlüftung unter dem Fahrdamm und seine Entwässerung, sodass sie nur empfohlen werden kann.

Aber wenn auch dieses Mittel für das wenig oder nur vorübergehend feuchte Erdreich genügt, so trifft dies doch nicht in gleicher Weise für den tonigen und torfhaltigen Boden zu, wo die unteren Schichten durch ihre Beschaffenheit oder Neigung, insbesondere im Winter, Wasseranstauungen, Rieselungen und Unterwühlungen begünstigen. In letzterem Falle ist es unerlässlich den Erdboden unter dem Fahrdamm zu drainieren und zwar hauptsächlich mit gebrochenen Sparren oder auf irgend eine andere Weise, wofür die Mittel und Wege in dem erwähnten Bericht Nr. 20 angegeben sind.

Es ist zweifellos, dass das Regenwasser, namentlich auch das Gewitter-Regenwasser schädlich ist, indem es das Oberflächenmosaik der Strassendecke blosslegt und den Erdboden der Bankette aufweicht, und dass infolgedessen für den raschen Abfluss durch seitliche Rinnen und Gräben gesorgt sein muss. Noch mehr ist aber sicherlich das mehr versteckte Untergrundwasser zu fürchten, weil dieses die Fahrdämme jeder festen Stütze beraubt und Gestaltsveränderungen, unter Umständen auch ihren Verfall nach sich zieht.

2. Auswahl der Materialien.

Grundsätzlich kann man annehmen, dass alle Materialien, ausgenommen die zu weichen und frostempfindlichen Steine, unter verständiger Anwendung zum Bau von Fahrdämmen brauchbar sind.

Die *Gründungen* jeden Systems können sowohl mit kieselhaltigem Marterial als auch mit hartem Kalkstein oder mit Sandsteinen hergerichtet werden. Je nach der gewählten Art sind die Bruchsteine passend vorzurichten und alsdann möglichst dicht mit der Hand fest aneinander zu drücken. Eine sorgfältige Ausfüllung mit kleinen, mit dem Hammer eingeschlagenen Splittern, verkeilt die Steine und lässt zwischen ihnen Lücken. Das Ganze wird mit einer leicht abschliessenden und verteilenden Schicht aus Sand bedeckt, auf welche die eigentliche Decke aufgebracht wird.

Vor allem muss man das Material nutzbar machen, über das man an Ort und Stelle verfügt. Insbesondere gilt dies von

allen abgetragenen Pflastersteinen, die in geschlagenem Zustande gute Packlagen abgeben. Zahlreiche Gründungen aus Kalkstein haben sich ebenfalls als sehr zufriedenstellend bewährt.

Bei den zur *Strassendecke* verwendeten *Kieselsteinen* liegt es anders : je nach dem Umfange des Verkehrs und der Art der Transporte ist eine gute Auswahl der Materialien nötig. In dieser Hinsicht ist nicht allein die theoretische Widerstandsfähigkeit des Gesteins gegen Zusammenpressung und Reibung bei der Abnutzung, als auch vielmehr seine chemische und molekulare Zusammensetzung, seine Struktur und sein Gefüge, seine Haltbarkeit als Strassenkörper unter der auflösenden Einwirkung der atmosphärischen Kräfte, sowie endlich seine chemische Verwandtschaft und sein Zusammenhang in Betracht zu ziehen, die es gestatten, für den Fahrdamm die beste Leistung der Baustoffe herauszuholen.

Die Steinarten, die diese Bedingungen am besten zu erfüllen scheinen und sich demzufolge für die Strassen mit grossem Verkehr eignen, sind diejenigen der Urformation mit krystallinischer Bildung : Granit, Gneiss, Syenit, Glimmerschiefer und ebenso diejenigen vulkanischen Ursprungs, verschiedene Konglomerate, wie Basalt, Porphyr, Trapp, Diorit u. s. w.

Diese verschiedenen Materialien sind, jede Gruppe für sich, in der Reihenfolge ihrer Bewertung geordnet, die unsere Erhebungen ihnen beimisst; diejenigen der zweiten Gruppe sind die am meisten verbreiteten und geschätzten. In gewissen Granitsteinen zeigen sich verborgene Molekularwirkungen, die den Zerfall der einzelnen Teile nach sich ziehen. Aus diesem Grunde werden ihnen die Porphyrsteine im allgemeinen vorgezogen. Es scheint auch, dass die feldspathaltige Masse, die unter dem letzteren vorkommt, in Staub verwandelt, von selbst bindet und Verbindungen herstellt, und mithin den Zusammenhang des Gesamtprofils sehr begünstigt, das unter dem Einfluss des Fuhrwerkverkehrs nur sehr selten Wagenspuren zeigt. Die länger andauernde Feuchtigkeit scheint indes das Zerfallen einiger Porphyrsteine, hauptsächlich derjenigen mit schieferartigem Bau zu fördern.

In der Qualität kommen nach diesen Materialien erster Auswahl, die sehr harten Sandsteine, namentlich die armorikanischen Sandsteine und gewisse Quarzite.

In ihrer Allgemeinheit genommen sind sie, wie übrigens auch die Kiesel, trockener, spröder und gegen Stösse empfindlicher als die Porphyre und obendrein verbinden sie sich weniger gut

als diese. Deshalb passen sie besser für Strassen von mittlerem Verkehr, wie die kieselsauren Kalke, obwohl diese besser binden, und man muss, soviel als möglich, ihre Verwendung bei der Unterhaltung in vereinzelt Stücken vermeiden.

Die kieselhaltigen Mühlenbruchsteine, das Kiesgeröll, die harten Kalksteine sind für Strassen mit schwächstem Verkehr zurückzulegen, obwohl sie eine ausgezeichnete Fahrbahn liefern. Auch die Kalksteine begünstigen die so wertvolle Ebenheit der Oberfläche und ein gutes Arbeiten des Steinlagers; aber wegen ihrer Frostempfindlichkeit benutzt man sie vorzugsweise als schützende Unterschicht bei gemischten Fahrdämmen von verschiedenen Stärken.

Die physikalischen Eigentümlichkeiten des Steins, sein Gewicht sind oft nur sehr unsichere Merkmale für seine Güte; ebenso ist es ziemlich schwierig, ihn hinsichtlich seiner Widerstandsfähigkeit im Massiv und gegen Losreissung zu klassifizieren, da diese von dem stofflichen Zusammenhang, von dem verwendeten Bindemittel und von seiner Kraft zum Anhaften an anderen Baustoffen abhängt.

Die Gleichartigkeit des Stoffes, welcher es auch sei, ist besonders wichtig, denn gut vorbereitet, begünstigt sie allein das gleichmässige Arbeiten des Steinlagers in seinen Schwingungen und seiner Oberflächenabnutzung.

Fügen wir endlich noch hinzu, dass die beste Qualität sich eher in tief eingebetteten massiven Blöcken vorfindet als in solchen, die an der Oberfläche des Bodens ruhen oder zu Tage streichen, da diese, sei es vor, sei es nach der Förderung, unter den oft schädlichen Einwirkungen der atmosphärischen Einflüsse gelitten haben. Im Gegensatz zu dem, was für den Haustein der Baulichkeiten gilt, gewinnt der Strassenschotter hinsichtlich seiner Molekularausdehnung, wenn er im "Saft" — wie der Steinbruchbesitzer zu sagen pflegt — verwendet wird, und aus diesem Grunde, wie aus vielen anderen ist es ratsam, das allzu lange Liegen von Baustoffstapeln auf den Strassen zu vermeiden.

3. Grösse und Form des Schotters und der Steinstücke.

Die kritischen Punkte der Körper sind die Kanten und vor allem die einspringenden und ausspringenden Winkel, wo sich die Molekulareinwirkungen einstellen, die sich aus dem durch äussere Kräfte verursachten elastischen Arbeiten ergeben.

Der Würfel oder jeder feste Körper mit ähnlichen Seitenflächen ist derjenige, der schwache Stellen am wenigsten aufweist und der infolgedessen dem Druck und den durch die Stösse erzeugten mechanischen Wirkungen am besten widersteht.

Wenn die Widerstandsleistung des Stoffes unter dieser gleichseitigen Gestalt (Fall der kleinen Pflastersteine) ins Auge gefasst werden könnte, so bestände ein grosser Spielraum zwischen den Bruchkoeffizienten, die man durch die Laboratoriumsversuche erhalten hat und den stärksten einheitlichen Druckwirkungen, die der Fuhrwerksverkehr erzeugen kann; aber in Wirklichkeit ist dem anders, die unregelmässige Lage der Baustoffe in einem Massiv, die Stösse, die sie erhalten, ihr Grad von chemischer Verwandtschaft oder ihres Zusammenhangs bilden ebenso viele einschränkende Ursachen, und so erscheint für die in dem Fahrdamm angewandten Schotterstücke eine Grösse zweckmässig, bei der sie sich gut zusammenfügen.

Die Gutachten, die wir in dieser Beziehung gesammelt haben, neigen zur Empfehlung des Schotters von 0,06 m Stärke in jeder Richtung bei hartem Gestein und des Schotters von 0,07 m bei Gesteinsarten, die unter der Druckwirkung ihren Zusammenhalt verlieren können.

An einigen Orten scheint man für den Strassenbau Schotter von 0,07 m und sogar noch stärkerer Korngrösse als untere Schicht zu bevorzugen — was zulässig ist — und für die obere Schicht Schotter von 0,05 m 0,04 m Stärke, um die Oberfläche, sowie die Fugen und die Fahrebene besser mit Mosaik auslegen zu können.

Die Korngrössen von 0,07 und 0,08 m werden auch für Fahrdämme angegeben, auf denen ein sehr schwerer industrieller Lastfuhrwerksverkehr herrscht. Lässt man aber diesen Sonderfall und das allgemeine Urteil ausser Betracht, so werden Baustoffe von dieser Korngrösse, besonders die sehr harten, verworfen, weil sie die grossen Fugen und Lücken begünstigen und schliesslich an der Oberfläche des Fahrdammes sogenannte "Katzenköpfe" herbeiführen, die zugleich für die Wagen lästig und einer guten Unterhaltung sehr schädlich sind.

Als untere Grenze der Stückgrösse hält man im allgemeinen an den Abmessungen von 0,025 bis 0,03 m fest.

Das Zerklopfen mit dem Hammer wird bei der Zubereitung des Schotters überall der mechanischen Zerkleinerung vorgezogen, die zu viel Splitter und Blättchen erzeugt, insbesondere

bei der Zerkleinerung von Sedimentärgestein. Der starke mechanische Druck der Brechwerkzeuge scheint auch in dem Baustoff eine Zerrüttung der Moleküle herbeizuführen, wodurch die Gütebeschaffenheit und Haltbarkeit beeinträchtigt werden. Uebrigens ist festgestellt, dass die Bruchrückstände bei diesem Verfahren manchmal ein Drittel der Gesamtmenge des zugerichteten Gesteins erreichen, wogegen sie beim Zerklopfen mit dem Hammer nur einem Zwölftel nahe kommen.

Indessen ist, aus Mangel an genügenden Arbeitskräften die mechanische Zerkleinerung fast allgemein geworden, aber es ist von grosser Wichtigkeit, sie besser zu gestalten.

Das Gesiebsel und die Steinstücke unter 0,03 m, die wenig Widerstandsfähigkeit darbieten, können in der Beschotterung nur schaden, wo sie die Trennung der Baustoffe und die Hohlräume begünstigen; es ist dies der erste Zustand des Zerfallens in kleinste Teilchen und der Stauberzeugung.

Je nach ihrem Stärkegrade kann man sie mit einigem Nutzen gebrauchen teils bei den *mit einem Schutzüberzuge bedeckten* Strassenkörpern, teils als Unterlage für Pflasterung oder Packlage, teils auch für das oberflächliche Besanden der Fahrdämme, besonders auf Holzpflasterungen.

4. Verwendung schon gebrauchter Baustoffe.

Die Druck-, Stoss- und Reibungswiderstände, denen besonders der Schotter von schlecht verbundenen Fahrdämmen unterworfen ist, können auf die Dauer dessen Gestalt und Güte nur zerstören, die auch chemisch durch die atmosphärischen Einflüsse verändert werden.

Der Schotter, der von der Zertrümmerung einer alten Schotterdecke herrührt, hat daher an Wert verloren, und zwar mittlerweile weniger an Volumen als in seiner eigentlichen Beschaffenheit, deren ganze Unzulänglichkeit erst nach der Wiederverwendung zum Vorschein kommt.

Quarz und Kiesel erhalten sich im allgemeinen besser im Strassenkörper als die Baustoffe aus Zementgestein, ja sogar besser als gewisse Porphyarten.

Das Verhältnis der durch das Aussieben gewonnenen brauchbaren Baustoffe schwankt zwischen dem Dreissigstel und dem Fünfzigstel des abgebrochenen Strassenkörpers, je nach dem Grad der Abnutzung und der Art des Schotters.

Da dieser letztere wenig widerstandsfähig ist, lässt er sich sehr schlecht für die Oberfläche verwenden. Am besten ist er noch als Unterlage des Fahrdammes oder im Steinmassiv an solchen Stellen zu gebrauchen, die einen schwächeren Druck auszuhalten haben.

5. Dicke und Zusammensetzung der Beschotterung und der Decke überhaupt unter verschiedenen Verhältnissen.

Die Schotterdecke einer Fahrstrasse kann mit oder ohne Gründung hergestellt werden; nach dem Grade der Widerstandsfähigkeit des tragenden Untergrundes richtet sich immer, je nach der Art des Verkehrs, das anzuwendende Verfahren.

Die Auswahl der zu verwendenden Baustoffart hängt auch von dem rationellen Eignungswert für die in Aussicht genommene Arbeit ab, ohne dabei die Verwertung dessen aus den Augen zu verlieren, was man gerade zur Hand hat.

Zur Untersuchung dieser Frage haben wir mangels unmittelbarer Erfahrungen, wie bereits erwähnt, bei verschiedenen Dicken des Strassenkörpers die folgende von dem Ingenieur LÉGER aufgestellte Grundregel zur Anwendung gebracht, die aus den Erscheinungen der Polarisierung bei der Molekulararbeit im Innern der festen Körper abgeleitet ist.

Wenn die obere Seite eines Körpers senkrecht durch eine Kraft F auf einer Fläche von einem Durchmesser d unter Druck gesetzt wird, so nehmen die äusseren Linien der Druckkräfte im Innern des Körpers die Form einer Glocke an, deren Gipfel in d ist und die an der unteren Grundfläche des festen Körpers eine Zone von einem Durchmesser D umfasst, so gross, dass der Unterschied $D-d$ nicht das Zweiundeinhalbfache der Höhe des Körpers übersteigt.

Wir haben in unseren Berechnungen für die Druckkraft F ein Gewicht von 4.000 kg angenommen, das auf einer Radfelge von ungefähr 5 Zoll oder 0,14 m Breite lastet. Das entspricht dem Druck, den ein zweirädriger landwirtschaftlicher Wagen mit einer Ladung von 6.000 kg ausübt, wenn 2.000 kg für das Fahrzeug gerechnet werden.

Bei dem gemischten Strassenkörper, der Gründung und Beschotterung begreift, haben wir der Durchbiegung oder Zusammenziehung Rechnung getragen, welche die regelmässige Linie der von verschiedenen Mittelpunkten aus eindringenden

Druckkräfte erleidet, und für die Verzweigung in der Gründung bei trockenen Steinen nur das Anderthalbfache der Höhe des Strassenkörpers anstatt des Zweiundeinhalbfachen bei der Beschotterung angenommen.

Ergebnisse der Anwendung :

I. *Auf einfache Beschotterung :*

Mit einer Dicke von	0,05 m	0,10 m	0,15 m	0,20 m	0,25 m	0,30 m
Belastung des Untergrundes auf 1 qcm.....	7,24 kg	3,35 kg	1,92 kg	1,25 kg	0,87 kg	0,64 kg

II. *Auf Gründung für sich allein betrachtet :*

Deren Dicke beträgt.....	0,15 m	0,20 m	0,25 m	0,30 m	0,40 m	1,00 m
Belastung des Untergrundes auf 1 qcm.....	3,94 kg	2,63 kg	1,92 kg	1,46 kg	0,93 kg	0,19 kg

III. *Auf das gemischte System. — Beschotterung auf Steinfüllung :*

Gründungen von	0,15 m	0,20 m	0,25 m	0,30 m	0,70 m	1,00 m
Belastung auf 1 qcm						
Schotterdecken von. 0.10 m	1,35 kg	1,07 kg	0,87 kg	0,72 kg	0,25 kg	0,14 kg
..... 0.15 m	0,93 kg	0,77 kg	0,64 kg	0,54 kg	0,22 kg	0,12 kg
..... 0.18 m		0,64 kg				
..... 0.20 m	0,68 kg	0,58 kg	0,48 kg	0,43 kg	0,20 kg	0,11 kg

Die aus diesen Ziffern zu ziehenden Folgerungen sind sehr lehrreich, in Wahrheit sogar beweiskräftig.

In der Tat ist festzustellen :

I. Einfache Beschotterung. — Dass bei festem Erdboden, der Lasten von 6 bis 10 kg mit Sicherheit zu tragen vermag, eine ein Stein starke Schotterdecke streng genommen genügen kann, dass aber das unmittelbare Befahren des Erdbodens dort einheitliche Druckwirkungen zustande bringt, die bei feuchtem Wetter nur Wagenspuren oder, wenn eine Gründung vorhanden

ist, das Zersplittern oder Zermalmen des Baustoffes herbeiführen, wie man das forgesetzt bei den Dammkörpern mit abgenutzter Decke feststellt.

Bei den für die Beschotterung allgemein angeführten Stärken von 0,20 und 0,25 m verringern sich die Druckwirkungen auf die Packlage auf 1,25 kg und 0,87 kg, das sind Belastungen, die völlig zulässig sind, sogar bei nachgiebigem Untergrunde, der 2 bis 3 kg auf das qcm aushalten kann.

Endlich ist für die Beschotterung eine Stärke von 0,30 m die von dem Ingenieur MAC-ADAM befürwortet wird und einen Druck von 0,64 kg ergibt, bei sehr schlechtem Erdreich genügend.

II. Gründungen für sich. — Die zwischen 3,94 kg und 0,93 kg schwankenden Druckwirkungen zeigen die einheitlichen Belastungen an, die die Grundfläche der Packlagen auszuhalten hat, wenn der Verkehr sich unmittelbar auf der nicht mit einer Decke versehenen Gründung, deren Dicke zu 0,15 bis 0,40 m angenommen ist, abwickelt.

III. Gemischter Fahrdamm auf Gründung. — Die Druckwirkungen von 1,35 kg bis 0,72 kg, die für die Schotterdecke von 0,10 m Dicke angeschrieben sind bei Unterlagen, deren Stärke zwischen 0,15 m und 0,30 m schwankt, entsprechen gewissermassen der *Grenze*, von welcher an gerechnet das Einsinken des Querschnitts und die Notwendigkeit, die Gründung stets gedeckt zu erhalten, Schonung bedingen.

Bei einer Beschotterung von 0,20 m Stärke schwanken zur Zeit der Anlage des Fahrdammes die Druckwirkungen zwischen 0,68 kg und 0,43 kg auf Gründungen von 0,15 m bis 0,30 m.

Zu bemerken ist, dass der Druck von 0,64 kg sowohl bei einer Schotterdecke von 0,15 m auf 0,25 m starker Gründung als auch bei einer Schotterdecke von 0,18 m auf 0,20 m starker Gründung (*System Trésaguet*) genau derselbe ist, wie derjenige des einheitlichen Schotterlagers von 0,30 m Stärke (*System Mac-Adam*).

Endlich rechtfertigen die sehr schwachen Belastungen von 0,20 kg und 0,11 kg bei den 0,20 m starken Schotterdecken die grossen Stärken von 0,70 m bis zu 1,20 m des römischen Fahrdammes, der den tragenden Untergrund von jedem Druck entlastet.

Auf diese Art findet sich durch die oben angedeuteten Grundregeln der Polarisierung eine Erklärung und Bestätigung für alle Systeme von beschotterten Fahrdämmen, mit oder ohne

Gründung, wie sie seit den Zeiten der Römer in Anwendung sind, die gegenwärtig in der laufenden Praxis üblichen Verfahren einbegriffen, deren Anpassung an jeden einzelnen Fall und genaue Ausführung nach der bekannten Widerstandskraft des Erdbodens, künftig eine leichte Sache sein wird.

Was *die Art der zu verwendenden Baustoffe* betrifft, ist zu bemerken :

Die *Gründung*, die stets von einer Schotterdecke in Stärke von 0,10 bis 0,20 m bedeckt sein soll, kann, wie gesagt, ohne Nachteil aus allen harten Baustoffen, ausgenommen die frostempfindlichen, hergestellt werden. Geschiebe, Sand und Schlacken können in wirtschaftlicher Weise denselben Zweck erfüllen.

Die *echte Beschotterung* kann aus zwei Schichten von Schotter verschiedener Art und von genau gleicher Korngrösse gebildet werden oder aus einer einzigen Schicht, wobei die widerstandsfähigsten Steine stets in die obere Bewirtschaftungsschicht zu bringen sind, die allein in wiederkehrenden Zeiträumen wiederhergestellt werden muss.

Der so gebildete Körper des Fahrdammes soll fest zusammengefügt sein, und zwar mit einem gut geeigneten Bindemittel von grosser Anziehungskraft für die ausgewählten Baustoffe. Wir verstehen darunter ein nicht erdiges Bindemittel, elastisch, ein wenig knetbar, so fest anhängend und verbindend als möglich, ein sandiges oder wässriges Bindemittel.

Bei den so hergestellten Fahrdämmen, die zur Aufnahme eines Automobilverkehrs bestimmt sind, ist es unerlässlich, um sie gegen das Aufreissen widerstandsfähig zu machen, sie an der Oberfläche mit einem klebrigen oder asphaltigen Stoff zu tränken oder wenigstens eine Teerschicht darauf auszubreiten.

6. Haltbarkeit der Decke unter den verschiedenen Verhältnissen des Verkehrs, der Temperatur, des Untergrundes u. s. w.

Bei einem macadamisierten Fahrdamm ist die Decke der arbeitende Teil, der den Einwirkungen der zerstörenden Kräfte unmittelbar ausgesetzt ist, und dessen Wiederherstellung nötig wird, sobald er seine Nutzungsgrenze erreicht hat.

Diese zerstörenden Kräfte sind auf natürliche Ursachen zurückzuführen, d. h. auf die atmosphärischen Wirkungen und auf eine zufällige Ursache, nämlich den Verkehr.

Uebermässige Trockenheit, ebenso übermässige Feuchtigkeit verändern die Gleichgewichtsbedingungen, die die Standfestigkeit des Fahrdammes sicherstellen, indem sie den verschiedenen Teilen, aus denen die Decke besteht, den nötigen Zusammenhang geben.

Jedermann weiss, wie verhängnisvoll die Wirkung der starken Fröste und des Tauwetters ist, namentlich bei den durchlässigen Decken. Die starken Winde und die heftigen Regengüsse schaden ebenfalls der Erhaltung der Fahrdämme.

Ein Gelehrter hat geschrieben, dass die Dauer des menschlichen Lebens erheblich länger wäre, wenn der Mensch in einem Milieu leben könnte, in dem bestimmte und beständige Bedingungen verwirklicht wären. Man könnte ein Gleiches von dem Fahrdamm sagen.

Diese atmosphärischen Erscheinungen üben dagegen, wenn sie sich in gemässigten Formen kundgeben, eine wohltuende Wirkung auf die Decken aus. In der Tat braucht man kaum daran zu erinnern, dass ein gewisser Grad von Trockenheit, der sich in der Folge auf einen feuchten Zeitraum einstellt, die Bestandteile des Fahrdammes in ihren normalen Gleichgewichtszustand zurückversetzt.

Die Fuhrwerke üben ihre zerstörende Wirkung auf die Strassendecken aus, durch die Berührung der Räder und der Hufe der Zugtiere. Sie tragen dazu bei, das Steinlager abzunutzen, es zu zermalmen, es loszureissen und dessen Bestandteile von einander loszulösen. Fügen wir hinzu, dass diese zerstörenden Wirkungen, insbesondere für neu ausgeführte Decken, bedrohlich sind, denn die Verbindung der Baustoffe, die Grundbedingung für die Lebensfähigkeit der Decke, wird durch die Einwirkung der Witterung und des Verkehrs vervollständigt, wenn diese Wirkung sich unter günstigen Verhältnissen vollzieht.

Das Uebel zeigt sich an der Oberfläche der Decken in Gestalt von Gleisspuren, Vertiefungen oder wohl auch in einer regelmässigen und allgemeinen Abnutzung, die in vielen Fällen ein wirkliches Zeugnis ist für eine sorgfältig ausgeführte Decke. Nur durch die Beobachtung dieser Zerstörungserscheinungen, die je nach den atmosphärischen Bedingungen, der Art und der Bedeutung des Verkehrs, der Art des Untergrundes, der Gütebeschaffenheit der Baustoffe, den Verfahren bei den Vorarbeiten und der Ausführung wechseln, kann man durch vergleichende Untersuchungen genaue Aufschlüsse entdecken, auf welche sich die Grundregeln und Lehrsätze gründen,

Die Ursachen, die das Dasein der Decken bedrohen, sind so verschieden und so wechselnd, nicht allein von einer Gegend zur anderen, sondern auch in ein und demselben Milieu, dass man diesem wesentlichen Organ der Strasse, wêlchen Fall man auch immer in Betracht zieht, eine genau festgesetzte Dauer nicht vorschreiben kann. Die Aufschlüsse, die uns die Umfrage geliefert hat, welche wir bei den Chefs des Wegebaudienstes von Frankreich und Algerien gehalten haben, zeigen, dass unter den günstigsten Bedingungen eine macadamisierte und gewalzte Strassendecke mit einem Bindemittel, einfach aus Sand oder Erde bestehend, nicht länger als 15 Jahre lebt. Das Beispiel gilt für eine aus guten Baustoffen hergestellte Decke, die auf einer guten Unterlage ruht und nur einen schwachen Verkehr auszuhalten hat. Diese Decke fällt eher der Zeit als dem Fuhrverkehr zum Opfer: Hier erfüllt der einfache macadamisierte und gewalzte Fahrdamm, wie man solchen heutzutage im allgemeinen herstellt, vollkommen seine Rolle.

Eine solche Decke, auf der sich ein mittlerer Verkehr abwickelt, hält nicht länger als 4 bis 7 Jahre.

Endlich müssen gewisse Decken, wenn sie einem dichten und lebhaften Verkehr unter ungünstigen Verhältnissen unterliegen, z. B. am Eingange zu Städten, Häfen, Fabriken, Bahnhöfen u. s. w., all zwei Jahre wiederhergestellt werden. Wir schätzen, dass dies eine Mindestdauer ist, unterhalb welcher, ausgenommen in einigen Sonderfällen, der macadamisierte Fahrdamm mit wasserhaltigem Bindemittel ohnmächtig ist, seine Rolle unter befriedigenden wirtschaftlichen Verhältnissen zu erfüllen.

Unseres Wissens sind noch keine schlüssigen Versuche gemacht worden in Bezug auf den Einfluss, den die Verwendung von anderen Bindemitteln als erdige oder sandige Stoffe auf die Lebensdauer der Decken haben kann.

7. Wert der Ausbesserung und periodischer Erneuerung der Decke. Verfahren bei Erneuerung der Decke.

Das fast beständige Kehren mit Besen aus sehr biegsamen Reisern, namentlich am Tage nach dem Festwalzen bildet eine für die Erhaltung der macadamisierten Decke mit wasserhaltigem Bindemittel unerlässliche Arbeit, denn sie unterdrückt nicht allein Staub und Schmutz, sondern sie lenkt auch den

Fuhrwerksverkehr von dem Bestreben ab, immer derselben Spur zu folgen, ein Bestreben, gegen das man früher durch das barbarische Verfahren der Hindernisse oder durch grosse Steine angekämpft hat, die im allgemeinen schachbrettartig auf der Oberfläche des Fahrdammes angeordnet waren. Die Gleisspuren, die auf engen Wegen sich häufig von einer übertriebenen Wölbung des Fahrdammes ergeben, sind für die Decken eine Krankheit, die unheilbar ist.

Trotz der getroffenen Vorsichtsmassregeln und durch das Vorhandensein irgend eines Mangels an Einheitlichkeit, einer unregelmässigen Zusammenpressung des Steinlagers, eines ungleichmässig widerstandsfähigen tragenden Untergrundes oder irgend einer anderen Ursache ist der Fall selten, dass die Decke nicht schwache Stellen darbietet, deren Bestehen sich früher oder später durch eine Senkung, ein Loch kundgibt. Die ist auch eine der Krankheiten des Fahrdammes, ein fresender Krebschaden, der, zuerst oberflächlich und von geringer Ausdehnung, sich tiefer wühlt, sich ausdehnt, um sich greift und den Körper des Fahrdammes zu Grunde richtet, wenn man nicht für Abhilfe sorgt. Man muss in diesem Falle dem Körper schnellstens wieder das zuführen, was das Uebel ihm entrissen hat, und zu diesem Zweck in die gut gereinigte und blossgelegte Wunde, die genau notwendige Menge von zweckmässig ausgesuchtem und zubereitetem Baustoff einverleiben. Diese Operation muss mit viel Geschick durchgeführt werden, damit nach kurzer Frist keine Spur davon zurückbleibt. Wir glauben nicht, dass die Auseinandersetzung dieser Verrichtung in den Rahmen dieser Studie hineingehört.

Nach und nach macht sich jedoch die allgemeine Abnutzung der Decke kenntlich, ihre Dicke verringert sich um so regelmässiger und einförmiger, je besser der Fahrdamm angelegt war, und es kommt der Augenblick, wo die Decklage, d. h. die Arbeitsschicht erneuert werden muss. Die zu bewerkstelligende Arbeit besteht in einer allgemeinen Neubeschotterung und Abwalzung. Es ist unmöglich, zu diesem Punkt der Frage hier die ganze Entwicklung darzulegen, die die Arbeit zulässt; deshalb werden wir uns darauf beschränken, die hauptsächlichsten Phasen der Arbeit und einige als Wahrheiten anerkannte Grundregeln in Erinnerung zu bringen.

Man muss dem Fahrdamm das wieder zuführen, was ihm durch die Einwirkung des Wetters und des Verkehrs entzogen worden ist. Sündigt man durch Unvollkommenheit, so fehlt es

der Decke, da sie zwischen Ambos und Hammer liegt, an Widerstandskraft. Sündigt man im Gegenteil durch Uebermass, so hat sie nicht mehr ihre zweckmässige Gestalt und Beschaffenheit. Entkräftung im ersten und Ueberfüllung im zweiten Falle, beide führen zum gleichen Ergebnis, nämlich zur vorzeitigen Zerstörung der Decke.

Die Beschaffenheit der Baustoffe und die Arbeitslast, die ihnen auferlegt werden soll, sind die hauptsächlichsten Erwägungen, die bei der Bestimmung der Deckenstärke anzustellen sind.

In Frankreich sind selten die allgemeinen Neubeschotterungen weniger als 0,08 m und mehr als 0,13 m stark.

Zum Allerwenigsten lassen es bei den viel befahrenen Strassen, wo der Verkehr die ganze Breite des Fahrdammes in Anspruch nimmt, die Versuchsergebnisse geboten erscheinen, die Baustoffe in einem Bettungskoffer auszubreiten, der durch zwei, an jedem Rande angelegte Furchen oder Rillen festgesetzt ist und die Steine in das ihnen angewiesene Bett einsperrt.

Die Unregelmässigkeit der für die Aufnahme der Neuaufschüttung bestimmten Plattform ist eine unerlässliche Bedingung für das Gelingen der Arbeit, und man soll niemals zögern, die Ebenheit der Oberfläche durch Nachfüllung von Baustoffen oder durch Abhobeln wieder herzustellen.

Die Ausbreitung und das Einebnen der Baustoffe auf dem Planum müssen mit sehr viel Sorgfalt ausgeführt werden, denn würde das Profil der Decke nicht schon durch diese Arbeiten seine Regelmässigkeit erlangen, das Festwalzen brächte sie nicht zustande.

Die Druckwalzen, die man in Frankreich benutzt, gehören teils dem System "Strassenwalze" (Routière), teils dem System "Monojante" (einfelgig) an. Die ersteren besitzen vorn eine Leitwalze und hinten zwei Treibräder von grösserem Durchmesser und von einer ungefähr um die Hälfte kleineren Walzenfläche, die an den äusseren Enden einer und derselben Achse angebracht sind. Die "Einfelgigen" werden durch zwei oder drei in der gleichen Längsachse angebrachte Walzen getragen, die annähernd die gleichen Abmessungen haben und bei ihrer Ingangsetzung sich in der gleichen Spur fortbewegen.

Während eines Zeitraumes von 5 Jahren haben wir gleichzeitig von beiden Systemen Gebrauch gemacht. Die erzielten Ergebnisse, die wir nachstehend zergliedern, bilden Durchschnitte, die aus Beobachtungen gefolgert sind, die mit Beschot-

terungsbaustoffen gemacht wurden, wovon 150.000 cbm verarbeitet worden sind. Man darf ihnen daher einen gewissen Wert nicht absprechen.

Das Gewicht der Maschinen schwankte zwischen 12 und 16 Tonnen, und die verwendeten Baustoffe gehörten den Kalk- und Basaltgesteinsarten an.

Preis für das Tonnenkilometer :

Routière	0,21 Frcs
Monojante	0,32 "

Zum Zusammenpressen von 1 cbm Baustoff nötige Arbeit :

Routière	3,327 tkm
Monojante	2,584 "

Kosten des Festwalzens von 1 cbm Baustoff :

Routière :

Eigentliches Zusammenpressen $3,327 \text{ tkm} \times 0,21 = 0,698$ Frcs	
Bewässerung, Einbringung des Bindemittels, verschiedene Arbeiten.....	0,922 "

Insgesamt..... 1,620 Frcs

Monojante : (Einfelgige)

Eigentliches Zusammenpressen $2,584 \text{ tkm} \times 0,32 = 0,826$ Frcs	
Bewässerung, Einbringung des Bindemittels, verschiedene Arbeiten.....	0,814 "

Insgesamt..... 1,640 Frcs

Die für die " Monojante " bei den Nebenausgaben erzielte Ersparnis rührt von der grösseren Schnelligkeit der Ausführung her, die man mit diesen Maschinen erreicht.

Was die Vollkommenheit der Arbeit betrifft, so haben die " Monojantes " stets eine ebenere und regelmässige Oberfläche des Fahrdammes hervorgebracht als die " Routières ". Bei den letzteren ist in der Tat die einheitliche Druckwirkung, die durch die seitlichen Räder auf die Baustoffe ausgeübt wird, augenscheinlich doppelt so gross als jene, die durch die Treibwalze erzeugt wird. Hieraus ergibt sich, dass auf den schmalen Fahrdämmen die Ränder, die der Wirkung der Treibräder unterliegen, allzu

stark zusammengepresst werden zum Nachteil der Mittelzone, auf welcher sich die vordere Walze fortbewegt. Die umgekehrte Erscheinung ist auf den breiteren Fahrdämmen zu beobachten, und nur auf sehr breiten Strassen kann der Maschinenführer durch eine geschickte Handhabung seiner Maschine eine ziemlich gleichmässige Verteilung der Druckarbeit und eine befriedigende Regelmässigkeit des Profils erzielen. Dieser Missstand verschwindet bei den "Monojantes".

Trotz der Ueberlegenheit der letzteren Werkzeuge ist ihr Gebrauch noch sehr beschränkt.

Was das Gewicht der Walzen anbetrifft, so darf man den folgenden Grundsatz nicht aus den Augen verlieren : dass die Instandsetzung eines Fahrdammes vermittels Festwalzen weniger durch den Druck geschieht, den die Maschine ausübt, als durch die den Baustoffen mitgeteilte Bewegung, vermöge deren sie sich festkeilen und sich endgültig in eine feste Lage zurecht-rücken. Es hat nicht den Anschein, als könnte man schon jetzt ein unbedingtes Urteil über das Gewicht, das für die Walze am annehmbarsten wäre, sowie über die Höchst- und Mindestdruckwirkung abgeben, die auf die Druckflächeneinheit ausgeübt wird, da diese Faktoren mit der Art der Baustoffe und der Stärke der Neubeschotterung wechseln ; aber die gemachten Beobachtungen ermächtigen uns zu sagen, dass, allgemein genommen, die gebräuchlichen Druckwalzen, deren Gewicht zwischen 12 und 18 Tonnen schwankt, zu schwer sind und die Zermalmung der Baustoffe verursachen. In der Mehrzahl der Fälle wäre es von Vorteil, die Zahl von 10 Tonnen mit Mindestdruck von 45 kg und Höchstdruck von 80 kg auf das Quadratmeter nicht erheblich zu überschreiten.

Die von den verschiedenen Wegebauverwaltungen gelieferten Auskünfte zeigen in Bezug auf die Walzarbeit, die ein Kubikmeter Beschotterungsbaustoff beansprucht, sehr beträchtliche Abweichungen, zu deren Erklärung die Verschiedenheit der einwirkenden Ursachen (Art der Baustoffe und des Bindemittels, Dicke der Neuaufschüttung u. s. w.) nicht ausreicht. Unserer Ansicht nach muss man vielmehr den Grund dafür in der Unzulänglichkeit der Versuche und der Experimental-Untersuchungen suchen, die durch die Beobachtung der Tatsachen vervollständigt, wertvolle Aufschlüsse liefern würden. Mit kalk- und basalthaltigen Baustoffen und einer Aufschüttung, deren Dicke vor dem Festwalzen zwischen 0,10 und 0,15 m schwankt, erhalten wir ausgezeichnete Ergebnisse durch eine Walzarbeit, die

nicht erheblich über 3 bis 5 tkm für das cbm hinausgeht, da die Art der Baustoffe und des Bindemittels in dieser Hinsicht eine Hauptrolle spielen.

Daraus, dass das Walzen die Abnutzung und das Zerbrechen der Steine befördern kann, ist nicht zu folgern, dass man von den Beschotterungsbaustoffen selbst den zur Bildung des Bindemittels bestimmten Stoff verlangen darf. Ein solcher Stoff wäre lästig, denn seine Erzeugung würde einen Teil der Nutzleistung der Walze verschlingen, und obendrein könnte man ihn nur erlangen durch eine Veränderung der Gestalt und der zweckmässigen Abmessungen der Steine. Fügen wir endlich noch hinzu, und dies wird von allen Fachmännern anerkannt, dass die Art des Bindemittels sich von der Arbeit des Gesteins unterscheiden soll und dass, wenn eine fette und leicht teigige Erde mit fettarmen und harten Baustoffen zusammenstimmt, es im Gegenteil nötig ist, eine magere und sandige Erde mit fetten und weichen Baustoffen zu vereinigen. Die Vermengung von Mörtelstoffen, wie Kalk, der unter Wasser erhärtet, oder Kreide mit dem Bindestoff, kann in gewissen Fällen ausgezeichnete Ergebnisse liefern. Die klimatischen Verhältnisse beeinflussen ebenfalls die Wahl des Bindestoffes.

Da dieser Stoff bestimmt ist, die zwischen den Steinen vorhandenen Lücken auszufüllen und die Rolle eines Verbandes zu spielen, muss man ihn der Decke nur insoweit einverleiben, dass unter der Einwirkung der Walze die Baustoffe ihre endgültige Lage einnehmen und hinreichend standfest werden. Man lässt das Bindemittel in die Zwischenfugen der Steine mit Hilfe der Berieselung eindringen und, ist diese Arbeit erst einmal vollendet, so vervollständigt die Walze die Arbeit des Zusammenpressens.

Die Wahl und die Einbringung des Bindestoffes sind von wesentlicher Bedeutung, denn unter völlig gleichen Umständen wird ein beschotterter Fahrdamm um so bessere Bedingungen erfüllen, je mehr er sich der Gestalt eines, wie aus *einem* Steine geformten Werkes nähert.

Eine Vorsichtsmassregel, die im allgemeinen ausser Acht gelassen wird, besteht darin, dass man, unabhängig von dem fortlaufenden Streifen, eine gewisse Menge von Beschotterungsbaustoffen auf Vorrat legt (ein Kubikmeter für das Hektometer dürfte im allgemeinen genügen), in der Absicht, durch Ausbesserung die Vertiefungen auszufüllen, die sich häufig an der Oberfläche der Decke nach einigen Gängen der Walze einstellen.

Die Arbeit der Druckwalze umfasst zwei von einander verschiedene Leistungen : 1. das Ausrichten des Profils durch einige Gänge auf den Rändern, den Seitenflächen und der Achse, 2. das eigentliche Zusammenpressen, das derart zu bewerkstelligen ist, dass eine regelmässige Verteilung der durch die Maschine erzeugten Arbeitsleistung erzielt wird. Es erscheint uns überflüssig, auf die Einzelheiten dieser Arbeitsleistungen näher einzugehen.

Was die Ausbesserungen oder vielmehr die Unterhaltungsarbeiten anbelangt, deren die Decke während des zwischen zwei auf einanderfolgenden Neubeschotterungen liegenden Zeitraums benötigt, so umfassen sie das Kehren, das Besprengen und die Ausbesserungen der Vertiefungen und Wagenspuren.

Was die verhältnismässige Bedeutung der periodischen Ausbesserungen und Neubeschotterungen anbetrifft, so erhellt aus den statistischen Erhebungen, die wir vor Augen haben, dass die Beziehung zwischen den Unterhaltungsausgaben und denen, welche die eigentlichen allgemeinen Neubeschotterung- und Abwalzungsarbeiten erfordern, ein sehr schwankender Faktor ist. In einer grossen Anzahl von Departements schwankt dieses Verhältnis zwischen $1/10$ bis $1/5$.

8. Beschreibung der verschiedenen Herstellungsweisen.

Mit einigen Worten seien die wesentlichsten Entwicklungsstufen der Geschichte des Strassendammes in Erinnerung gebracht.

Spuren von beschotterten Strassen sind in dem Lande der Pharaonen ans Licht gefördert worden, und die Karthager befestigten und gründeten die Fahrdämme durch Steine, die mit Sand verbunden wurden. In seinem Werke : " Origines " schreibt Isidor von Sevilla diesem Volke die ersten gepflasterten Strassen zu.

Die heilige Strasse von Eleusis, die Athen mit Eleusis verband, und deren uralter Boden noch zur Zeit der Türkenherrschaft bestand, war gepflastert.

Die Römer gaben den Fahrdämmen ihrer Hauptstrassen die Gestalt einer richtigen horizontalen Mauer, die aus verschiedenen Mauerschichten zusammengesetzt war. An einigen Stellen waren sie jedoch mit Marmorfliesen gepflastert, an

anderen Stellen waren die Steine auf die hohe Kante gestellt und mit Zement verbunden oder die Dämme waren mit gebrannten Ziegeln oder ganz grossen Steinquadern gepflastert. In dem Teil, wo sie an den Gräben des Marius entlanglief, bestand die römische Strasse aus einer Aufschüttung von Kiesgerölle aus der Kieselebene der Rhonemündung oder von alpinem Quarzit, gemischt mit Steinen und Sand.

Das wundervolle Landstrassennetz, mit dem die Römer das Land überzogen hatten, wurde vom III. Jahrhundert an und während der ganzen dunklen Periode des Mittelalters vernachlässigt.

Unter Ludwig XI. gab die Einrichtung der Posten einen ersten Anstoss zur Erhaltung der Fahrbarkeit der Wege, und bis zur Regierung Ludwig XVI. erschien der Wegetrohdienst als das einzige Mittel, über das man zur Herstellung und Erhaltung der Strassen verfügte, die uns die zeitgenössischen Schriftsteller als Strassen vorstellen, die unaufhörlich von tiefen Wagenspuren durchfurcht waren.

Dem Generalinspektor des Brücken- und Wegebaues, Trésaguet, gestorben im Jahre 1794, verdankt man die ersten Grundregeln für die Erbauung und Unterhaltung der Fahrdämme. An der Spitze der Verwaltung des Steuerbezirks von Limoges stehend, vereinigte er seine Bemühungen mit denen von Turgot, des Intendanten der Provinz Limousin.

An die Stelle der flachen Gründungssteine setzte Trésaguet Steine, die auf die hohe Kante gestellt und mit dem Hammer gut befestigt wurden. Die erste Schicht über der Gründung war aus grob behauenen Steinen gebildet, und die Decke bestand aus Baustoffen von guter Beschaffenheit in Stücken von Nussgrösse, die sorgfältig von Hand eingepasst wurden. Das Ganze hatte eine Stärke von 0,27 m.

In den letzten Jahren des XVIII. Jahrhunderts setzte Mac-Adam in der Umgebung von Bristol Grundsätze in die Tat um, deren Anwendung in Frankreich stark beschränkt war, wo das erste Beispiel eines Fahrdammes ohne Gründung dasjenige der Simplonstrasse zu sein schien, und dabei wird diese Unterdrückung der Gründung anscheinend vielmehr ihren Anlass in dem Vorhandensein des Felsgrundes als in grundsätzlichen Erwägungen gehabt haben.

Der Grundgedanke des Verfahrens von Mac-Adam lässt sich wie folgt zusammenfassen: " Welche Sorgfalt man auch immer auf die Anlage einer Kunststrasse verwenden mag, sie kann

niemals ebenso gut sein wie der natürliche Boden, wenn er beständig trocken ist". Seither besteht die Aufgabe, die sich darbietet, darin, diesen Zustand von Trockenheit zu erlangen und zu bewahren.

Die Ansichten Mac-Adam's, die mit einigen Veränderungen von dem englischen Parlament angenommen wurden, riefen zahlreiche und leidenschaftliche Kontroversen hervor, auf die wir hier nicht einzugehen brauchen, die man aber, im Bedarfsfall in unserem Werke: "Aperçus historiques sur les voies de terre", Dunod et Pinat, Paris, ausführlich dargelegt findet. Erinnern wir lediglich daran, dass in Frankreich der erste Versuch mit Mac-Adam's Verfahren anscheinend im Jahre 1822 im Rhône-Departement durch den Oberingenieur Berthault-Ducreux angestellt worden ist.

Bestürzt ob der Nachteile, die dem Verfahren von Mac-Adam anhafteten, welches die Sackung der Baustoffe unter der langsamen und unregelmässig verteilten Wirkung des Fuhrwerksverkehrs und ihre Verbindung mit den durch Zerquetschen oder Abnutzung erzeugten Trümmerresten dieser nämlich Baustoffe verlangte, fasste im Jahre 1829 der bedeutende Ingenieur Polonceau, zum erstenmal den Gedanken, auf künstlichem und schnellem Wege ebene und fest zusammengefügte Fahrdämme zu erhalten. Er gelangte also dahin, weiche Baustoffe in die harten Baustoffe der Decklage einzuverleiben und den Fahrdamm der Einwirkung von Druckwalzen zu unterwerfen.

Ogleich dieses Verfahren einen grossen Fortschritt darstellte, so war es doch nicht frei von Bedenken. Die Einverleibung von weichen Steinen in den Fahrdamm zerstörte dessen Gleichartigkeit, und das Zerquetschen dieser Baustoffe verschlang eine Arbeit, die der sofortige Gebrauch von pulverförmigen Stoffen, wie dies heutzutage üblich ist, zu vermeiden gestattet.

Das Ende des XVIII. Jahrhunderts und die erste Hälfte des XIX. bilden die, sagen wir, denkwürdige Epoche, in deren Verlauf dieser Hauptbestandteil der Erdstrassen, der Fahrdamm, der Gegenstand der ernsthaftesten Bemühungen der Techniker war.

Seit mehr als einem halben Jahrhundert ist kein merklicher Fortschritt in der Kunst der Herstellung und Unterhaltung der Fahrdämme verwirklicht worden. Die Bedingungen, die die Baustoffe erfüllen sollen, ihre Gestalt, ihre Grösse, die Rolle der Gründung, ihre Zusammensetzung, die Dicke der Decke, die Beschaffenheit des Bindestoffes und seine Verwendungsart, das

rationnelle Walzverfahren, das Gewicht der Walze, ihre Wirkungsweise, alles dies sind eben so viele Punkte, die die Frage der Schotterdämme mit wasserhaltigem Bindemittel angehen, deren nähere Untersuchung bis zur Entstehung der Strassenkongresse sehr vernachlässigt worden war. Den von diesen Kongressen gefassten Beschlüssen zum Trotze, hat man allem Anschein nach sogar nicht einmal die Versuchsfelder genügend vermehrt, wo man durch intelligente Versuche und geduldige Beobachtungen die wahren Gedanken entdeckt, aus denen die Grundlehren und Grundregeln sich ableiten lassen.

Das einfache System des Fahrdammes mit einer einzigen Schicht von 0,15 bis 0,25 m Stärke, aus zerkleinerten Kieselsteinen, die der Einwirkung der Walze unterworfen werden, mit Einschlemmung und Verwendung von Bindungserde, wird fast ausschliesslich in unserer heutigen Zeit angewandt. Sobald die Deckschicht durch die Abnutzung genügend herabgemindert ist, führt man eine allgemeine Neubeschotterung und Abwälzung aus, derart, dass der untenliegende Teil des Fahrdammes eine Stützschiicht bildet, die man stets vor der Einwirkung der Witterung und des Verkehrs schützen muss, indem man die Decke im geeigneten Zeitpunkt erneuert.

Die bei den Wegebauverwaltungen gehaltene Umfrage scheint eine Neigung zu Gunsten einer Gründung zu zeigen, deren Packlage aus Steinen gebildet wird, die auf die hohe Kante gestellt und fest aneinandergespresst werden.

9. Herstellungskosten.

Die Kosten der Herstellung von Fahrdämmen mit wasserhaltigem Bindemittel sind wesentlich von einander verschieden, besonders in Anbetracht des Preises der Baustoffe, aus denen sie zusammengesetzt sind. In einigen Gegenden werden Baustoffe von minderwertiger Beschaffenheit sehr teuer bezahlt, während an anderen Stellen der Mineralreichtum des Bodens es ermöglicht, ausgezeichnete Baustoffe zu geringen Kosten zu erlangen. Folglich ist ein Fahrdamm von schlechter Beschaffenheit manchmal teurer im Preise als ein ausgezeichneter Fahrdamm.

Die Kenntnis der Herstellungskosten kann daher, so hat es den Anschein, nur dann einen praktischen Nutzen haben, wenn man die Frage zu entscheiden hat, welches Fahrdammssystem man wählen soll oder auch wenn man sich Baustoffen von ver-

schiedener Gütebeschaffenheit und Herkunft gegenübergestellt findet.

Ebensowenig waltet ein allgemeines Gesetz vor bei den Preisschwankungen nach Massgabe des angenommenen Fahrdamm-systems. Nur durch vergleichende Untersuchungen kann man für ein und dasselbe Gebiet die Herstellungskosten der Fahrdämme verschiedenen Systems feststellen, und die Kenntnis dieses Preises hat nur in soweit einen praktischen Wert, als man sich durch Beobachtung zugleich über den Wert des Systems selbst Rechenschaft gibt. Versuche dieser Art sind überaus empfehlenswert; es hat aber nicht den Anschein, dass auf dem Gebiete der Frage, die wir zu behandeln haben, die bis zum heutigen Tage unternommenen Versuche die Erzielung von positiven Ergebnissen ermöglicht haben.

10. Reinigung und Besprengung.

Man bewirkt die Reinigung der Schotterdämme mit Hilfe des Kehrens, wozu man Besen mit schmiegsamen Reisern benutzt; nur mit Vorsicht darf man von den mechanischen Kehrvorrichtungen Gebrauch machen, da bei diesen der Mangel an Schmiegsamkeit oder das Fehlen einer Regulierung die Zerstörung der Deckenoberfläche zur Folge haben kann, die ununterbrochen von jeglichen Stoffteilchen, wie Staub, Schmutz, losen Steinen u. s. w., freigehalten werden soll.

Man kann nicht genug darauf achten, dass die Strassenarbeiter nur mit gutem, für die Arbeitsverrichtung voll geeignetem Werkzeug ausgerüstet sind, sowie ferner darauf, dass sie es zweckentsprechend benutzen, um mit seiner Hilfe die bestmögliche Arbeit zu erreichen. Es ist zu besorgen, dass der Berufsheranbildung der Streckenwärter nicht die Aufmerksamkeit zugewendet wird, die diese verdient.

Die Besprengung während der trockenen Jahreszeit ist ein sehr wirksames Mittel für die Erhaltung der Fahrdämme und die glatte Abwicklung des Verkehrs. Auf freiem Felde macht das Fehlen von Wasser die Besprengung nahezu unmöglich.

Die gute Unterhaltung der Bankette, welche den gewöhnlichen Abfluss der Oberflächenwasser in Regenzeiten fördert, ist für die Erhaltung der Fahrdämme unerlässlich. Die vorzeitige Abnutzung der Strassendecke infolge der Anstauung von Wasser ist oft genug darauf zurückzuführen, dass dieser Teil des Strassenzubehörs vernachlässigt wird.

Schlussbetrachtung.

1. Jeder zusammenpressbare und lockere Boden muss, bevor er eine Gründung erhält, drainiert und alsdann mittelst Steinbrocken, Steinen, Faschinen u. s. w. festgemacht werden, um dadurch eine erhöhte Widerstandsfähigkeit zu erreichen.

Drei Faktoren kommen bei dem Studium der Gründung in Betracht : die Widerstandsfähigkeit des Untergrundes in der ungünstigsten Zeit, die Art der Gründung selbst, sowie endlich die untere Schicht der Strassendecke als unveränderliche Stütze für die periodische Herrichtung.

Der Gründungskörper kann in seiner Wirkung mit einer Platte verglichen werden, die mit ihrer Kraft gegen die oberen Druckkräfte des Verkehrs wirkt und letzteren in folgedessen nur sehr abgeschwächt auf den Untergrund überträgt.

Die Zusammensetzung dieser Platte ist in jedem Falle nach den Sonderumständen und nach der Art der Materialien, über die man verfügt, zu bemessen : Stein, Sand, Kies, Schlacken, Kalkschutt u. s. w.

Die unterirdische Entwässerung muss immer vor der Herstellung der Gründung ausgeführt werden. Sie trägt mehr zur künftigen Festigung des Fahrdammes bei, als die ebenfalls nötige Oberflächenentwässerung.

2. Alle Materialien, ausgenommen die frostempfindlichen oder weichen, eignen sich zur Herstellung einer Gründung.

Für die Zusammensetzung der Schotterdämme sind diejenigen Materialien am besten, die ausser ihrer eigenen Widerstandskraft gegen Zerdrückung und ihrer Verwandtschaft mit den Bindemitteln, sich vom Standpunkt des gesamten Gegendrucks, den sie den Druckkräften des Fuhrwerksverkehrs und dem Herausreissen entgegensetzen, als Massivkörper am besten eignen.

Die allgemeine Meinung reiht die am weitesten verbreiteten Materialien nach ihrem Wert folgendermassen ein :

Vulkanische Gesteine :

Gefügelose (Zementartige) : Basalt, Porphy, Trapp, Diorit.

Kristallinische : Granit, Gneiss, Syenit, Glimmerschiefer.

Sandartige Gesteine : Sandstein, Quarz, Quarzit.

Kieselhaltige Gesteine : Kieselkalk, Mergel, Feuerstein.

Kalkgestein.

Obleich wenig hart, halten sich diese Materialien doch gut im Massivkörper und leisten dem Herausreißen Widerstand.

3. Die Form der Kiesel muss eckig sein und sich soviel als möglich derjenigen eines Würfels von 0,06 m Kantenlänge bei sehr harten Steinen, von 0,07 m Kantenlänge bei denjenigen der zweiten Auswahl und ausnahmsweise von 0,08 m Kantenlänge bei den Kalksteinen nähern, die unter dem Lager der Abnutzungsdecke verwendet werden.

Das Zerschlagen mit dem Fäustel ist dem mechanischen Zerschlagen vorzuziehen.

Die Verwendung von Materialien gleicher Stärke und gleichartiger Beschaffenheit ist bei jedem Massivkörper anzustreben.

In praktischer Beziehung müssen die Steinsplitter unter 0,03 m vermieden werden; ihre Verwendung ist besonders angezeigt im Schotter und zu gewissen Zwecken auf der Oberfläche der Fahrdämme.

4. Die abgetragenen Steinkiesel älterer Schotterdämme sind im allgemeinen ihrer Form und ihrer molekularen Zusammensetzung nach verdorben; sie dürfen niemals auf der Oberfläche der Fahrdämme wiederverwendet werden.

5. Die Dicke von 0,20 bis 0,25 m ist für die Schotterdämme, die auf einem guten Boden ruhen, hinreichend. Sie können in einer einzigen gleichartigen Schicht oder in zwei Schichten aus verschiedenem Material angelegt werden, wobei die härteren als obere Decke anzuordnen sind.

Die Einteilung und die Dicke der auf einer Gründung angelegten Schotterdämme können für jeden Fall je nach den verschiedenen Zusammensetzungen aus den in dieser Abhandlung angegebenen Verteilungstabellen abgeleitet werden. Ausgenommen sind die ganz aussergewöhnlichen Fälle, bei denen Gründungsstärken von 0,15 bis 0,25 m unter Kieselsteindecken von 0,15 bis 0,20 m passen.

6. Wie alle Sachen haben die Decken der Strassendämme eine Lebensdauer, die mit ihrer eigenen Widerstandsfähigkeit und der Heftigkeit der Ursachen wechselt, die auf ihre Zerstörung hinielen. Unter den günstigsten Bedingungen muss ein Damm, der hauptsächlich mit einem erdigen oder sandigen Bindemittel gewalzt ist, in etwa 15 Jahren erneuert werden. In diesem Falle ist die Strassendecke mehr ein Opfer der Zeit als des Verkehrs. Bei einem mittleren Verkehr schwankt die

Lebensdauer derselben Decke zwischen 4 und 7 Jahren. Dies ist der in der Wirklichkeit am häufigsten vorkommende Fall. Auf den Strassen endlich, wo der Verkehr sehr dicht ist, sowie die atmosphärischen Bedingungen und die Art des Untergrundes ungünstig sind, muss die Decke alle zwei Jahr erneuert werden. Wir betrachten dies als eine Höchstgrenze, unterhalb deren die gewöhnliche Schotterstrasse keine Rolle mehr spielen kann.

Die bis jetzt angestellten Versuche scheinen weder zahlreich noch beweiskräftig genug zu sein, um sich danach ohne Vorbehalt über den Einfluss auszusprechen, den der Gebrauch anderer Bindemittel als erdiger oder sandiger Materialien auf die Lebensdauer ausübt.

7. Die Beziehung zwischen den Ausgaben, welche einerseits die eigentliche Unterhaltung der Strassendecke und andererseits ihre periodische Erneuerung erfordern, ist ein äusserst schwankender Faktor. Aus der Statistik, die wir vor uns haben, geht hervor, dass in einer grossen Zahl von Departements dieses Verhältnis zwischen $1/10$ bis $1/5$ schwankt.

Um die Strassendecke zu erneuern, breitet man auf der Oberfläche der Gründung eine Lage Steinschlag aus, die man mittelst einer Druckwalze bearbeitet und zugleich durch Bewässerung mit einem Bindemittel vermischt. Die Walze entwickelt insbesondere auf der Oberfläche eine kinetische Kraft, die sich dahin äussert, dass sie die Materialien zurechtrückt und miteinander verzwicket und ihnen auf diese Weise eine feste Lage gibt.

8. In unserer heutigen Zeit wird fast ausschliesslich das einfache System des gewalzten Fahrdammes mit einer einzigen Bettung aus gebrochenen Kieselsteinen und einer Dicke von 0,15 bis 0,25 m angewandt. Ist die Bettung durch die Abnutzung allmählich ausgefahren, so wird im allgemeinen Ausbesserung und Abwalgung vorgenommen, und zwar in der Weise, dass der untere Teil des Fahrdammes ein Planum bildet, das man stets vor der Einwirkung des Wetters und des Verkehrs dadurch schützt, dass man die Decke erneuert, sobald dies angezeigt ercheint.

Nach den angestellten Erhebungen sprechen sich die Strassenverwaltungen für eine Gründung aus, die als Packlage aus Steinen besteht, die mit der schmalen Seite aneinander gelegt und alsdann fest zusammengedrückt sind.

9. Die Kosten der Schotterstrassen sind äusserordentlich verschieden. Mit Rücksicht auf die Umstände und die Lage ist es manchmal die schlechteste Strasse, die am meisten kostet.

Die Kenntnis der Kosten kann auch, wie es scheint, nur dann einen praktischen Nutzen haben, wenn man an einem bestimmten Ort die Aufgabe der Wahl des Strassensystems zu lösen hat oder aber wenn man Materialien verschiedener Beschaffenheit und verschiedener Herkunft gegenübersteht.

10. Die Reinigung und die Bewässerung sind die Mittel, die man zur Erhaltung der Schotterstrassen anwendet. Die Besen müssen biegsame Reiser besitzen; von den mechanischen Besen darf man nur vorsichtigen Gebrauch machen, da deren Mangel an Elastizität oder das Fehlen einer Regulierung die Zerstörung der Deckenoberfläche zur Folge haben kann. Im allgemeinen macht der Mangel an Wasser auf freiem Felde in vielen Gegenden das Besprengen der Strassen unmöglich.

Ch. LELIÈVRE.

A. PONS.

(Uebersetzer : Hugo MÜLLER, Dahlem.)



Oberthur, Rennes—Paris (2034-12).

nr 2

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



II-353532

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000317641