

# DIE BAUTECHNIK

8. Jahrgang

BERLIN, 14. Februar 1930

Heft 7

## Dr. Georg Ernst 50 Jahre alt.



Am 16. Februar d. Js. vollendet der Inhaber und Leiter des Verlages der „Bautechnik“, Herr Dr.-Ing. ehr. Georg Ernst, sein 50. Lebensjahr. Geboren in Berlin als zweitältester Sohn von Georg Eberhard Ernst, besuchte er das Falk-Realgymnasium in Berlin und bereitete sich darauf für den buchhändlerischen Beruf vor, und zwar zunächst im väterlichen Geschäfte und alsdann bei den Firmen Konrad Wittwer in Stuttgart und v. Zahn & Jaensch in Dresden. Sein Plan, weitere Berufskennntnisse im Auslande zu sammeln, wurde leider vereitelt durch den allzufrühen Heimgang seines Vaters, der erst 50 Jahre alt am 25. Mai 1902 in Lugano starb und damit im besten Schaffensalter seinem Wirkungskreise entrissen wurde.

Georg Ernst wurde hierdurch Mitinhaber der alten Verlagsfirma Wilhelm Ernst & Sohn (vorm. Ernst & Korn), der Firma Gropiussche Buch- und Kunsthandlung und der dem Verlage angegliederten Buchdruckerei Gebrüder Ernst. Schon in jungen Jahren, erst 22 Jahre alt, mußte er die Leitung der genannten Firmen, anfangs mit Unterstützung seines älteren Bruders, bald aber — im Einverständnis mit seinen beiden Brüdern — allein übernehmen.

Was der Verlag im Verlaufe der letzten 28 Jahre, von 1902 an bis heute, unter der tatkräftigen, wagemutigen und durch ein achtungswertes technisches Wissen unterstützten Geschäftsleitung von Georg Ernst trotz mannigfacher äußerer Schwierigkeiten auf den verschiedenen Arbeitsgebieten des Bauingenieurwesens geschaffen hat, das beweisen die zahlreichen, zum Teil hochbedeutsamen Veröffentlichungen des Verlages, die ihre Entstehung nicht zum mindesten der persönlichen Anregung des Verlegers selbst verdanken.

Ganz besonders gepflegt hat Herr Georg Ernst, wie bekannt, das seit 1902 in voller Entwicklung befindliche große Gebiet des Beton- und Eisenbetonbaues; hiervon legen beredtes Zeugnis ab u. a. der Erwerb des Verlages der auch heute noch blühenden Zeitschrift „Beton u. Eisen“ (1905), der Verlag des groß angelegten Empergerschen Handbuches für Eisenbetonbau, von dem mehrere Bände bereits in 4. Auflage erschienen sind, ferner die Herausgabe des alljährlich erscheinenden Beton-Kalenders, dessen 25. Jahrgang sich in Vorbereitung befindet. 1919 wurde die Zeitschrift „Die Volkswohnung“ begründet, als deren Fortsetzung seit 1924 „Der Neubau“ erscheint.

Zu Beginn des Jahres 1923, also gerade in wirtschaftlich besonders schwieriger Zeit, begründete Georg Ernst die neue Zeitschrift „Die Bautechnik“, die, wie unseren Lesern wohl bekannt, sich in den sieben Jahren ihres Bestehens zu einer allgemein geschätzten, ja führenden Fachschrift des gesamten Bauingenieurwesens entwickelt hat. In rastlosem Eifer bemüht sich Herr Georg Ernst persönlich dauernd um den Erwerb guter neuer Abhandlungen für die Zeitschrift, um deren weiteren Ausbau durch Schaffung wertvoller Beilagen („Zeitschriftenschau für das gesamte Bauingenieurwesen“, „Der Stahlbau“) und um die Sicherung eines Stabes hervorragender Mitarbeiter.

Von sonstigen Werken des Verlages, die ihre Entstehung im wesentlichen der Anregung von Georg Ernst verdanken, seien nur folgende erwähnt: Gesteschi, Hölzerne Dachkonstruktionen (4 Aufl.); Gaye, Gußbeton; Kersten, Eisenbetonbrücken (6 Aufl.), Eisenhochbau (3 Aufl.); Kirchner, Rüstungsbau; Kleinlogel, Veranschlagen (3 Aufl.); Kulka, Eisenwasserbau; Loeser, Bemessungsverfahren (3 Aufl.); Lucas, Tunnelbau; Müller, Massenermittlung; Rziha und Seidener, Starkstromtechnik (7 Aufl.); Schaper, Eiserne Brücken (5 Aufl.); Schulze, Seehafenbau; Sturzenegger, Masten und Türme; Tolkmitt, Bauaufsicht (5 Aufl.). Auch die rühmlich bekannten fachwissenschaftlichen Werke des Akademischen Vereins „Hütte“, vor allem das bereits in 25. Auflage erschienene „Taschenbuch des Ingenieurs“ sind durch Georg Ernst unermüdlich gepflegt und gefördert worden.

Die hervorragenden Verdienste Georg Ernst's um die Förderung der technischen Wissenschaften, insbesondere auf dem Gebiete des Bauwesens, wurden warm anerkannt von der Technischen Hochschule Danzig, die auf Antrag ihrer Abteilung für Bauingenieurwesen durch Beschluß vom 10. November 1925 ihm die Würde eines Doktor-Ingenieurs ehrenhalber verliehen hat.

Trotz seiner angestregten Berufstätigkeit findet Herr Dr. Georg Ernst noch Zeit, sich den Belangen der Allgemeinheit in buchhändlerischen Ehrenämtern zu widmen. Jahrelang war er Vorsitzender der Korporation der Berliner Buchhändler, auch ist er Mitbegründer des Arbeitgeberverbandes der deutschen Buchhändler, dessen Vorstand er noch heute angehört. In der Arbeitsgemeinschaft wissenschaftlicher Verleger gehört er zu den Führern, und als ihr rühriger Vertreter ist er im Gesamtvorstande des Deutschen Verleger-Vereins und im Fachausschusse des Börsen-Vereins der deutschen Buchhändler.

Schließlich sei erwähnt, daß Herr Dr. Georg Ernst seit langem als Mitglied technischen Fachvereinen, wie dem Architekten- und Ingenieur-Verein, dem Deutschen Beton-Verein und der Deutschen Gesellschaft für Bauingenieurwesen angehört.

In dankbarer Würdigung seiner vieljährigen großen Verdienste sprechen wir Herrn Dr. Georg Ernst zu seinem fünfzigjährigen Geburtstage unsere aufrichtigen Wünsche für eine glückliche Zukunft aus. Möge er noch lange Jahre in ungetrübtter Gesundheit und voller Rüstigkeit seine vielseitige, von Erfolgen gekrönte Tätigkeit zum Besten der deutschen Bauingenieurwissenschaft ausüben und ganz besonders der „Bautechnik“, ebenso wie bisher, seine Kraft als unermüdlicher, tatkräftiger Förderer widmen können. Möge es ihm vergonnt sein, seine blühende Firma dereinst seinen beiden Söhnen zum Weiterarbeiten in seinem Sinne und zu neuen Erfolgen zu übergeben.

A. Laskus.

Alle Rechte vorbehalten.

## Der deutsche Landstraßenbau Ende 1929.

Von Dr.-Ing. Artur Speck, Dresden.

Es ist nicht leicht, einen Überblick über das zu gewinnen, was nach der Inflation in Deutschland im Straßenbau wirklich geschehen ist. Denn wir stehen noch mitten drin in der Wiederinstandsetzung der durch den Krieg und die Unterlassungssünden der Nachkriegsjahre zerstörten Straßen und ihre Anpassung an den modernen Schnell- und Schwerverkehr der Kraftwagen. Das Landstraßennetz ist derartig ausgedehnt und steht unter einer Vielzahl von Bauverwaltungen, so daß es schon deswegen nicht möglich ist, nur aus eigener Anschauung berichten zu können. Wirklich objektive Angaben über die Bewahrung der einzelnen Bauweisen, die alles umfassen, was zur kritischen Beurteilung notwendig ist, und sich auf große Zeiträume und lange Strecken beziehen, sind schwer zu erhalten. Ist doch in den meisten Fällen bei den neueren Bauweisen die Zeit noch zu kurz, um ihre Haltbarkeit sicher angeben zu können, die aber zu kennen notwendig ist für die Bewertung der Wirtschaftlichkeit. Man muß daher heute immer noch sehr vorsichtig vorgehen, wenn man ein Urteil über das Geleistete abgeben will. Dazu kommt, daß der Verkehr während der Beobachtungszeit ständig an Gewicht, Menge und Schnelligkeit gewachsen ist und noch weiter zunimmt. In der Regel ist deshalb mit zwei Unbekannten zu rechnen, der Verkehrsgröße und der Haltedauer. Und schließlich wirken der außerordentlich scharfe Wettbewerb und das Wettrennen in dem Erfinden neuer Bauweisen und Baumittel mehr verwirrend als klärend.

Wie dem auch sei, die Tatsache steht fest, daß in den letzten Jahren in Deutschland auf keinem Gebiete so gearbeitet und geschafft worden ist, wie im Straßenbauwesen. Es ist im Gegenteil an der Zeit, den Tatendrang der Theoretiker und Praktiker, soweit er sich auf die Methoden und Grundsätze des Straßenbaus erstreckt, in ruhigere Bahnen zu leiten. Handelt es sich doch hier nicht nur um den eigentlichen Bau und damit zusammenhängend um die vielfach sich berührenden Gebiete der Baustoffkunde und insbesondere der Baustoffprüfung, sondern weiter um Fragen des Verkehrs, der Wirtschaft, der Landesplanung und nicht zuletzt um Finanzprobleme, mit denen sich der Techniker auseinandersetzen muß und die die Allgemeinheit und eine große Zahl von Interessenten aller Kreise beschäftigen.

Von den Vorarbeiten, die seit 1925 geleistet worden sind, sind folgende besonders hervorzuheben: 1. die Deutsche Straßenverkehrsordnung vom Jahre 1927, die nunmehr nach den zwischen Reich und Ländern vereinbarten Richtlinien in ganz Deutschland eingeführt ist; 2. die ebenfalls zwischen Reich und Ländern vereinbarte Deutsche Straßenbauordnung, die einheitliche Grundsätze für die Anlage der Landstraßen in Grundriß, Quer- und Längsschnitt aufstellt, und das Fernstraßennetz der bestehenden Straßen, für das die Straßenbauordnung in erster Linie Geltung haben soll. Bauordnung und Netz stehen vor dem Abschluß; 3. die Ergebnisse der Braunschweiger Versuchsbahn des Deutschen Straßenbauverbandes und 4. dessen Mitarbeit an der Vereinheitlichung des deutschen Straßenwesens, darunter die Aufstellung einheitlicher Vorschriften für Straßensperrungen und die Verkehrszählung; 5. die zahlreichen Leitsätze der Studiengesellschaft für den Automobilstraßenbau für den Bau und die Unterhaltung der einzelnen Bauweisen und die von dieser Gesellschaft aufgestellten Grundsätze für den Straßenbau und den Straßenverkehr und ihre sonstigen Arbeiten auf diesem Gebiete; 6. die Arbeiten der Forschungsinstitute an den Technischen Hochschulen; 7. die zahlreichen fachtechnischen Veröffentlichungen, vor allem die beiden grundlegenden Werke über modernen Straßenbau von Neumann und Reiner; 8. nicht zuletzt die Zusammenarbeit der Bauverwaltungen der Länder, Provinzen, der deutschen Landkreise und Städte, der Automobilindustrie, der Verkehrsverbände und der Unternehmerschaft im weitesten Sinne. Am Jahresende wurden die Verhandlungen über neue Belastungsvorschriften zu Ende gebracht, so daß der unhaltbare Zustand der gewohnheitsmäßigen Überschreitung der 9-t-Grenze demnächst verschwinden wird: Es soll zwar das Höchstgewicht der Zweiachser auf etwa 10,5 t erhöht, aber die Luftbereifung erzwungen werden, wodurch die Straßen trotz der Erhöhung der Lasten geringer beansprucht werden als jetzt. Mit der Frage der Geldbeschaffung befaßt sich die Studiengesellschaft zur Finanzierung des deutschen Straßenbaues. Wenn sie auch noch nicht zum Abschluß gekommen ist, so kann doch neben einer gewissen Bereitwilligkeit des ausländischen Geldmarktes auf der Istseite gebucht werden, daß die vom Verfasser schon Ende 1925 im sächsischen Straßenbauprogramm bewiesene Produktivität des Straßenbaues nunmehr auch von den für die Auslandsanleihepolitik maßgebenden Kreisen anerkannt wird.

Zu den Vorarbeiten, ohne die mit der Instandsetzung der Straßen nicht begonnen werden kann, gehört schließlich ein Bau- und Finanzierungsplan. Viele Bauverwaltungen haben damit sofort begonnen, als die Geldverhältnisse stetig wurden. Württemberg brachte die ersten Ausba-

grundsätze schon im Februar 1925 heraus<sup>1)</sup>. Baden legte seinem Landtag im März 1925 einen Ausbauplan vor, Bayern und Sachsen folgten Anfang 1926 mit ausführlicheren Denkschriften. Ebenso entwickelten im Laufe der nächsten Jahre die größeren Bauverwaltungen der übrigen Länder und preußischen Provinzen ihr Bauprogramm, und auch die Kreise suchten unter Führung des Deutschen Landkreistages System in den Straßenbau zu bringen. Da es meistens nicht möglich war, die Mittel im ordentlichen Haushalt unterzubringen, wurden Anleihen zu Hilfe genommen. Die Pläne sahen in der Regel vor, die Fahrbahn in möglichst kurzer Zeit instand zu setzen und die Gesamtanlage durch Verbreiterung, Ausbau der Krümmungen in einseitigem Gefälle, Beseitigung unübersichtlicher Stellen und Verlegungen dem modernen gemischten Verkehr anzupassen. Naturgemäß konnten diese Pläne nicht starr sein, einmal weil sie sich an die schwankenden Haushaltverhältnisse anpassen mußten, dann aber auch wegen der ständigen Zunahme des Verkehrs und der Verbesserung der Bauweisen. Alle Baupflichtigen sind sich darüber einig, daß, soweit die Befestigung der Fahrbahn in Frage kommt, nicht große Straßenzüge nach einem einzigen Verfahren zu befestigen sind, sondern daß dafür in jedem einzelnen Fall die tatsächliche Verkehrsgröße maßgebend sein muß, jedoch so, daß der Wechsel der Bauweisen innerhalb kurzer Strecken auf ein Mindestmaß beschränkt wird. Da nun der Verkehr im allgemeinen mit der Entfernung von den größeren Städten abnimmt, wird auch die Wertigkeit der Decken in gleicher Richtung abnehmen. Ferner kann der Ausbau nur schrittweise vor sich gehen, indem mit steigendem Verkehr zunächst Oberflächenbehandlungen, dann mittelwertige und erst später hochwertige Decken gewählt werden. Gerade durch dieses schrittweise Vorgehen ist es bei den beschränkten Mitteln in den meisten Fällen möglich gewesen, in der immerhin kurzen Zeit von vier Jahren schon ein Straßennetz zu schaffen, das den Verkehrsanforderungen notdürftig genügt. Man darf sich eben nicht durch das gute Aussehen der Straßen darüber hinwegtäuschen, daß die endgültige Befestigung noch viel Zeit und Geld erfordert. Ein wichtiges Moment ist das Tempo. Da nicht nur der Bauaufwand am kleinsten wird, wenn die Instandsetzung sofort vorgenommen wird, sondern auch der Vorteil guter Straßen den Kraftwagenhaltern und der Wirtschaft am schnellsten zugute kommt, durch Ersparnis an Betriebsstoff, Reifen und Wagenunterhaltung und durch die Verbilligung der Güterförderung, so ist auch bei der Wahl der Bauverfahren auf Schnelligkeit der Herstellung zu sehen, was z. B. in vielen Verwaltungen zur Bevorzugung des Kaltverfahrens bei Bitumen und Teer geführt hat.

Auf den deutschen Staats- und Provinzialstraßen sind von 1925 an bei einer Gesamtnetzlänge von 60 866 km, die statistisch erfaßt sind, hergestellt worden: 4265 km hochwertige Decken (Groß-, Kleinpflaster, Riesenschotter, Beton-, Asphalt- und Teerdecken über 6 cm), 17 086 km mittelwertige und leichte Decken (Tränkungen, Teppiche, Oberflächenbehandlung mit Teer, Bitumen und Betonal), während die übrigen 39 515 km<sup>2</sup> in der alten Bauweise, z. T. im Flickverfahren unterhalten worden sind. Der Schotterverbrauch betrug in dieser Zeit 9 770 000 m<sup>3</sup>, der nach der Instandsetzung erheblich zurückgehen wird. Es sind also bis jetzt auf den Staats- und Provinzialstraßen 7% mit hochwertigen und 28% mit mittelwertigen und leichten Decken neu belegt worden und somit 35% der Straßen in Ordnung, wenn auch, wie schon oben erwähnt, mit der Einschränkung, daß es sich bei einem Teil der mittelwertigen und der leichten Decken noch nicht um den endgültigen Befestigungszustand handelt. Von den hochwertigen Decken sind 3280 km mit Pflaster, 97 km mit Beton und 888 km mit Teer- oder Bitumendecken belegt. Von den mittleren und leichten Decken entfallen 2194 km auf Tränkung oder ähnliche Verfahren, 14 795 km auf Oberflächenbehandlung mit Teer und Bitumen oder einer Mischung davon und 97 km auf Betonal. Die Grenzen zwischen mittelwertigen und leichten Decken sind für statistische Erhebungen nicht zu ziehen. Das trifft vor allem zu für die mehrmaligen Oberflächenbehandlungen und noch mehr für die mehrmals behandelten, getränkten Strecken und für die in steinernen Gegenden mit Vorliebe verwendeten Teppiche. Daß die leichten Decken den Löwenanteil stellen, entspricht ganz den Ergebnissen der ersten deutschen Verkehrszählung, bei der festgestellt wurde, daß über drei Viertel der damals erfaßten Straßen leichten Verkehr hatten. Es ist nicht zu befürchten, daß durch die bis jetzt geschätzte Verdoppelung des Verkehrs in den unteren Tonnenlagen eine Veränderung zuungunsten der leichten Decken eintritt, weil durch die Verbesserung der Bauverfahren die obere Grenze der leichten Decken wesentlich höher angesetzt werden darf,

<sup>1)</sup> Eine Zusammenstellung der Ausbaupläne befindet sich in einem Aufsätze des Verfassers im Jahrbuch für Straßenbau 1929, Richard Pflaum Verlag, München, S. I bis 19.

<sup>2)</sup> Jahrbuch a. a. O., S. 16 ff.

nämlich weit über 1000 t täglich, als man früher annahm. Dasselbe gilt für die innen getränkten Decken, denen man, sobald sie mehrmals Oberflächenbehandlung erfahren haben, einen Verkehr zumuten kann, den man früher nur den hochwertigen zuwies. Nur diese höhere Tragfähigkeit der in der Bauweise verbesserten Deckenarten hat überhaupt ein Durchhalten bei der ständig wachsenden Geldnot ermöglicht. Ein weiteres Ergebnis ist der Beweis der Richtigkeit des Grundgesetzes im Straßenbau, ein festes, starkes Steingerüst zu schaffen, das durch Walzen mechanisch zu einem unverschieblichen, tragfesten Körper gepreßt wird. Selbst wenn man auf die Innenränkung bei geringem Verkehr verzichtet, weisen solche neu gewalzten Decken mit einfacher Oberflächenbehandlung eine größere Haltbarkeit auf als Bitumen- und Teerteppiche von 3 bis 4 cm Stärke auf alten Decken.

Manche Mißerfolge sind auf den Mangel eines guten Steingerüsts zurückzuführen. Die Teppiche sollte man also nur dort ausführen, wo die Steine zu teuer sind. Bei schnell wachsendem Verkehr und in Steigungen werden sie, wie die Erfahrungen in Mitteldeutschland zeigen, zerstört, sei es nun, daß sich bald Schlaglöcher und Wellen bilden, sei es, daß sie von den Rädern der Lastkraftwagen — besonders an Stellen, wo umgeschaltet wird — regelrecht zerschneiden werden. In solchen Fällen ist eine halbgetränkte Decke mit wiederholter Oberflächenbehandlung widerstandsfähiger und dabei höchstens halb so teuer wie eine hochwertige Decke. Das ist eine Ehrenrettung der alten guten Schotterstraße, die nur statt mit Wasser mit einem Klebemittel gebunden und abgedeckt wird. Für schwersten Landstraßenverkehr bleibt nach wie vor das am meisten angewendete, 40 Jahre erprobte Kleinpflaster die ideale Befestigungsweise. Inwieweit ihm im Landstraßenbau der Beton, auch namentlich vom wirtschaftlichen Standpunkte aus, den Rang ablaufen wird, hängt von der Preisstellung für die Pflastersteine und von der rasch fortschreitenden Verbesserung der Betonstraßenbauweise ab. Ähnliches gilt von den zahlreichen Bauweisen der hochwertigen Bitumen- und Teerdecken.

Neben der Befestigung der Straßenfahrbahn haben es sich die deutschen Straßenbauverwaltungen angelegen sein lassen, die gesamte Straßenanlage dem modernen Schnellverkehr anzupassen. Es wurden zahlreiche Krümmungen abgeflacht, mit einseitigem Gefälle versehen, die engen und verkehrsgefährlichen Strecken beseitigt, Steilstrecken flacher gelegt, Umgehungsstraßen gebaut, die zum Teil recht beachtliche Talbrücken notwendig machten. Darüber ist im Schrifttum eingehend berichtet worden. Für alle diese Neubauten haben die Länder und Pro-

vinzen allein für ihre Straßen in der Zeit von 1926 bis 1929 die erhebliche Summe von 118 Mill. RM, im Durchschnitt der drei Baujahre 1926 bis 1928 jährlich 28,6 Mill. RM oder 528,3 RM für 1 km unterhaltener Straßenlänge aufgewendet, während die entsprechende Summe für die Instandsetzung und Unterhaltung der Fahrbahn 3452,3 RM für 1 km unterhaltener Straßenlänge betrug. Der Gesamtaufwand für Instandsetzung und Anpassung hat im Durchschnitt der abgerechneten drei Baujahre 1926 bis 1928 die Summe von 212,679 Mill. RM oder 3933 RM. für 1 km unterhaltener Straßenlänge erreicht, ein Einheitswert, der etwa viermal so hoch ist wie kurz vor dem Kriege.

Als neueste Bauten sollen nur zwei erwähnt werden, die im Bau befindliche Echelsbacher Brücke über die Ammer in der Nähe von Oberammergau als Beispiel der hervorragendsten Talbrücke<sup>3)</sup> und die Umgehungsstraße bei Penig im Zuge der Staatsstraße Leipzig—Chemnitz als Beispiel einer fahrbahnfreien Kreuzung zweier Staatsstraßen mit Rundrampen für Richtungsverkehr<sup>4)</sup>.

Die Bezeichnung der Gefahrenpunkte durch Dreieckschilder, deren Figuren durch Rückstrahlung auch nachts sichtbar werden, ist in der letzten Zeit gut vorwärts gegangen. Über die Bewährung der einzelnen Schilderarten läßt sich ein abschließendes Urteil noch nicht abgeben. Das Reichsverkehrsministerium läßt zur Zeit von der braunschweigischen Bauverwaltung auf Grund umfassender Versuche ein Gutachten ausarbeiten und studiert ferner im Verein mit der Reichsbahnverwaltung den Schutz der Eisenbahnübergänge durch vom Zug gestellte Blinklichter. Das erstmalig von Sachsen eingeführte Ankalken der Bäume in den Krümmungen findet immer weitere Verbreitung und hat sich ausgezeichnet bewährt. Die Bezeichnung der Orte am Eingang und die Aufstellung von Wegweisern geht etwas langsam vor sich.

Es ist versucht worden, in kurzen Worten den Stand des Landstraßenbaues in Deutschland zu schildern. Es ist in den vier Jahren tüchtig vorwärts gegangen und die Zeit der allzu reichlichen Versuche überwunden. Leider drohen der weiteren Durchführung durch den Geldmangel ernste Gefahren. Es muß aber mit allen Mitteln danach gestrebt werden, das begonnene Werk fortzusetzen und zu Ende zu führen, weil die Wirtschaft gute Straßen dringend braucht.

<sup>3)</sup> Vgl. den Aufsatz von F. Düll in der „Bautechn.“ 1930, Heft 1 u. 4.

<sup>4)</sup> Vgl. den Aufsatz von Petrich und Fichtner in der „Bautechn.“ 1929, Heft 30 u. 32.

Alle Rechte vorbehalten.

## Einheitliche Entwurfsgrundlagen für Hauptverkehrsstraßen.

Von Hermann Pickl, München.

Eine Anzahl deutscher Länder hat bereits in Form von Richtlinien die technischen Anforderungen festgelegt, die an den Neubau von Verkehrsstraßen mindestens gestellt werden müssen, so Bayern<sup>1)</sup>, Sachsen<sup>2)</sup> u. a. In absehbarer Zeit wird das Reich die schon wiederholt angekündigte Straßenbauordnung für Hauptverkehrsstraßen herausgeben. Eine solche Vereinheitlichung und Normung des Straßenbaues ist zweifellos warm zu begrüßen, da sie die Entwurfsarbeit des Ingenieurs erleichtert und mittelbar auch die Verkehrssicherheit fördert. Gegenstand dieses Aufsatzes soll sein, die grundsätzlichen technischen Probleme aufzuwerfen, von denen bei der Aufstellung solcher Richtlinien auszugehen sein wird.

Zu den wichtigsten Fragen, die vor Inangriffnahme eines Straßenbauentwurfs zu entscheiden sind und von deren Beantwortung eine Reihe grundlegender Maße abhängt, gehört die Festsetzung der Mindestsehstrecke. Welche Sehlänge ist notwendig, damit ein Kraftfahrer einem ihm begegnenden Kraftfahrzeug gefahrlos ausweichen und gegebenenfalls rechtzeitig halten kann? Es liegt nahe, von dem Abstände auszugehen, der für die Aufstellung der internationalen Warnungstafeln vorgeschrieben ist, die zur Kennzeichnung gefahrloser Stellen usw. dienen. Als Mindestentfernung werden dafür 150 m verlangt, ein Maß, das sich in der Praxis im allgemeinen bewährt hat. In Anlehnung daran könnte die Mindestsehweite auf das Doppelte, also auf 300 m festgesetzt werden. Dieses Maß ist wohl zu weitgehend, da sich mit Recht dagegen einwenden läßt, daß das Begegnen zweier Kraftwagen auf freier Strecke bei weitem nicht so viele Gefahrenmomente in sich birgt, als das Durchfahren von Stellen, auf die der Kraftfahrer durch die Warnungstafeln aufmerksam gemacht wird. Es läßt sich darüber streiten, ob es überhaupt notwendig ist, die Sehlänge so groß zu bemessen, daß jedes der beiden entgegenkommenden Fahrzeuge rechtzeitig zum Halten gebracht werden kann, ob man ihr daher den doppelten Bremsweg zugrunde legen soll oder ob man sich nicht mit dem ein-

fachen Bremsweg begnügen kann. Nun ist an sich eine eindeutige Festlegung des Bremsweges wegen der Verschiedenheit der Geschwindigkeit, des Wagengewichts, der Zahl und Art der Bremsen, der Straßenbefestigung, der Witterungsverhältnisse und nicht zuletzt wegen der verschiedenen Geschicklichkeit der Kraftfahrer so gut wie ausgeschlossen. Die Mindestsehstrecke wird daher nicht auf dem Wege der Rechnung, sondern mehr oder weniger aus der praktischen Erfahrung heraus bestimmt werden müssen, schon deshalb, weil sie für alle Verhältnisse — von Berg- und Hochgebirgsstraßen selbstverständlich abgesehen — möglichst eine konstante Größe sein soll. Wenn man sich hinsichtlich der Bremsfähigkeit neuzeitlicher Wagen an die Ergebnisse der I. ADAC.-Gebrauchs- und Wirtschaftlichkeitsfahrt 1928<sup>3)</sup> anlehnt und von dem doppelten Bremsweg ausgeht, so erscheint die Festsetzung der Mindestsehstrecke auf 200 m als gerechtfertigt, das ist eine Strecke, die ungefähr dem doppelten Bremsweg eines modernen Kraftwagens mittlerer Stärke auf nasser, schlammfreier Teerdecke bei 60 bis 70 km Stundengeschwindigkeit entspricht.

Mit der Mindestsehstrecke soll man sich bei der Anlage einer Straße überall, wo es die Verhältnisse ohne wesentliche Mehrkosten gestatten, nicht begnügen. Es darf nicht vergessen werden, daß dem Kraftfahrer die Sicht alles bedeutet. Den Blick unverwandt auf die vor ihm auftauchende Straßenfläche gerichtet, führt er sein Fahrzeug. Der Straßen-

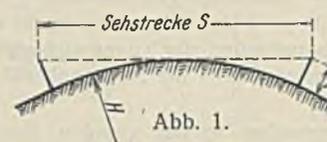


Abb. 1.

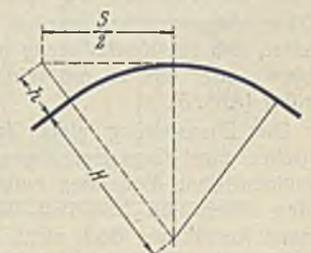


Abb. 2.

bauingenieur macht ihm diese Arbeit wesentlich leichter und weniger ermüdend, wenn er die Straße so anlegt, daß sie eine über das festgesetzte Mindestmaß hinausgehende Sichtweite gewährt.

<sup>3)</sup> Vgl. hierüber: Neuzeitliche Automobilwertung, hrsg. vom Allgemeinen Deutschen Automobilklub. Berlin 1929. Verlag Julius Springer.

<sup>1)</sup> Die bayerischen Staatsstraßen. Bearbeitet von der Obersten Baubehörde im Staatsministerium des Innern, München 1925.

<sup>2)</sup> Neue Bauvorschriften der sächsischen Staatsbauverwaltung, Verk.-T. 1928, Heft 9, S. 135.

Hat man sich auf die Forderung einer Mindestsehstrecke von 200 m oder auf irgendeine andere Sichtlänge festgelegt, so ergibt sich daraus zwangsläufig die Größe des Ausrundungshalbmessers, der bei der Überwindung von Kuppen anzuwenden ist (Abb. 1). Die Beziehung zwischen Sehweite  $S$ , Ausrundungshalbmesser  $H$  und Augenhöhe  $h$  läßt sich mit Hilfe von Abb. 2 in die Formel kleiden:

$$\left(\frac{S}{2}\right)^2 + H^2 = (H + h)^2;$$

Tafel I.

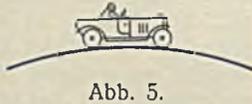
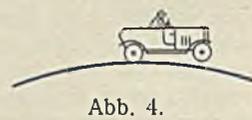
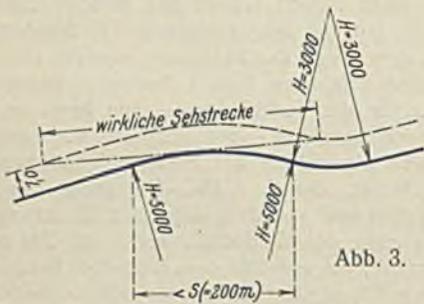
Sehstrecke  $S$  für verschiedene Ausrundungshalbmesser  $H$  (Abb. 1).

Ausrundungsbogen vom Halbmesser $H$	Sehstrecke bei Augenhöhe		Ausrundungsbogen vom Halbmesser $H$	Sehstrecke bei Augenhöhe	
	von 1,0 m	von 1,50 m		von 1,0 m	von 1,50 m
1000 m	90 m	110 m	10 000 m	285 m	345 m
2000 "	125 "	155 "	11 000 "	295 "	360 "
3000 "	155 "	190 "	12 000 "	310 "	380 "
4000 "	180 "	220 "	13 000 "	320 "	395 "
5000 "	200 "	245 "	14 000 "	335 "	410 "
6000 "	220 "	270 "	15 000 "	345 "	425 "
7000 "	240 "	290 "	20 000 "	400 "	490 "
8000 "	255 "	310 "			
9000 "	270 "	330 "			

Vernachlässigt man den gegenüber der Größe von  $H$  sehr kleinen Wert  $h$ , so ergibt sich mit ausreichender Genauigkeit:

$$H = \frac{S^2}{8}$$

In Tafel I sind die danach berechneten Sehstrecken für die Augenhöhe  $h = 1,0$  und  $h = 1,5$  m zusammengestellt. Im Hinblick auf die niedrige Bauart der Kraftfahräder und auch vieler Kraftwagen werden nur die Werte für 1 m Augenhöhe in Betracht gezogen. Für die Sehstrecke von 200 m, die im vorausgehenden als notwendig erkannt wurde, ergibt sich demnach ein Ausrundungshalbmesser  $H = 5000$  m. Wer sicher gehen will und mit den unvermeidlichen Unebenheiten der Fahrbahn rechnet, wird, auch wenn er sich auf die Mindestsehstrecke von 200 m beschränkt, mit der Größe des Mindest-Ausrundungshalbmessers weitergehen und ein  $H = 6000$  oder  $7000$  m dem Entwurf zugrunde legen. Es ist aber auch der Fall denkbar, daß die verlangte Mindestsehstrecke von 200 m erzielt wird, selbst dann, wenn die Kuppe mit einem Ausrundungshalbmesser kleiner als 5000 m überschritten wird, daß also die Sichtweite günstiger ist, als die Rechnung für den betreffenden Ausrundungshalbmesser (nach Tafel I) ergibt. Dieser Fall tritt dann ein, wenn die Länge des Ausrundungsbogens kleiner als die verlangte Sehstrecke  $S$ , also bei Zugrundeliegen der Mindestsehstrecke kleiner als 200 m ist. In einem solchen Falle würde die Rechnung irreführen; man kann sich damit helfen, daß man aus dem Höhenplan für verschiedene Punkte des Ausrundungsbogens



die tatsächlichen Sehstrecken herausmißt; wobei man sich zweckmäßig einer Parallelen zur Straßenplanie in 1 m Augenhöhe bedient (Abb. 3). Mit Rücksicht auf ein angenehmes Fahren soll jedoch unter einen Ausrundungshalbmesser von etwa 3000 m nicht heruntergegangen werden. Aus dem gleichen Grunde sollte auch beim Übergang aus dem Gefälle in die Steigung bei sog. Wannen ein Ausrundungshalbmesser gleich 3000 m vorgeschrieben werden. Auf diese Weise wird dann auch verhindert, daß ein Kraftfahrzeug beim Überschreiten der Kuppe sich abhebt (Abb. 4), oder daß es mit seinen untersten Teilen die Straßenoberfläche berührt (Abb. 5).

Die Einschaltung einer Zwischengeraden in der geraden Strecke zwischen zwei Gegenneigungen ist zwar erwünscht, kann aber im allgemeinen ohne Bedenken entbehrt werden (Abb. 3); dergleichen Feinheiten sollen und brauchen bei einer Straße, wo eine auf Zentimeter genaue Ausführung doch nicht möglich ist und wo die schnellfahrenden Fahrzeuge im Gegensatz zur Eisenbahn eine elastische Luftbereifung besitzen, nicht verlangt werden. Schließlich soli noch auf eine Schwierigkeit hingewiesen werden, die sich beim Aufzeichnen der Ausrundungshalbmesser im Höhenplan ergibt. Da hierfür in der Regel der Maßstab

1:1000 gewählt wird, empfiehlt es sich, besondere Lineale für die 1:100 gewählten, empfiehlt es sich, besondere Lineale für die Halbmessergrößen 3000, 4000 usw. in dem gleichen, verzerrten Maßstab anzufertigen. Ihre Verwendung ist zwar unter Umständen nicht immer exakt, nämlich dann, wenn die Symmetrieachse des Ausrundungsbogens nicht lotrecht steht (vgl. Abb. 6). Unter Umständen empfiehlt es sich in solchem Falle, den Höhenplan in unverzerrtem Maßstab umzuzeichnen und die Koten der Straßenachse herauszumessen, falls man nicht den Rechnungsweg, der allerdings ziemlich umständlich ist, vorzieht.

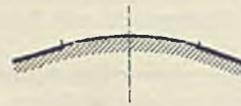


Abb. 6a. Lotrechte Lage der Symmetrieachse.

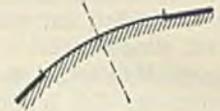


Abb. 6b. Nicht lotrechte Lage der Symmetrieachse.

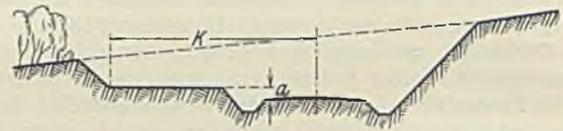


Abb. 7.

Wie bei der Höhenrißgestaltung führt auch bei der Linienführung im Grundriß die Forderung einer bestimmten Sehstrecke zu besonderen Maßnahmen. Das Gelände muß unter Umständen von der Innenkante der Krümmung weg bis auf die Breite  $K$  (Abb. 7) abgetragen werden, damit zwei entgegenkommende Kraftfahrzeuge sich auf die vorgeschriebene Entfernung sehen können. Werden der Einfachheit halber die Fahrspuren in Straßenmitte angenommen, so nimmt  $K$  für die bestimmte Sehstrecke  $S$  und den Krümmungshalbmesser  $R$  einen Wert an, für den sich mit Hilfe von Abb. 8 die Beziehung aufstellen läßt:

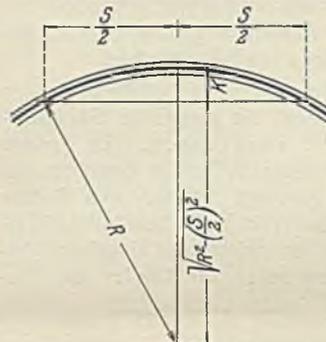


Abb. 8.

$$K = R - \sqrt{R^2 - \left(\frac{S}{2}\right)^2}$$

Tafel II. Werte für  $K$  der Abb. 7.

Für Krümmungen vom Halbmesser $R$	Wert $K$ in m für eine Mindest-Sehstrecke von					
	100 m	150 m	200 m	250 m	300 m	400 m
50	50	—	—	—	—	—
100	13	34	100	—	—	—
150	9	20	38	67	150	—
200	6	15	27	44	68	200
250	5	11	21	33	50	100
300	4	9	20	27	40	76
350	3	8	16	23	34	63
400	—	7	13	20	30	54
450	—	6	12	18	26	47
500	—	6	11	16	23	42
600	—	5	8	13	19	34
700	—	4	7	11	16	29
800	—	4	6	10	14	25
900	—	3	6	9	13	23
1000	—	3	5	8	12	20
2000	—	—	3	4	6	10

In Tafel II ist  $K$  für verschiedene  $R$ -Größen berechnet, und zwar nicht allein für eine Sehstrecke von 200 m, sondern auch für andere Sichtweiten, auf die man unter Umständen bei Anpassungsarbeiten zurückgreifen muß. Es ist nunmehr nicht schwer, die äußere Begrenzungslinie des abzutragenden Sichtstreifens — nennen wir sie Sichtgrenze — im Lageplan darzustellen. Mathematisch gesprochen entspricht sie der Umhüllungslinie aller Sehstrecken  $S$ , die zu den zwei entgegenkommenden Kraftfahrzeugen gehören und die man in einfacher Weise dadurch findet, daß man das Meßlineal in der Länge der zu verlangenden Sehstrecke auf der Straßenachse gleiten läßt und dabei jeweils die halbe Sehstrecke  $\frac{S}{2}$  als Punkte der Umhüllungslinie vermerkt. Man kann sie auch als den geometrischen Ort der Mittelpunkte aller Sehstrecken, von Straßenmitte aus gerechnet, ansprechen. Auf diese Weise wurde in Abb. 9 die gestrichelte Linie gefunden. Im mittleren Teil der Kurve stellt die Sichtgrenze wieder einen

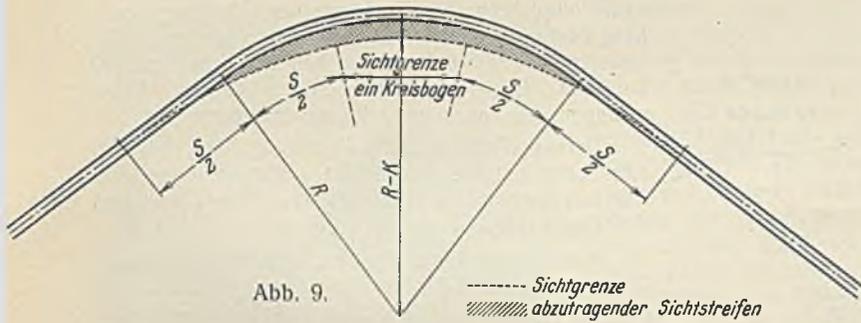


Abb. 9.

Kreisbogen dar mit dem Abstände  $K$  von der Straßenachse; daran schließt sich ein parabelförmiges Bogenstück an, das auf Grund einfacher geometrischer Überlegungen um die Strecken  $\frac{S}{2}$  noch innerhalb der Krümmung und auf die gleiche Länge  $\frac{S}{2}$  außerhalb der Krümmung liegt. Zu beachten ist noch, daß die Höhe des Sichtstreifens, die Größe  $a$  der Abb. 7, nicht zu klein bemessen wird. Mit Rücksicht darauf, daß diese Fläche später als Wiese od. dgl. benutzt wird, sollte dafür das Maß von 50 cm über dem niedersten Punkt der Fahrbahn vorgeschrieben werden. Es gibt auch hier Ausnahmefälle, bei denen entgegen den Rechnungswerten von Tafel II ausreichende Sichtweite vorhanden ist, nämlich dann, wenn die Straße aus dem Gefälle in die Steigung übergeht, also in einer sogenannten Wanne liegt, und wenn der Höhenplan ergibt, daß der Kraftfahrer bei einem solchen Verlauf der Straße über die Berglehne hinwegsehen kann, ein Fall, der durch Abb. 3 angedeutet ist.

Die Kosten, die durch die Schaffung eines Sichtstreifens entstehen, brauchen, soweit es sich um Erdbearbeitungsarbeiten handelt, im allgemeinen nicht als Mehrkosten bewertet zu werden, wenn die Abtragungsmassen aus dem Sichtstreifen von vornherein beim Massenausgleich berücksichtigt werden.

Ein weiterer, wichtiger Punkt, der dringend der Vereinheitlichung bedarf, ist die Ausbildung der Krümmungen. Allzusehr ist man in dieser Frage noch in den Gedankengängen des Eisenbahnbaues verstrickt. Vom Standpunkte der Verkehrssicherheit und der Annehmlichkeit des Fahrens wäre zu verlangen, daß die Straße grundsätzlich in jeder Krümmung eine einseitige Querneigung erhält, gleichgültig, ob es sich um Krümmungen mit Halbmessern von 100 m oder 1000 m handelt; ferner wäre zu fordern, daß die Straße auf die ganze Länge der Krümmung in Quergefälle verlegt wird, also von Bogenanfang an bis Bogenende. Diese Bedingungen führen auf zwei wichtige Fragen, nämlich auf die Größe des Quergefalles in den einseitigen Profilen und auf die Ausbildung des Überganges vom dachförmigen zum einseitigen Profil. Das Maß der Überhöhung ergibt sich aus der Forderung (Abb. 10), daß die Mittelkraft aus der Fliehkraft  $Z$  und der Schwerkraft  $G$  lotrecht zur Fahrbahnebene gerichtet ist, oder daß die Schwerkraft  $G$  außer der senkrechten Belastung der Straßenplanie noch die erforderliche Zentripetalkraft  $N$  liefert. Es besteht dafür also die Bedingung:

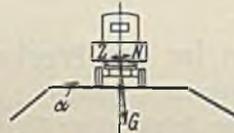


Abb. 10.

$$\text{tg } \alpha = \frac{N}{G} = \frac{m v^2}{R m g} = \frac{v^2}{R g}, \text{ wobei}$$

- $\text{tg } \alpha =$  die Querneigung in der Krümmung,
- $v =$  die Geschwindigkeit des Kraftfahrzeuges in m/sek,
- $g =$  Erdbeschleunigung = 9,81 m/sek<sup>2</sup>,
- $R =$  Krümmungshalbmesser in m.

Geschwindigkeit von 40 km/h heruntergeht und mit Rücksicht auf gute Abflußmöglichkeit des Oberflächenwassers, wie sie bei einseitig angelegten Querprofilen besonders wichtig ist, eine Mindestquerneigung von 3 ‰ verlangt, wenn man ferner eine Querneigung von höchstens 6 ‰ zuläßt, um ein Ausrutschen der Zugtiere zu verhindern, so kommt man auf Querneigungen, wie sie die unterste Reihe von Tafel III angibt. Diese Werte wären demnach in Regelfall anzuwenden. Daß mit der Forderung einer einseitigen Querneigung in Krümmungen aller Halbmesser nicht zu weit gegangen ist, zeigt Tabelle III eindringlich. Wird doch beispielsweise durch eine Neigung von 3 ‰ in einer 1000-m-Krümmung die Fliehkraft für eine Geschwindigkeit von erst 60 km/h aufgehoben.

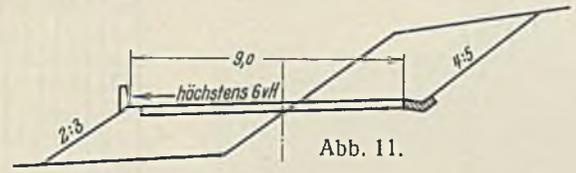


Abb. 11.

Was die bauliche Seite betrifft, so empfiehlt es sich, beim Neubau nicht erst die Fahrbahndecke, sondern gleich den Grundbaukasten in der gewollten Querneigung zu verlegen (Abb. 11). Verläuft eine Krümmungstrecke im Einschnitt, so hat bei einseitiger Querneigung der Graben an der Krümmungsaußenseite für den Wasserablauf der Fahrbahn wenig Wert. Ist man nicht gezwungen, für den Wasserablauf aus den Straßenrinnen der anschließenden Bergstrecken zu sorgen, kann man daher unbedenklich die meist billigere Profilausbildung entsprechend Abb. 11 wählen.



Abb. 12.

Der Übergang aus der Geraden in die Krümmung, aus dem dachförmigen in das einseitige Quergefälle darf, wenn Stöße vermieden werden sollen, nicht schroff, sondern nur allmählich vor sich gehen. Er muß daher durch eine besonders ausgebildete Übergangsstrecke vermittelt werden. Es ist nicht straßenbautechnisch gedacht, wenn in Nachahmung der Eisenbahn der Übergangsbogen aufgeteilt wird und zur Hälfte vor den Bogenanfang, zur anderen Hälfte dahinter gelegt wird. Der Kraftfahrer steuert sein Fahrzeug viel leichter in die Krümmung, wenn schon vom Bogenanfang an die Zentrifugalkraft aufgehoben ist. Nach diesen grundsätzlichen Erwägungen ergibt sich von selbst die zweckmäßigste Ausbildung des Übergangsbogens oder, besser gesagt, der Übergangsstrecke.

Für die Grundrißgestaltung gibt Abb. 12 ein schematisches Bild. Die Verbreiterung nach der Innenseite einer Krümmung, die bei Krümmungshalbmessern von weniger als 300 m notwendig wird, geschieht durch eine geradlinige Ausbiegung der Straßeninnenkante. Wenn am Anfang der Übergangsstrecke die Straßenbreite die für die freie Strecke normale Breite von 8 m aufweist, so ist sie bis zum Ende der Übergangsstrecke, also bis zum Bogenanfang, auf die für eine Krümmung unter 300 m Halbmesser normale Breite von 9 m angewachsen. Abb. 13 u. 14 sollen veranschaulichen, wie die Quergefallslinien sich in der Übergangsstrecke gestalten. Abb. 13 stellt den Fall dar, daß die Größe des einseitigen Quergefalles gleich derjenigen des dachförmigen Profils ist, daß es sich also nur um eine Krümmung von beispielsweise 400 m Halbmesser, der nach Tafel III ein

Tafel III.

Für die Geschwindigkeit		Einseitige Querneigung in ‰ bei verschiedenen Krümmungshalbmessern R															
km/h	m/sek	50	100	150	200	250	300	400	500	600	700	800	900	1000	1500	2000	3000
30	8,4	14	7,2	4,8	3,5	2,8	2,4	1,8	1,4	1,2	1,0	0,9	0,8	0,7	0,5	0,3	0,2
40	11,1	25	12,5	8,2	6,3	5,0	4,1	3,1	2,5	2,1	1,8	1,6	1,4	1,3	0,8	0,6	0,4
50	13,9	39	19,7	13,2	9,8	7,9	6,6	4,9	3,9	3,3	2,8	2,5	2,2	1,9	1,3	1,0	0,7
60	16,7	57	28,4	19,8	14,2	11,3	9,4	7,1	5,7	4,7	4,0	3,5	3,1	2,8	1,9	1,4	0,9
70	19,5	77	38,8	25,6	19,3	15,4	12,8	9,6	7,7	6,5	5,5	4,8	4,3	3,8	2,6	1,9	1,3
80	22,3	101	50,6	33,6	25,2	20,2	16,8	12,6	10,1	8,4	7,2	6,3	5,6	5,0	3,4	2,5	1,7
90	25,1	128	64,2	42,8	32,1	25,7	21,4	16,0	12,8	10,7	9,2	8,0	7,1	6,4	4,3	3,2	2,1
100	27,8	157	78,8	52,6	39,5	31,5	26,3	19,7	15,8	13,2	11,3	9,9	8,8	7,9	5,3	3,9	2,6
Norm:		6	6	6	6	5	4	3 ‰									

In Tafel III sind die Querneigungen für die verschiedenen Geschwindigkeiten zusammengestellt, wie sie sich aus dieser Formel ergeben. Bei der Wahl der Querneigung kann man sich natürlich nur auf eine einzige Geschwindigkeit festlegen. Wenn man dabei auf die sehr mäßige

Quergefälle von 3 ‰ zukommt, handelt. Abb. 14 bringt eine Lösung für den Übergang aus einem dachförmigen Quergefälle von 3 ‰ in ein einseitiges von 5 ‰. Auf die Höhenlage entlang der Straßenachse bleibt die Krümmung ohne Einfluß, dagegen heben und senken sich die beiden

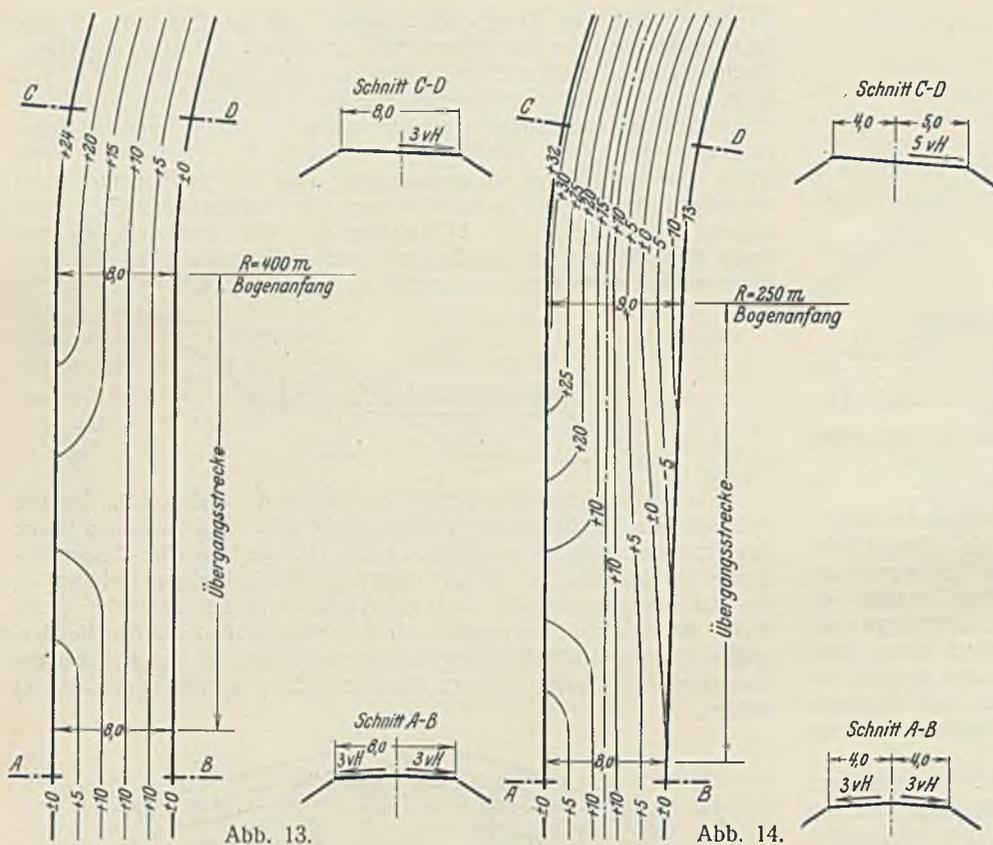


Abb. 13.

Abb. 14.

Hälften der Straßenoberfläche an der äußeren bzw. inneren Krümmungsseite gerade so, als ob es die Flügel eines Flugzeuges wären, das einen Kreis beschreibt.

Schließlich bleibt noch zu erörtern, welche Länge der Übergangsstrecke zu geben ist. Maßgebend ist dafür vor allem der Gesichtspunkt, daß nicht auf viele Meter Länge ebene Flächen entstehen dürfen, die den Wasserabfluß behindern könnten. Die Übergangsstrecke sollte daher verhältnismäßig kurz sein. Allzu kurz darf sie jedoch deshalb nicht werden, weil sonst unter Umständen die windschiefen Flächen der Übergangsstrecke den vier Rädern eines Kraftfahrzeuges keine gleichmäßige Auflage bieten und Stöße am Kraftfahrzeug hervorrufen. Von Einfluß sind auch die Gefälleverhältnisse der Straßenachse selbst, sowie das Maß der einseitigen Querneigung, zu der die Übergangsstrecke überleiten soll. Es wird sich

daher empfehlen, für die Länge der Übergangsstrecke kein bestimmtes Maß vorzuschreiben, sondern dafür einen gewissen Spielraum zu belassen, etwa von 20 bis 40 m. Bei Anpassungsarbeiten wird man oft gezwungen sein, noch unter 20 m herunterzugehen.

Daraus ergibt sich die Forderung, daß zwischen zwei entgegengesetzt gerichteten Krümmungen eine Zwischengerade von 40 bis 80 m Länge zwischen den Bogenanfängen einzuschalten ist.

Wenn man daran festhält, daß eine einseitige Querneigung von 6% das Äußerste darstellt, das man Zugtieren zumuten kann, und daß in einer Krümmung die Fliehkraft für eine Geschwindigkeit von 40 km/h durch die einseitige Querneigung vollständig aufgehoben werden soll, so kommt man auf Grund der Tafel III zu der Forderung, daß ein Krümmungshalbmesser kleiner als 200 m nicht anzuwenden ist. Damit jedoch der Kraftfahrer sein Fahrzeug bequem in die Krümmung einlenken kann und nicht gezwungen ist, sie zu schneiden, muß namentlich für längere Kurven ein größerer Krümmungshalbmesser gewählt werden. Als Mindesthalbmesser könnte daher  $R = 200$  m gelten. Die bisher übliche Forderung eines Mindesthalbmessers von 300 m für Hauptverkehrsstraßen läßt sich eigentlich nicht begründen, sondern ist aus dem Eisenbahnbau, aus den Vorschriften für Schnellzuglinien übernommen, wo Radstand, Reibungswiderstand zwischen Rad und Schiene u. ä. von Bedeutung sind, also lauter Dinge, auf die beim Straßenbau keine Rücksicht genommen zu werden braucht.

Die angeschnittenen Fragen stellen nur einen Ausschnitt der straßenbautechnischen Einzelheiten dar, die durch eine Sammelvorschrift einheitlich geregelt werden könnten. Die angegebenen Werte sollen nur einen Versuch darstellen für die Aufstellung solcher Normen. Sieht man jedoch von allen Einzelheiten ab und betrachtet die Forderung nach einer Vereinheitlichung des deutschen Straßenbaues im Rahmen der deutschen Volkswirtschaft, so wird man wünschen, die Herausgabe solcher Richtlinien möchte baldige Tatsache werden. Es wäre wünschenswert, einheitliche Vorschriften nicht allein für Hauptverkehrsstraßen, sondern auch für Straßen 2. und 3. Ordnung aufzustellen. Da über die Art des Ausbaues dieser Straßen in Deutschland vielfach Nicht-Fachleute entscheiden, wären Richtlinien für sie vielleicht noch wichtiger und dringlicher als für Hauptverkehrsstraßen, deren Verwaltung in Händen von Bauingenieuren ruht.

Alle Rechte vorbehalten.

### Neue ausländische Unternehmungen im Kraftverkehrstraßenwesen.

Von Prof. Dr.-Ing. E. Neumann, Stuttgart.

#### Italien.

Die Kraftverkehrstraßen Mailand—Seen und Mailand—Bergamo, die in den Jahren 1926/1927 fertig geworden sind, haben große Beachtung in Deutschland gefunden und sind von vielen wohl schon auch befahren



Abb. 2.

worden. Die auch im Straßenbau rührige italienische Regierung hat inzwischen den Bau weiterer Straßen, die ausschließlich dem Kraftwagen vorbehalten sind, durch eigens dafür geschaffene Gesellschaften herstellen lassen. Im letzten Jahre sind die beiden Straßen Rom—Ostia und Neapel—Pompeji dem Verkehr freigegeben worden. Ich hatte Gelegenheit,

aus Anlaß meiner Teilnahme am Internationalen Kongreß für Städtebau und Landesplanung beide zu befahren und über die zweite seitens der Verwaltung ausführliche Auskunft zu erhalten, die hier wiedergegeben werden soll.

Rom—Ostia. Von dieser Straße ist in dem deutschen Schrifttum schon einiges bekannt geworden. Sie beginnt am äußeren Weichbilde Roms an der bekannten Basilika San Paolo fuori le Mura, läuft fast geradlinig auf Ostia zu und begleitet auf längerer Strecke die zweigleisige elektrische Überlandbahn Rom—Ostia (Abb. 1). Die neue Straße benutzt von Rom aus die frühere Landstraße, wie aus der Bepflanzung am Rande (Abb. 2) zu erkennen ist. Gegen Ostia zu wird sie auf einer neuen Linie geführt, in geringem Abstände gleichlaufend mit der Landstraße. Da das Gelände eben, nur wenig bebaut ist, bietet die Linienführung nichts Bemerkenswertes. Sie kreuzt auch nur sehr wenige Verkehrswege. Die Überführung einer Landstraße stellt Abb. 3 dar. Die Befestigung besteht aus einer Schotterdecke mit einer Asphaltierung, vermutlich Kaltasphalt. Bemerkenswert an der Straße ist, daß sie auf ihrer ganzen Länge nachts beleuchtet ist. Im Abstände von etwa 10 bis 12 m stehen an beiden Rändern Beleuchtungsmaste, die an einem Halbkreisbogen eine elektrische Lampe tragen, die mittels eines Schirmes ihr Licht senkrecht nach unten auf die Straße wirft. (Auf Abb. 1 u. 3 zu erkennen). Die Lichtquelle selbst ist für den Straßenbenutzer verdeckt. Er kann also nicht geblendet werden. Bei der geringen Höhe der Lampen über der Fahrbahn bestreicht ihr Lichtkegel nur eine verhältnismäßig geringe Fläche. Deshalb mußten auf beiden Seiten Lampen angebracht und der Abstand voneinander so gering bemessen werden. Die Helligkeit ist, wovon ich Gelegenheit hatte mich zu überzeugen, nicht groß. Besonders der Straßenrücken bleibt dunkel, weil die Lichtkegel sich nicht überschneiden, wodurch bewirkt wird, daß die Wagen sich am Straßenrande halten und die beiden



Abb. 1.

Verkehrsrichtungen scharf getrennt bleiben. Die Benutzung der Scheinwerfer ist auf dieser Straße verboten und auch überflüssig. Der Verkehr auf der Straße soll sehr lebhaft sein, bereits 2000 Wagen am Tage übersteigen, so daß, wie mir bei einer italienischen Bahnverwaltung mitgeteilt wurde, der Wettbewerb der Straße sich auf die elektrische Überlandbahn Rom—Ostia nachteilig auswirkt. Der Anziehungspunkt Ostia, für die Fremden die freigelegten Ruinen der alten Handelsstadt Ostia, die sich mit dem Verfall Roms völlig entvölkert hat und dann langsam in Schutt versunken ist—infolgedessen sich auch in einem andern Erhaltungszustande wie

Stellen sind Zugänge zu der Straße vorgesehen: bei Bella Vista, Herculanium, Torre del Greco, Torre Aninuziale, Castellmare. Diese Zufahrstellen sind mit Häusern für die Straßenwärter besetzt, bei denen die Fahrerlaubnisse verkauft werden, zugleich befinden sich dort Tankstellen und Ölverkauf.

Die Befestigung der Straße besteht aus einem Unterbau aus grober Lava, auf die Feinschlag gewalzt ist. Dann kommt eine Betondecke im Querschnitt der Abb. 5, die mit einer 2 bis 3 mm starken Teerschicht besprengt ist; die Fahrbahn ist also in derselben Art ausgeführt wie auf den schon früher angelegten Straßen. Die

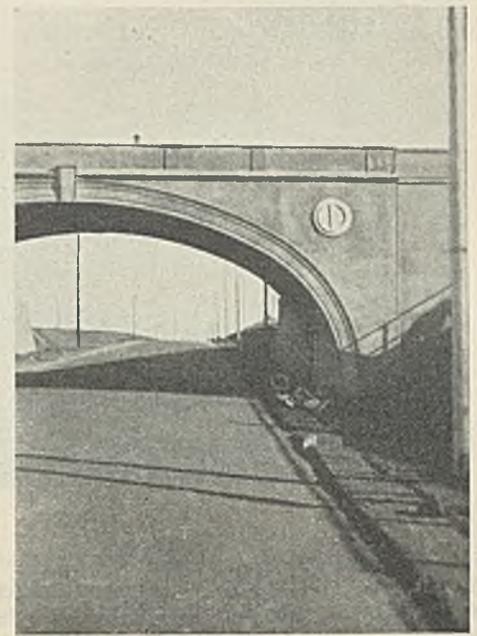


Abb. 3.

Pompeji befindet — und für die einheimische Bevölkerung das neue Seebad Ostia, im amerikanischen Stil angelegt, rechtfertigt zweifellos den Ausbau dieser Straße.

Neapel—Pompeji. Auch diese Straße als Ausfallstraße aus Neapel in Richtung auf Pompeji kommt dem Bedürfnis des gegenwärtigen Fremdenverkehrs entgegen, der den Kraftwagen bevorzugt, entweder im eigenen Wagen oder im Omnibus der zahlreichen Touristengesellschaften. Die Linienführung, veranschaulicht durch Abb. 4, zeigt das Bestreben einer möglichst gestreckten Führung. Das Gelände ist leichtwellig. Bodenerhebungen, die von ehemaligen Lavaströmen gebildet worden sind, werden durchschnitten, wenn sie mit flachen Steigungen nicht zu überwinden waren. Nach der in der „Hafraba“ vertretenen Anschauung, die auch in meinem Buch „Neuzeitlicher Straßenbau“ begründet ist, entspricht das nicht dem Wesen der Kraftverkehrsstraße, die mit Rücksicht auf die Steigungsfähigkeit des Kraftwagens unbedenklich in starken Steigungen angelegt werden kann. Unter Umständen sind damit Ersparnisse an Betriebsstoff verbunden. In langen Geraden eingeschaltete Bergstrecken, in denen geschaltet werden muß, erhalten zudem den Wagenlenker bei der Aufmerksamkeit. Die Straße beginnt südlich des Hauptbahnhofes von Neapel; sie endet an der Westseite von Pompeji an der Porta Marina, die vor 1900 Jahren von den Wogen des Golfs von Neapel bespült worden ist. Heute liegt das Tor etwa 2 km von der Küste entfernt. In diesem Umfange ist eine Anlandung im Lauf der Jahrhunderte eingetreten. Die Gesamtlänge der Straße beträgt 19 km, die Breite zwischen den Bordkanten 8 m, die stärkste Steigung 4,5 %, der geringste Halbmesser in Krümmungen 300 m, der größte 1100 m. Die Straße führt durch dichtbebautes, höchst fruchtbares Land, in dem zweimal im Jahre geerntet wird. Trotzdem durchschneidet sie ziemlich rücksichtslos die einzelnen Grundstücke. Die dichte Besiedlung hat viele Kunstbauten notwendig gemacht, und der Grunderwerb hat sich teurer gestellt als auf den anderen bisher in Italien angelegten Kraftverkehrsstraßen. 93 Bauwerke sind notwendig geworden, davon allein 50 Unter- und Überführungen. Der Bau solcher Straßen ist in Italien dadurch wesentlich vereinfacht, daß durch ein Sondergesetz die Enteignung durchgeführt wird, die den Rechtsweg bei der Festsetzung der Entschädigung ausschließt. Der Wert wird durch gemischte Schätzungskommissionen festgestellt. Bei den Mailänder Straßen ist im Durchschnitt nach mir gemachten Angaben 3 L f. 1 m<sup>2</sup> Land gezahlt worden, bei der Straße Neapel-Pompeji mit Rücksicht auf den höheren Wert des Landes 5 L (1 Lire = 0,22 RM).

Die Straße weist 12 Einschnitte auf, aus denen 412 000 m<sup>3</sup> Boden, davon 183 000 m<sup>3</sup> Felsboden abgefordert sind. An fünf

1 m breiten Bermen sind teilweise mit weißgestrichenen Betonschwellen eingefast. Der Beton ist mit einer Koehring-Mischmaschine E 21 mit Dampfbetrieb und mit dem Straßenfertiger hergestellt worden. Dehnungsfugen sind in 10 m Abstand angeordnet worden im Winkel von 60° zur Achse. Die Zufahrtrampe kurz vor Pompeji nach Castellmare ist 1 km lang. Der Anschluß an die Straße ist hochgelegt, um die Eisenbahnlinie nach Salerno schienenfrei kreuzen zu können. Statt eines Dammes ist diese Strecke zur Einschränkung des Grunderwerbes auf 260 m Länge auf 21 Betonbögen gelegt worden.

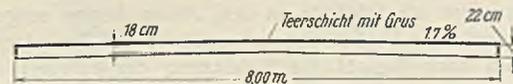


Abb. 5.

Die Fahrt auf dieser Kraftverkehrsstraße durch die entweder blühende oder schwer fruchttragende Landschaft, mit dem Blick auf den rauchwolken-spenden breit hingelagerten Vesuv ist höchst reizvoll. Sie bietet mehr als die Eisenbahnfahrt. Einige Ausschnitte aus dem Landschaftsbild geben Abb. 6 bis 9. Die Straße ist mit ziemlicher Rücksichtslosigkeit gegenüber den Eigentumsverhältnissen geführt. An einer Stelle schneidet sie ein schönes Anwesen in zwei Teile, die keinerlei Verbindung behalten haben. Das binnenwärts liegende Landhaus erhält seinen Zugang durch eine Unterführung unter der Straße.

Die Kosten der Straße werden zu 1 700 000 Lire angegeben, aus den schon erwähnten Gründen höher als bei den früheren Straßen. Der Gesamtaufwand von 35 200 000 Lire ist folgendermaßen aufgebracht worden. 15 000 000 Lire eingezahltes Aktienkapital. Einen Zuschuß des Staates von 900 000 Lire, der für 50 Jahre gegeben worden ist, hat eine Bank

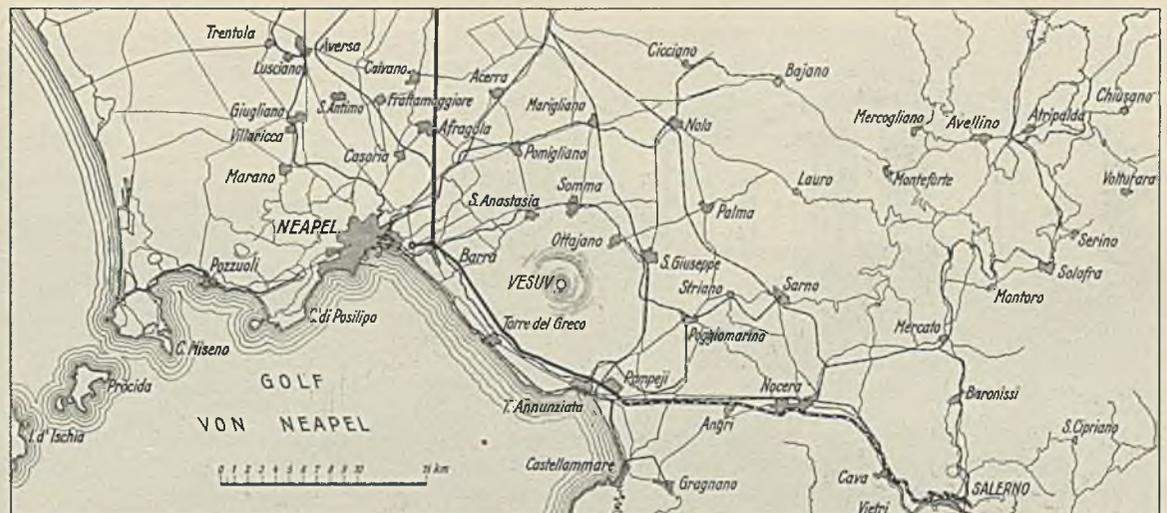


Abb. 4.

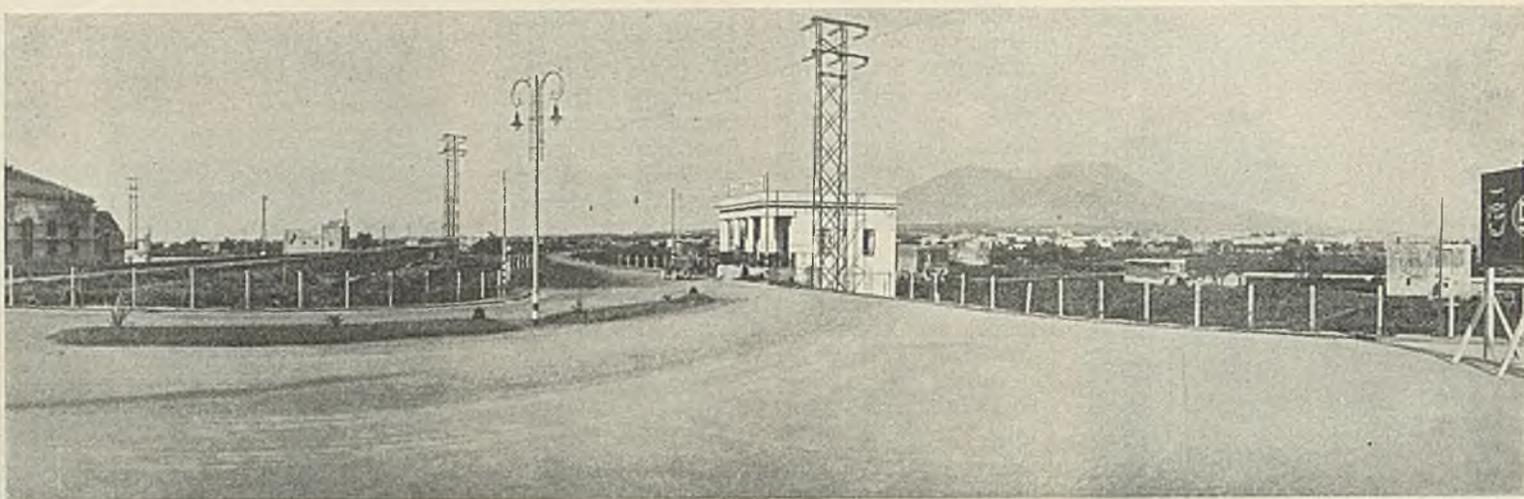


Abb. 6. Neapel—Pompeji. Einfahrt bei Neapel.

mit 12 500 000 Lire diskontiert, 7 000 000 Lire hat die Provinz Neapel und 700 000 Lire hat die Handelskammer Neapel beigesteuert. — Für die Benutzung der Straße werden nach der PS-Leistung der Wagenmotoren gestaffelte Gebühren erhoben. Die gegenwärtige tägliche Einnahme beträgt 6000 Lire, sie entspricht einem Verkehr von 350 bis 400 Wagen täglich.

Der Bau der Straße hat nur ein Jahr drei Monate gedauert. Er ist im Februar 1928 begonnen worden. Die Einweihung hat am 22. Juni 1929 stattgefunden. Alle Bauwerke sind in sechs Monaten fertiggestellt worden; der Unterbau ist im Oktober 1928 beendet gewesen. Bis 15. Januar 1929 hat die Anfuhr und Verteilung der Baustoffe längs der Strecke stattgefunden, dann ist mit einer 10tägigen Unterbrechung infolge Frostes der Oberbau ausgeführt worden. 3000 Mann haben bei dem Bau dieser Straße Arbeit gefunden. Die Fortführung der Straße nach Sorrent ist geplant, wird aber lange auf sich warten lassen.

Der Unternehmungsgestalt der Italiener, der durch den Bau solcher Straßen hinlänglich gekennzeichnet wird, erhält aber noch eine besondere Beleuchtung, wenn ich folgende in den letzten Jahren ausgeführte oder in Angriff genommene Verkehrsbauten anführe: der Bau einer Eisenbahnlinie von Rom nach Neapel zur Abkürzung der Fahrzeit über Formia durch die Campagna und Pontinischen Sümpfe mit zahlreichen Tunneln. Die Länge beträgt 210 km. Die Wegverkürzung bringt gegenüber der früheren Linie eine Zeitersparnis von  $2\frac{1}{2}$  Stunden. Die neue Linie verläuft von Puzzuoli bis zum Hauptbahnhof unter dem Posilipp und der Stadt Neapel als Untergrundbahn.

Eine neue Linie von Bologna nach Florenz ist im Bau. Sie erhält einen 19 km langen Tunnel durch den Apennin. Die höchste Erhebung liegt auf + 300 m über Meeresspiegel, während die jetzige die Höhe 600 m ersteigen muß, größte Steigung 12 ‰, kleinster Halbmesser 300 m. Der Fahrzeitgewinn wird rd. zwei Stunden betragen.

Fortsetzung der Kraftverkehrsstraße Mailand—Bergamo nach Brescia ist jetzt im Bau; die Straße soll bis Triest fortgeführt werden.

#### Frankreich.

Die Aussichten für Kraftverkehrsstraßen scheinen in Frankreich nicht sehr groß zu sein, wie aus dem Bericht vom 6. Nationalen Kongreß für öffentliche Arbeiten in Paris vom Dezember 1928 über die Straßenfrage zu entnehmen ist. Der Berichterstatter geht in seiner Stellungnahme zu

dieser Frage von dem Generalbericht zum 5. Internationalen Straßenkongreß in Mailand aus, in dem an erster Stelle festgestellt wird, daß Kraftverkehrsstraßen sich nur rechtfertigen lassen in der Nähe größerer Mittelpunkte, wo der Verkehr eine für seine Sicherheit und Wirtschaftlichkeit gefährliche Zusammenballung erleidet. Bei zu weitgehender Ableitung des Kraftwagens von gewöhnlichen Straßen würde der Kraftwagenverkehr seine Reize verlieren und seiner Eigenart und Vorteile als freizügigstes Verkehrsmittel verlustig gehen. Ein Standpunkt, der auch in Deutschland in weiten Kreisen geteilt wird. Der Ingenieur Kern-Morsand hat einen Entwurf für eine Kraftverkehrsstraße von Paris nach Deauville dem Verein für Zivilingenieure vorgelegt, der eine Verbindung mit landschaftlich reizvollen Punkten herstellt, bis zu den Badeorten führt und einen Schnellverkehr für leichtverderbliche Lebensmittel und Waren, die für die Versorgung von Paris notwendig sind, ermöglicht. Die Kosten bei einer Breite von 25 m werden zu 320 000 RM/km geschätzt. Da es sich um eine Strecke von 200 km handelt, würde ein erhebliches Kapital notwendig sein. Selbst wenn auf dieser Straße Abgaben erhoben werden, wird eine Wirtschaftlichkeit angezweifelt, obwohl die Straße durch acht Departements führt, in denen 300 000 Kraftwagen beheimatet sind. Man nimmt in Frankreich vielmehr an, daß alle Bedürfnisse befriedigt sein werden, wenn die Hauptdurchgangsstraßen für den Kraftverkehr ausgebaut sein werden.

Dieser Aufgabe widmet man sich in Frankreich, in dem für den Straßenbau seit Jahrhunderten stets Verständnis vorhanden gewesen ist, in tatkräftiger Weise. Zum Zwecke der Erprobung der neuen Straßenbauweisen unter dem Kraftwagenverkehr hat die Stadt Paris zusammen mit Staat und Heeresverwaltung eine Versuchstraße bei St. Vincennes hergestellt. Nach der Ansicht der französischen Straßenbauingenieure hat sich die Anlage einer solchen Versuchstraße als unentbehrlich erwiesen, um die Ergebnisse der Untersuchungen in den Straßenbauversuchsanstalten in der Wirklichkeit nachzuprüfen, zumal die zahlreichen Versuchstrecken auf den verschiedenen Straßen des Landes keine vergleichbaren Ergebnisse gezeitigt haben, weil die Bedingungen zu stark voneinander abweichen. Auf der neuen Versuchstraße bei St. Vincennes sollen die Versuche nunmehr systematisch und wissenschaftlich durchgeführt werden.

Die Form der Bahn und ihre Länge sind der Abb. 10 zu entnehmen. Die Breite in der geraden Strecke beträgt 10,5 m, davon entfallen auf die Fahr-



Abb. 7. Neapel—Pompeji. Einmündung der Straße von Herculaneum.

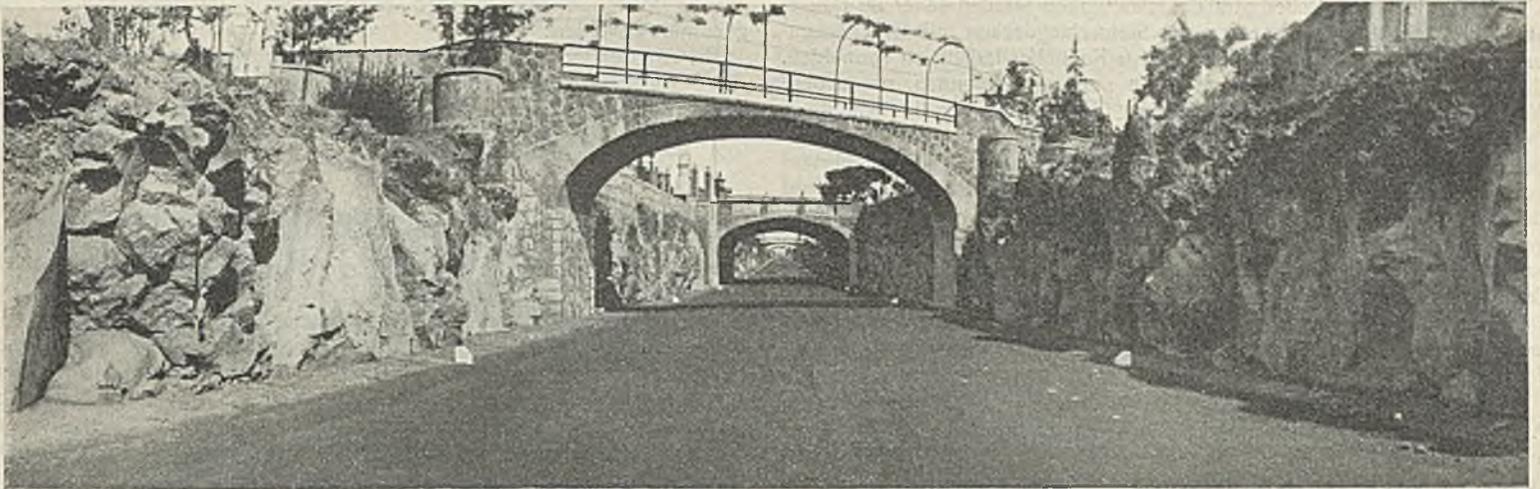


Abb. 8. Neapel—Pompeji. Tiefer Einschnitt.

bahn 6,50, auf die Gehbahnen je 2 m. In den scharfen Kurven verbreitert sich die Bahn auf 13,50 m mit 9,50 m Fahrbahnausmaß, in den flacheren Kurven auf 12,5 m Breite. Das Profil in den geraden Strecken ist parabelförmig angelegt mit  $\frac{1}{40}$  Pfeilhöhe, in den Kurven konkave Überhöhung mit parabolischem Übergangsbogen. Dieser beginnt mit einem unendlich großen Krümmungshalbmesser 10 m vor dem Tangentenansatzpunkt der Geraden bis zum Halbmesser der Krümmung 10 m hinter dem Tangentenpunkt derart, daß die Überhöhungsrampe allmählich mit dem Anwachsen des Krümmungshalbmessers zunimmt. Das Wasser wird in Rinnen nach Schächten abgeführt.

Der Unterbau besteht aus Bruchsteinpacklage aus Oise-Kalkstein von 20 cm Stärke. Auf diesen Unterbau sind die Versuchsdecken aufgebracht. Die erste Versuchsreihe, mit der im Juli 1928 begonnen worden ist, benutzt nur die westliche Hälfte — der schraffierte Teil der Abb. 10 —, dessen eine Strecke mit Sandsteinschotter aus den Brüchen von Marechaux, die der Stadt Paris gehören, die andere mit Quarzit aus dem Departement Orne beschottert ist. Diese Strecke hat eine Asphaltemulsion erhalten. Es ist also bemerkenswert, daß bei der französischen Versuchstraße wie bei derjenigen des Deutschen Straßenbauverbandes bei Braunschweig und Nürburgring von der Steinschlagdecke ausgegangen ist, deren Verhalten unter dem Kraftwagenverkehr zuerst untersucht werden soll. Die Quarzitstrecke hat auf je 40 m einen Oberflächenanstrich von Colas, Bitumuls, Asphalt liquide, T 1—1, Arcite, Sprayemulsion, Bitumin, Emulsion L. B. und Vialit erhalten. 40 m sind unbehandelt geblieben. Die Versuchsfahrten werden mit 4 Lastwagen von 7,5 t Gewicht ausgeführt, von denen zwei mit Luft, die beiden andern mit Vollgummireifen versehen sind. Die Wagen mit Luftreifen benutzen die eine Straßenhälfte, die mit Vollgummireifen die andere. Ergebnisse können noch nicht mitgeteilt werden. Immerhin ist es wertvoll zu sehen, daß man auch außerhalb Deutschlands auf den Weg verfällt, den der Deutsche Straßenbauverband schon im Jahre 1925 eingeschlagen hat. Ich hatte Gelegenheit, im Jahre 1927 in Paris denjenigen Ingenieur beim Seine-Departement zu sprechen, der die Arbeiten für die Versuchstraße vorbereitet hat und auch darüber in dem von mir angezogenen Vortrag berichtet. Er hatte keine Kenntnis von der Versuchstraße in Braunschweig, so daß anzunehmen ist, daß die Anlage in Paris unabhängig und unbeeinflusst von dem deutschen Vorbild entstanden und betrieben

wird; ein Beweis vielleicht, daß der Deutsche Straßenbauverband mit seiner Versuchstraße, deren Bedeutung für die Erkenntnisse über den Einfluß des Kraftwagens mit verschiedener Bereifung auf die üblichen Deckenbefestigungen mit Unrecht gelegentlich angezweifelt ist, auf dem rechten Wege gewesen ist.

Der französische Kongreß hat für die Ausgestaltung des französischen Straßennetzes die folgenden Leitsätze angenommen:

Die Straßenverwaltungen sollen unter Beachtung der technischen und finanziellen Gesichtspunkte genaue Unterlagen aufstellen, welche Strecken als geschützte Steinschlagdecken, und welche mit Decken größerer Widerstandskraft ausgebildet werden müssen. Diese sollen nur auf solchen Strecken angewendet werden, wo sie unbedingt notwendig sind mit

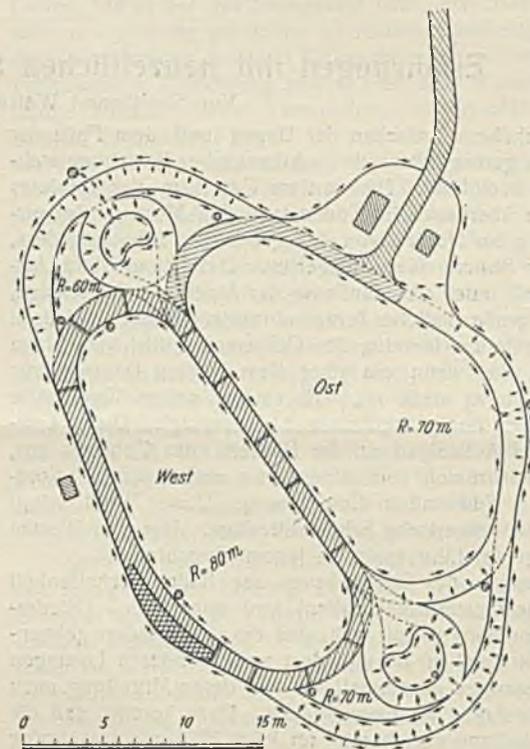


Abb. 10.

Rücksicht auf die Art des Verkehrs, um die dauernden Instandsetzungsarbeiten und die damit bedingten Verkehrsbehinderungen zu vermeiden.



Abb. 9. Neapel—Pompeji. Unterführung der Vesuvbahn.

Auch die französischen Straßenverwaltungen werden daher ihr Hauptaugenmerk auf die Verbesserung der Steinschlagdecken mit Oberflächenbehandlung richten, und um eine unnötige Kapitalfestlegung zu vermeiden, die schweren und kostspieligen Decken nur dort anwenden, wo andere Maßnahmen unwirtschaftlich sein würden. Es ist daher verständlich, wenn der genannte Bericht ausführlich auf die Erfolge mit Asphalt- und Teerbehandlungen einght. Als Vorteil der Oberflächenbehandlung wird hervorgehoben, daß Teer wegen seiner Leichtflüssigkeit besser eindringt, während der Vorteil der Asphalt-Emulsionen darin beruht, daß sie jederzeit aufgebracht werden können und der Verkehr sofort darüber gelassen werden kann. Bei Vorhandensein zahlreicher über das ganze Land verteilter Erzeugungstätten zur Vermeidung kostspieliger Transporte und bei Verwendung von Maschinen zur Ausbreitung ist eine wirtschaftliche Verwendung mit großen Leistungen bei den Emulsionen gegeben. Die Erfolge sind bemerkenswert.

Die Betonstraße hat in Frankreich nur langsame Fortschritte gemacht. Am Ende des Jahres 1928 wird die gesamte Fläche zu 500 000 m<sup>2</sup> angegeben. Bei Bry-sur-Marne ist im Jahre 1924 eine Versuchstraße in Beton von 1106 m Länge angelegt worden, die ich im Jahre 1927 auch besichtigt habe. Damals betrug der tägliche Verkehr auf ihr etwa 1000 t.<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Etablissement de la route laboratoire de Bry-sur-Marne, Le Ciment 1925, S. 314, s. a. Neumann, Die Betonstraße 1927, Heft 9.

Alle Rechte vorbehalten.

## Erfahrungen mit neuzeitlichen Straßenbauweisen in Südbayern.

Von Stadtbaurat Walter Haußmann, München.

Die bayerische Hochebene zwischen der Donau und dem Fuße der bayerischen Berge ist in geologischer wie in klimatischer Beziehung weitgehend von den Alpen beeinflusst. Die tertiäre Unterlage des Gebietes ist in wechselnder Tiefe überdeckt im Süden von den Moränen der eiszeitlichen Alpengletscher, im Norden von den gewaltigen Schotterfeldern, die die Abflüsse dieser Ströme hier anlagerten. Das Klima steht insbesondere im Süden stark unter dem Einflusse der Alpen, die Höhenlage, bis über 700 m, bringt große tägliche Temperaturunterschiede, und dazu tritt als bemerkenswerteste Erscheinung des Gebietes nördlich der Alpen der Föhnwind. Er tritt ein, wenn ein über dem Westen Deutschlands stehendes Tiefdruckgebiet so stark ist, daß es auf seiner Vorderseite südliche Luftmassen über den Alpenkamm herübersaugt. Diese Luftmassen regnen sich beim Aufsteigen an der Südseite des Gebirges aus, sie erhitzen sich beim Abströmen vom Alpenkamm und treten am Nordfuß als warmer, trockener Südwind in Erscheinung. Dieser Wind bringt eine allerdings nur kurze, trügerische Schönwetterlage. Das von Westen vordringende Tiefdruckgebiet führt meist zu jähem Umschlag.

Die engen Beziehungen des Straßenbaues zur Bodenbeschaffenheit (Untergrund, vorhandene Gesteinsmaterialien) und zum Klima (Niederschläge, Temperaturen) bringen es mit sich, daß ein so besonders gekennzeichnetes Gebiet im Straßenbau da und dort zu besonderen Lösungen führt und daß hier Erfahrungen gesammelt werden, deren Mitteilung auch weiteren Kreisen manche Anregung bieten dürfte. Dazu kommt, daß die bayerische Staatsbauverwaltung sich bereits im Jahre 1925 zur Ausführung eines großzügigen Versuches mit einer Reihe neuzeitlicher Bauweisen entschloß, und dieser Versuchsstrecke auf der Straße München—Tegernsee folgten in den nächsten Jahren noch verschiedene kleinere Versuchsstrecken. Auch die Stadt München führte gleichzeitig Versuche mit neuzeitlichen Straßendecken aus. Es sind also heute in Bayern schon große Strecken in neuzeitlicher Bauweise vorhanden, deren mehrjähriger Bestand allmählich erlaubt, ein Urteil über die Bewährung der einzelnen Bauarten zu fällen.

Als im Jahre 1925 die Verhältnisse auf unseren Straßen derartige Formen angenommen hatten, daß rascheste Hilfe nottat, wollte man nicht das gesamte Straßennetz der Auflösung anheimfallen lassen, da war es schon aus rein praktischen Gründen einfach unmöglich, überall schwere neuzeitliche Decken auszuführen. Dagegen bot sich in der Oberflächenbehandlung der vorhandenen wassergebundenen Makadamfahrbahnen ein Mittel dar, um wenigstens die bestehenden Decken, soweit sie noch einigermaßen erhalten waren, vor der Zerstörung zu schützen. Darüber hinaus versprach die Neuaufwalzung von Decken und die sofortige Teerung eine rasche Instandsetzung der zerstörten Teile des Straßennetzes, und dieses Verfahren hatte dazu noch den großen Vorteil, daß es ohne große Maschinenanlagen und ohne geschultes Personal ausgeführt werden konnte. Die bayerische Staatsbauverwaltung wie das Tiefbauamt der Stadt München widmete deshalb der Walzschotterdecke mit Oberflächenbehandlung von vornherein ihr besonderes Augenmerk, und beide Verwaltungen haben dieses Verfahren als selbständige Bauart in die Reihe der neuzeitlichen Bauweisen aufgenommen<sup>1)</sup>. Die in die Oberflächenbehandlung gesetzten

Es sollten Untersuchungen über folgende Einflüsse auf ihr vorgenommen werden:

- Art des Gesteins — harter Porphyr und weicher Kalkstein.
- Anwesenheit von Chlornatrium im Anmachwasser des Betons.
- Vorgehen beim Ausbreiten mit und ohne Straßenfertiger, Preßluftstämpfung, Walzung.
- Trockener und feuchter Beton.
- Art der Fugen.

Die Deckenstärke beträgt 15 cm.

Im Jahre 1927 befand sich die Straße in gutem Zustande. Als gegenwärtiger Stand wird berichtet, daß an den Arbeitsfugen sich Risse gebildet haben, daß die Strecken, die mit nassem Beton hergestellt sind, sich besser gehalten haben, als die mit trockenem; in diesem haben sich flache Vertiefungen gebildet. Auch die aus der Decke ausgebohrten zylindrischen Versuchskörper, die auf Druck untersucht worden sind (Neumann, Neuzeitlicher Straßenbau S. 252), haben ergeben, daß im plastischen Beton eine bessere Verteilung der Massen ist als im trockenem. Es scheint, daß 2 cm breite, mit Asphalt getränkte Filzplatten, die man in die Dehnungsfugen gelegt hat, nicht genügend stark gewesen sind, und daß eine stärkere Ausfüllung die Kanten der benachbarten Deckenstücke besser geschützt hätte. Beim Befahren zeigt sich eine gewisse Unregelmäßigkeit, die den Wagen in leichte Schwingungen versetzt.

Diese Feststellungen decken sich fast in allen Punkten wohl mit denen, die man auch an anderen Stellen mit Betonstraßen gemacht hat.

Erwartungen haben sich in vollem Umfange erfüllt, ja es hat sich gezeigt, daß Schotterdecken mit Oberflächenbehandlung Verkehrsbelastungen bis zu 3000 t/Tag aufnehmen können, also weit größere, als man ursprünglich annahm.

Die Erzielung einwandfreier Decken auf dem Wege der Oberflächenbehandlung ist durch das Klima des Alpenvorlandes mit seinen schroffen Temperaturschwankungen (Föhn) und mit seinem häufigen Wechsel von Tauwetter und Frost im Winter durchaus nicht einfach. Für die richtige Sättigung der Decke mit Teer besteht nur ein kleiner Spielraum. Wird Teer und Bitumen zu reichlich aufgebracht, so wird die Decke an heißen Sommertagen weich und neigt zur Wellenbildung; erhält die Decke zu wenig Teer, so besteht die Gefahr, daß im Winter die Decke auffriert. In milderem Klima, wo der Winter wenig oder gar keine Nachfröste bringt, kommt man mit viel weniger Teer aus und ist dann vor Wellenbildung ganz sicher.

Die Frage war also die: Wie kann eine Oberflächendecke erzielt werden, die dicht genug ist, daß keinerlei Wasser durch etwaige Ritzen eindringen kann, und die dennoch nicht zur Wellenbildung neigt? Sie wurde auf zwei Wegen gelöst. Der eine war, daß man bei den Nachteerungen zu immer größeren Körnungen des Splittes griff. Dadurch erzielte man, daß dem Zermahlen des Splittes auf Staubfeinheit ein Riegel vorgeschoben wurde. Die Wellenbildung tritt nämlich am leichtesten dann ein, wenn der Splitt vom Verkehr zu ganz kleinen Splitterchen zerdrückt wird, die dann zusammen mit dem Teer bzw. Bitumen eine teigige Masse bilden. Überhaupt ist es eine wesentliche Eigenschaft der größeren Splittkörnung, daß ihre spezifische Oberfläche kleiner ist als die einer feineren Körnung. Man braucht also mehr Splitt, um die Decke zur Absättigung zu bringen, und erhält so eine mineralreichere Decke als mit kleinem Korn. Und eine Decke wiederum neigt um so weniger zur Erweichung, je mineralreicher sie ist. Auf diese Weise kann man im ersten Jahr einen Teppich von zwei Teerungen auf die Straße legen, ohne daß man Gefahr läuft, Wellen zu bekommen. Man wird der ersten Behandlung ein Splittkorn von etwa 6 bis 12 mm, der zweiten von etwa 10 bis 20 mm geben.

Die zweite Art ist das vom Tiefbauamt der Stadt München ausgebildete Verfahren. Es besteht darin, daß man die Decke nicht vollkommen mit Sand schließt, sondern in ähnlicher Weise, wie das Bürgermeister Büchner in Mannheim empfiehlt, die Steine noch etwa 1 cm herauschauen läßt. Dann walzt man in den noch feuchten Sand Geschläge in der Korngröße von etwa 15/25 mm ein. Auf diese Weise werden die Zwischenräume zwischen den großen Steinen der Walz-



Abb. 1.

<sup>1)</sup> Denkschrift des bayer. Staatsministeriums des Innern vom Jahre 1926.

decke ausgezwickelt, und man erhält ein Gefüge, das einem verkleinerten Grundbau ähnelt (Abb. 1). Wird auf eine so vorbereitete Walzdecke eine Oberflächenbehandlung aufgebracht, so ist einmal von vornherein eine vollkommene Verzahnung beider Schichten gewährleistet; sodann hat die Walzdecke in ihrem oberen Teil genügend Hohlräume, um an heißen Tagen das in der Oberfläche etwa weichwerdende Bitumen aufnehmen zu können. Abb. 2 stellt einen Schnitt aus einer derartigen Decke dar. Sie



Abb. 2.

erhielt bei der ersten Behandlung 2,3 kg/m<sup>2</sup> Wetterteer, bei der zweiten 1,0 kg/m<sup>2</sup> Teer mit 15% Bitumen. Als Gegensatz hierzu zeigt Abb. 3 einen Schnitt durch eine Welle, die sich in einer auf Kleinpflaster liegenden doppelten Oberflächenbehandlung gebildet hat. Man sieht deutlich die Anreicherung mit Bitumen im linken Teil der Welle.



Abb. 3.

Was die Frage des bituminösen Bindemittels betrifft, so dürfte der Kampf zwischen Teer- und Petroleumbitumen einerseits und zwischen unverdünntem Bindemittel und Emulsion andererseits, der auch hier einige Jahre die Gemüter erhitzte, ungefähr zu folgendem Ergebnis geführt haben: Als Hauptbaustoff kommt für erste Behandlungen in erster Linie reiner Teer, unter Umständen der sog. Wetterteer, in Betracht; für Nachbehandlungen Gemische von Teer mit 15 bis 20% Petroleumbitumen oder Trinidadasphalt. Reines Petroleumbitumen wäre bei seiner chemischen Trägheit an und für sich sehr vorteilhaft, besonders für feuchte Strecken, seine Neigung zum Kleben an den Eisenrädern der Pferdefuhrwerke, sowie zur Wellenbildung und zum Glatwerden haben aber eine ausgedehntere Verwendung nicht aufkommen lassen. Die Emulsionen haben sich als Aushilfsmittel in einer Reihe von Sonderfällen bewährt, so für Flickarbeiten im Frühjahr und Herbst und für erstmalige Behandlungen bei zweifelhafter Witterung. Hier werden sie insbesondere bei den oben beschriebenen offen gehaltenen Decken der Stadt München verwendet, um bei feuchtem Wetter die Zeit abzukürzen, während deren die Straße gesperrt bleiben muß. Bei dieser Bauweise muß nämlich die Decke bis zum Aufbringen der erstmaligen Behandlung gesperrt bleiben. Im übrigen gehen die Erfahrungen mit Emulsionen dahin, daß es unbedingt nötig ist, vor dem ersten Winter mehrere nicht zu dünne Überzüge aufzubringen; denn man darf nicht vergessen, daß in jedem kg Emulsion nur ein halbes kg Bitumen steckt, und daß die klimatischen Verhältnisse in Südbayern unter allen Umständen einen geschlossenen Überzug verlangen, und ein solcher erfordert mindestens 2 kg/m<sup>2</sup> Bitumen, also 4 kg Emulsion. Da der Preis der Emulsionen mehr als 1½ mal so hoch ist wie der des Teeres und des reinen Petroleumbitumens, so stellen sich die Kosten des Bindemittels auf mindestens das Dreifache wie bei nicht emulgierten Bindemitteln.

Zu wichtigen Erfahrungen hat in Südbayern die Frage des Schottermaterials geführt. Wie schon erwähnt, stehen auf der bayerischen Hochebene Gesteine nirgends an, man ist für den Schotterbezug also auf benachbarte Gebiete angewiesen, oder man muß den allenthalben vorhandenen Rundkies verwenden. Die nächsten Basaltvorkommen sind im nördlichen Teile Bayerns, im Fichtelgebirge und in der Rhön. Basalt ist also auch bei günstigen Preisen ab Werk doch infolge der hohen Frachten außerordentlich teuer. Günstiger liegen die Verhältnisse schon beim Granit des bayerischen Waldes und noch wesentlich günstiger beim Kalkschotter aus den bayerischen Alpen und beim Schotter, der aus dem Geröll der Alpenflüsse gebrochen wird. Noch billiger kommt die Verwendung des Rundkieses, der zu diesem Zweck auf die Korngrößen 30 bis 60 mm ausgeworfen wird. In der nebenstehenden Tafel sind die Preise für 1 t bzw. 1 m<sup>3</sup> und für das Material zu einer 8 cm starken Decke (Schüttung 10 cm) bei den verschiedenen Materialien für Frachtlage München entwickelt.

Bei Orten südlich von München verschiebt sich das Verhältnis noch mehr zugunsten des Kalkschotters. Es lag deshalb nahe, den Versuch zu machen, wie sich Kalkschotter und Kies unter dem Schutze einer Oberflächenbehandlung verhalten würden. Bisher hatte man auf wichtigen

Gesteinsart	Preis	Fracht	Belfuhr	Zu-	Spez.	Preis	Preis einer
	je t	Je t	Je t	sammen	Gewicht	Je m <sup>3</sup>	Schüttung
	RM	RM	RM	RM	t/m <sup>3</sup>	RM	von 10 cm
							RM
Basalt . . . . .	4,75	6,85	2,50	14,10	1,66	23,5	2,35
Granit . . . . .	4,00	5,40	2,50	11,90	1,47	17,75	1,75
Kalkschotter . . . . .	3,90	3,10	2,50	9,50	1,50	14,3	1,43
Lechkiesschotter . . . . .	3,70	2,40	2,50	8,60	1,53	13,2	1,32
Rundkies gereinigt . . . . .						6,0	0,60

Straßen in erster Linie Basaltschotter verwendet, da sich Kalkgeschläge, das nur die Hälfte an Druckfestigkeit besitzt, unter den eisenbereiften Rädern des Pferdeverkehrs rasch zu Staub zermahlen hatte. Auch jetzt griff man nur der Not gehorchend zu diesen als minderwertig angesehenen Materialien, man erlebte jedoch eine angenehme Überraschung. Schotterdecken aus gutem Kalkgeschläge und gequetschtem Flußkies erwiesen sich nämlich unter dem Schutze der Oberflächenbehandlung als ebenso dauerhaft wie die teuren Basaltdecken. Auch Rundkiesdecken haben sich da und dort unter schwerem Verkehr außerordentlich gut gehalten. Dagegen sind sowohl Basalt- wie Kalkschotterdecken ebenso wie Kiesdecken bald in schlechten Zustand geraten, wenn die Oberflächenbehandlung durch irgendwelche Umstände mißglückte. Es scheint demnach, daß unter dem Schutze der Oberflächenbehandlung der Druck der einzelnen Lasten, bis er auf das Steingerüst trifft, sich bereits derartig verteilt hat, daß zur Aufnahme gar keine so hohen Druckfestigkeiten mehr nötig sind. Auch die Neigung mancher Kalkgesteine zur Verwitterung wird durch die vollkommene Abdichtung gegen Luft und Wasser unschädlich gemacht. Einige Vorsicht ist bei Verwendung von Rundkies geboten. Er enthält nämlich in manchen Lagen so viel Lehm, daß sich die Oberfläche oft nur sehr schwer soweit reinigen läßt, daß eine gute Haftung der Bitumen- decke sichergestellt ist. Auch enthält Rundkies, wie er in den eiszeitlichen Ablagerungen vorkommt, manchmal so weiche Steine, daß sie auch unter der Oberdecke zerdrückt werden und zu einzelnen Löchern Veranlassung geben. Das oben beschriebene Verfahren der Stadt München läßt sich mit Rundkies nicht durchführen. Vorzügliche Dienste aber leistet Rundkies als Auffüllmaterial für die Unterdecken. Während man früher, wo die Schotterdecke selbst den Verschleiß aufnehmen mußte, Schüttungen bis zu 20 cm aufbrachte, begnügt man sich heute bei Straßenregulierungen mit einer Schotterdecke von 8 bis 10 cm geschütteter Stärke, weil man eingesehen hat, daß es vollkommen genügt, wenn die Verschleißdecke eine Unterlage hat, mit der sie sich sicher verbinden kann und die sie vor dem Durchgedrücktwerden schützt. Weiter unten, wo der Druck der Lasten sich schon stärker verteilt hat, und wo es auf die Reinheit des Materials weniger mehr ankommt, genügt Rundkies vollauf.

Auch als Splittmaterial zur Abdeckung der bituminösen Behandlung hat Kalkgeschläge Eingang gefunden. Neben seinem billigen Preis hat es sogar noch einige Vorteile in der Verwendung, insbesondere bei erstmaligen Behandlungen. Gegenüber dem häufig plattigen Basaltsplitt, der dann zu kleinen Teilen zerdrückt wird, hat Kalksplitt meist ein ausgesprochen kubisches Gefüge; sodann verbeißen sich infolge ihrer geringeren Sprödigkeit die einzelnen Körner besser gegenseitig und führen rascher zu einer geschlossenen Decke; dann scheint es, daß Kalksplitt dank seines größeren Porenreichtums in stande ist, das Bitumen in sich aufzunehmen, und daß er so viel leichter eine innige Verbindung mit dem umgebenden Bitumen eingeht. Wird später auf diese verhältnismäßig weiche Kalkbitumen- decke eine Oberflächenbehandlung mit Grobsplitt gelegt, so findet der grobe Splitt eine verhältnismäßig weiche Unterlage, in die er sich leicht eindrücken kann.

Wir haben bei den Oberflächenbehandlungen etwas länger verweilt, einmal weil sie in Südbayern auf Jahre hinaus noch die weltäus über- ragende Rolle spielen werden, sodann weil die bei ihnen vorgebrachten Gesichtspunkte auch bei den schwereren Teer- und Asphalt-Bauweisen Geltung haben.

Wie oben ausführlich besprochen, hat sich die Walzdecke mit Oberflächenbehandlung für den Normalfall, insbesondere für Landstraßen vor- züglich bewährt.

Die schwereren Bauweisen kommen deshalb neben dem städtischen Straßenbau nur für Sonderfälle in Betracht, dann nämlich, wenn mit einer ganz besonderen Steigerung des Verkehrs zu rechnen ist, wie bei den Ausfallstraßen der großen Städte, oder, wo die Untergrundverhältnisse, oder die sonstige Lage besondere Maßnahmen erfordern, oder wo die wiederholten Nachbehandlungen, die bei Straßen mit nur dünnem Ober- flächenschutz in Zwischenräumen von einem oder mehreren Jahren not- wendig sind, nicht gewünscht werden.

Für die Bewahrung der schweren Decken in Bayern bieten neben den langjährigen Erfahrungen der Stadt München im Asphalt- und Pflaster- straßenbau vor allem die im Jahre 1925 erbaute Versuchstrecke zwischen km 8,28 u. 27,5 auf der Staatsstraße München—Tegernsee, sowie die

verschiedenen anderen kleineren Versuchstrecken, die die bayerische Staatsbauverwaltung in den folgenden Jahren in der Nähe von München anlegte, gute Anhaltspunkte. Über die bauliche Ausführung der Versuchstrecke auf der Staatsstraße München—Tegernsee hat Herr Ministerialrat Vilbig in der „Bautechn.“ 1926, Heft 18, S. 261 ausführlich berichtet; über die Erfahrungen mit den Versuchstrecken der bayerischen Staatsbauverwaltung findet sich ein eingehender Aufsatz von Oberregierungsbaurat Kistenfeger im Jahrbuch für Straßenbau 1929. Es sollen deshalb an dieser Stelle nur die wichtigsten Gesichtspunkte vorgetragen werden.

Unter den schweren Bauweisen sind die Asphalt- und Teermakadamdecken aus der oben besprochenen wassergebundenen Schotterdecke hervorgegangen, indem der mit Wasser eingeschlammte Sand durch ein bituminöses Bindemittel ersetzt wurde. Je nachdem Asphalt oder Teer als Bindemittel verwendet wird, je nachdem die Decken geschlossen oder als offenes Gefüge mit aufgelogter Verschleißschicht ausgeführt werden, je nachdem nach dem Misch- oder Tränkverfahren, im Kalt- oder Warmeinbau gearbeitet wird, haben sich bei diesen Decken eine Reihe von Systemen mit besonderen Bezeichnungen gebildet, die für den Nichtfachmann schwer auseinander zu halten sind. Praktische Bedeutung haben vor allem erlangt die nach dem Mischverfahren eingebauten Teer- und Asphaltmakadamdecken sowie die Walzasphaltdecken, das sind Decken mit ganz feinem Steingerüst, die ihrer Struktur nach vollkommen geschlossen sind, keine besondere Abdichtung der Oberfläche benötigen und äußerlich den städtischen Stampfasphaltstraßen ähnlich sehen.

Die größte Bedeutung haben in Bayern die Asphalt- und Teermakadamdecken gewonnen. Schon auf der Versuchstrecke von 1925 wurden 7,5 km dieser Decken eingebaut, und zwar 2,5 km verschiedene Teerbauweisen und 5 km Asphaltmakadam. Die Bewährung dieser Decken kann als durchweg gut angesprochen werden. Eine der Teermakadamdecken hat die Eigenschaft, daß sie bei heißem Wetter stark erweicht, so daß eisenbereifte Fahrzeuge dann leichte Eindrücke hinterlassen. In diesem Zustande bietet die Decke den Pferdegespannen einen ziemlich starken Widerstand, so daß sie dann nicht voll laden können. Bei den mit Asphalt gebundenen Decken tritt diese Erscheinung weniger auf, ebenso bei der Teermakadamdecke zwischen km 13,5 und 14,0, deren Steingerüst aus gebrochener Hochofenschlacke besteht. Offenbar ist die Hochofenschlacke so reich an Hohlräumen, daß der durch die Sommerhitze flüssig gewordene Teer dort Platz findet. Dem Bindematerial der Strecke zwischen km 15,0 und 16,0 ist etwas Petroleumbitumen zugesetzt, die Erweichung tritt deshalb bei ihr auch nicht so stark in Erscheinung. Die mit Teer gebundenen Decken sind durchweg in mehreren Schichten ausgeführt in der Art, daß die größten Schichten unten eingebracht werden und jeweils die nächst feinere Schicht in die vorhergehende eingewalzt wird, so daß sie sich in die Zwischenräume der unteren Schicht einklemmt. Im Gegensatz dazu baut man die Asphaltmakadamdecken gewöhnlich in einer Schicht ein. Diese setzt man den Korngrößen nach so zusammen, daß die Hohlräume möglichst gering werden. Wollte man nämlich bei Teerdecken die verschiedenen Korngrößen untereinander mischen, so würde bei der Dünnschichtigkeit des erwärmten Teeres während des Transportes und des Einbaues eine Entmischung eintreten. Es würden die größeren Steinstücke nach unten durchfallen, und der flüssige Teer und die kleineren mineralischen Bestandteile würden oben schwimmen.

Die Decken zwischen km 13,5 und 15,0 wurden im Kalteinbauverfahren ausgeführt, d. h. das Material wurde in einer entfernt gelegenen Mischanlage aufbereitet, gelagert und erst später je nach Bedarf auf die Baustelle angefahren. Die Decke km 15,0 und 16,0 sowie die sämtlichen Asphaltstrecken wurden heiß eingebaut. Das Material wurde hier erst auf der Baustelle in eigens für diesen Zweck aufgebauten Mischanlagen mit Teer bzw. Asphaltbitumen umhüllt, es gelangte unmittelbar von der Maschine mit etwa 150° C zum Einbau. Ein grundsätzlicher Unterschied zwischen den heiß und kalt eingebauten Decken in der Bewährung hat sich bis jetzt nicht ergeben. In der Praxis hat sich in der Folge der Heißeinbau mehr durchgesetzt, und zwar aus zwei Gründen:

1. Es handelt sich bei Teermakadambaustellen meist um größere Arbeiten, und hier ist der Aufbau einer fahrbaren Mischanlage an der Arbeitsstelle billiger als die fabrikmäßige Herstellung, die durch das wiederholte Aus- und Einladen des Materials zu hoch belastet wird.

2. Um die Decken steifer zu machen und den Teer gegen Versprödung zu schützen, setzt man jetzt durchweg Petroleum- oder Trinidadasphalt zu. Asphalt wird beim Erkalten rasch steif und bindet dann beim Einbau nicht mehr genügend. Durch den Asphaltzusatz wird also der Kalteinbau ausgeschlossen.

Während die Teer- und Asphaltdecken auf der Versuchstrecke Stärken von 70 bis 90 mm aufweisen, ist man bei späteren Ausführungen auf geringere Stärken heruntergegangen, und zwar hat die bayerische Staatsbauverwaltung unter der Bezeichnung „Teerasphaltmakadam“ ein Verfahren eingeführt, bei dem im Heißverfahren auf eine 3,5 cm starke Unterdecke mit Gesteinskorn 10/25 eine 2 cm starke Verschleißschicht von 0 bis 10 mm Korngröße aufgebracht wird, die schließlich noch einen Oberflächenüberzug erhält. Wie schon oben erwähnt, ist man dazu übergegangen, Mischungen

von Teer und Asphaltbitumen als Bindemittel zu verwenden, und zwar werden dem Teer 40 bis 50 %, bei heißem Wetter sogar 70 % Mxphalt beigegeben.

Schon bei der Versuchstrecke auf der Tegernseerlandstraße wurde neben den Hartgesteinen Basalt und Granit probeweise auch Rund- und Quetschkies als Zuschlagstoff verwendet. Die damit ausgeführten Versuchstrecken weisen bis heute gegenüber den Hartsteinstrecken keinerlei besondere Schäden auf. Damit ist also entgegen den von maßgebenden Firmen seinerzeit erhobenen Vorstellungen der Beweis erbracht, daß auch zur Herstellung von Teer- und Asphaltmakadamdecken die heimischen Materialien verwendet werden können.

Die allgemein günstigen Erfahrungen, die man mit Teer-, Asphalt- und Teerasphaltmakadamdecken gemacht hat, lassen sie als Regelausführung für alle die Fälle angezeigt erscheinen, wo man glaubt, mit der Schotterdecke mit Oberflächenbehandlung nicht mehr auskommen zu können. Diese bitumengebundenen Makadamdecken haben mit den wassergebundenen Makadamdecken mit Oberflächenbehandlung den Vorteil gemeinsam, daß durch Wiederholung des Oberflächenüberzuges die Substanz der Decke dauernd erhalten werden kann. Andererseits bildet die Notwendigkeit einer Oberflächenbehandlung auch einen gewissen Nachteil der bituminös gebundenen Makadamdecken; stellt sie doch diese Decken bis zu einem gewissen Grade auf eine Stufe mit den wassergebundenen Decken. Hier wie dort ist ja nach den hierzulande gemachten Erfahrungen die Oberflächenbehandlung mehr oder weniger das Schicksal des ganzen Belages. Wird sie durch irgendwelche Umstände stark beschädigt oder wird sie vernachlässigt, so gerät hier wie dort die ganze Decke in Gefahr. Die Schlaglochbildung setzt nämlich dort, wo die Oberflächenbehandlung verletzt ist, bei den bitumengebundenen Unterlagen fast genau in gleicher Weise ein wie bei den wassergebundenen Decken. Ein typisches Beispiel hierfür konnte man an der Teermakadamdecke zwischen km 13,5 und 14,0 der Versuchstrecke beobachten. Diese Decke hatte den ersten Winter mit einer Abdeckung aus geteertem Schlackengrus gut überstanden, sie wurde jedoch im folgenden Frühjahr sogleich außerordentlich rauh. Die programmäßig vorgesehene nachträgliche Oberflächentzerung verzögerte sich aus hier nicht zu erörternden Gründen um einige Wochen, und diese kurze Zeit genügte, um bereits eine beginnende Schlaglochbildung zu bewirken. Die Oberflächenbehandlung folgte dann und kam gerade noch recht, um ernstliche Schäden zu verhindern. Diese Empfindlichkeit gegen Verletzungen des Oberflächenabschlusses muß auch als Bedenken gegen allzu dünne bituminöse Decken ins Feld geführt werden. An und für sich sind die niedrigen Gesteinskosten dieser Decken ja sehr verlockend. Sie überschreiten die einer wassergebundenen Schotterdecke mit doppelter Oberflächenbehandlung nur um ein geringes. Wenn jedoch einmal infolge irgendwelcher Umstände die obere Abschlußdecke stärkere Beschädigungen erlitten hat, so bietet eine 8 bis 10 cm starke wassergebundene Decke vermöge ihres kräftigeren Steingerüsts (40/60 mm) immer noch einen größeren Widerstand als eine dünne Teerasphaltmakadamdecke mit einem Steingerüst von nur 10/25 mm.



Abb. 4.

Die geschlossenen bituminös gebundenen Decken wurden auf der Versuchstrecke ebenfalls ausgeführt, und zwar km 21,0 bis 21,5 eine Sandasphaltdecke von 4 cm Stärke auf einer 4 cm starken Steinschlagasphaltunterlage, km 21,5 bis 22,0 und 22,5 bis 23,0 Topekadecken von 3,5 cm Stärke auf 4 cm starker Steinschlagasphaltunterlage, ebenso km 21,5 bis 22,0 und km 23,0 bis 23,5 Topekadecken ohne Unterlage. Sandasphalt ist ein Gemisch von Sanden, die nach dem Hohlraumminimum zusammengesetzt und mit Bitumen eingehüllt sind. Topeka oder Splittasphalt ist ein Sandasphalt mit Zusatz von größerem Splittkorn (etwa bis 15 mm). Diese Decken haben den Vorzug, daß sie keiner wiederholten bituminösen Behandlung bedürfen, andererseits zehrt der Verschleiß hier vom Kapital, d. h. die Decken werden durch den Verschleiß nach und nach dünner, und schließlich steht man vor der Notwendigkeit,

die ganze Decke erneuern zu müssen. Die Ausführungen auf der Versuchsstrecke zeigen eine Reihe von Fehlern. Die Tatsache, daß diese Fehler anderenorts nicht eintreten, spricht jedoch für die Verwendbarkeit dieser Decken. Die auf der Versuchsstrecke durchweg beobachtete Wellenbildung hat ihren Grund in der mangelnden Schulung der seinerzeit zur Verfügung stehenden Arbeitskräfte, sowie in der ungünstigen Walze, die damals verwendet wurde. Deren Schwerpunkt lag nämlich viel zu hoch.

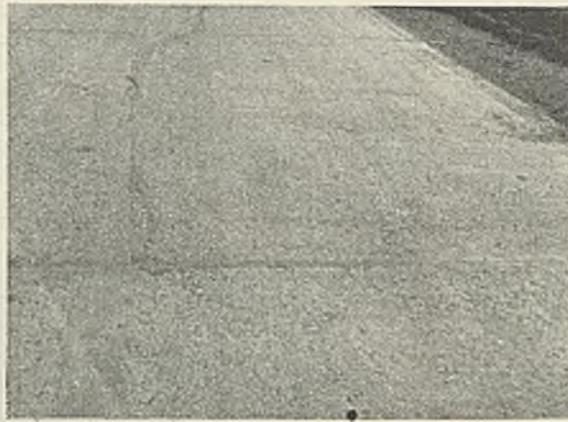


Abb. 5.

Die Sandasphaltdecke hat den kalten Winter 1928/29 teilweise schlecht überstanden. Es bildeten sich auf ihr in etwa 0,5 m Abstand feine Querrisse von bis zu 1,0 m Länge (Abb. 4). Diese werden voraussichtlich zu weitergehenden Zerstörungen Veranlassung geben. Merkwürdigerweise bildeten sich diese Risse nur auf dem Teil der Sandasphaltstrecke, der außerhalb der Ortschaft Sauerlach liegt und während der großen Winterkälte dauernd vom Wind schneefrei gehalten wurde, während der innerhalb der Ortschaft gelegene Teil verschont blieb. Es scheint, daß die übermäßige Abkühlung durch den Wind die Hauptursache der Schäden war, daß man also innerhalb von Städten, wo man damit nicht zu rechnen hat, ruhig Sandasphalt verwenden kann. Diese Erfahrung ist auch durch die Erfolge der Stadt München bestätigt, die schon seit über zehn Jahren Sandasphaltdecken unter stärkstem Verkehr liegen hat. Diese Decken haben sich bis jetzt ebenso bewährt wie die altbekanntesten Stampfasphaltdecken. Sehr gute Erfahrungen wurden von der Stadt München mit Verwendung von Kalksplitt und Kalkmehl als Zusatzmittel gemacht. Wie schon erwähnt, scheint Kalk sich mit bituminösen Stoffen sehr innig zu vermengen, in ähnlicher Weise wie beim Stampfasphalt das Bitumen den Kalkstein vollkommen durchtränkt.

Die Topekadecken sind von Rissen mehr verschont geblieben wie die Sandasphaltdecke. Es scheint, daß die gröberen Zuschlagstoffe, ähnlich wie beim Beton, zur Anreicherung des umhüllenden Bindegemisches geführt haben, und daß dadurch diese Decke genügend Elastizität erhielt, um den Frostwirkungen Widerstand leisten zu können. Dagegen wurden sie schon nach zwei Jahren teilweise so rauh, daß sie durch Oberflächenbehandlungen gedichtet werden mußten.

Bei sämtlichen Asphalt- und Teerdecken besteht die Notwendigkeit, daß einerseits die Untergrundverhältnisse einwandfrei sind, daß nicht etwa von unten andringende Feuchtigkeit in die Decken steigt, und andererseits, daß die Decken von oben her immer wieder genügend austrocknen können, daß also genügende Besonnung der Oberflächen vorliegt. In Waldstrecken, wo dies nicht zutrifft, droht den bituminösen Decken im südbayerischen Klima noch eine weitere Gefahr. Wenn es im Winter bei stärkerem Schneefall nicht möglich ist, den Schnee zu entfernen, bevor er festgefahren ist, bildet sich auf den Decken eine Eiskruste. Gelingt es nicht, diese Eiskruste beim Frostaufgang rasch zu entfernen, so wird sie in den Streifen größten Verkehrs von den Fuhrwerken durchgefahren. Es bilden sich Gleise in der Eisdecke, die Wagen, die zu allem Überfluß in dieser Zeit auch noch mit Schneeketten versehen sind, werden zum Spurfahren in diesen Gleisen veranlaßt, und die blankgefahrenen Streifen werden noch dauernd vom Schmelzwasser, das aus den Rinnen, die durch die stehengebliebenen Eiskrusten gebildet werden, nicht abziehen kann, aufgeweicht und bei abwechselndem Tauwetter und Frost auch noch einem wiederholten Auffrieren unterworfen. Die Folge ist, daß unter solchen Verhältnissen auch sonst einwandfreie Bitumendecken Schaden leiden.

In solchen Strecken muß also die Bitumendecke ausscheiden, und an ihre Stelle treten die Betonstraße und die Pflasterstraße. Die Betondecken eignen sich durch ihre Steifigkeit und durch ihre Unempfindlichkeit gegen Bodenwasser besonders für Dammstrecken und für Strecken mit lehmigem Untergrund, der das Legen einer Packlage erfordern würde. Beobachtungen über die Bewährung konnten an den Versuchsstrecken auf der Tegernseer Landstraße km 10,85 und km 13, sowie an verschiedenen anderen Strecken in der Umgebung von München angestellt werden. Auch hier war es im wesentlichen möglich, die Ursachen der hauptsächlichsten Fehler aufzudecken.

Eine übergroße Abnutzung der Oberfläche (Abb. 5) trat überall da ein, wo das Mörtelgemisch des Glattrisches zuviel sandfeines Korn erhielt. Die Ribbildung kann im allgemeinen als eine Funktion der Feuchtigkeit des Betons betrachtet werden, dergestalt, daß sie um so weniger eintrat, je trockener der Beton eingebaut wurde. Eine nicht ganz aufgeklärte

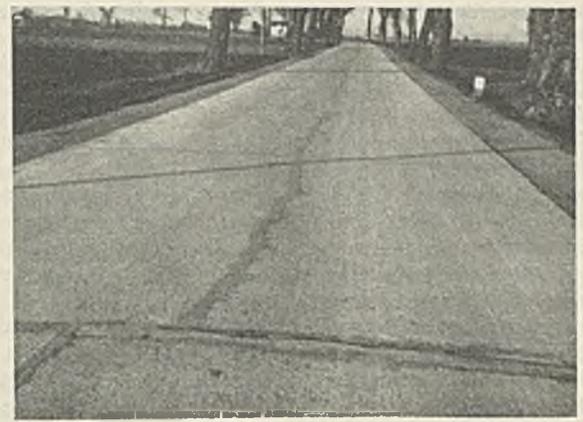


Abb. 6.

Erscheinung ist das Auftreten eines Längsrisses in der Mitte der Felder (Abb. 6). Mit Schwind- und Temperaturspannungen dürften diese Risse kaum zusammenhängen, da sie in der Regel parallel zur Längsseite der Felder laufen, also in einer Richtung, wo diese Spannungen auftreten. Da die Risse sich meist bei Frostaufgang bilden, wird für ihre Entstehung folgende Erklärung Anspruch auf Wahrscheinlichkeit haben: Der Frost wird am Ende des Winters durch die Dichtigkeit der Betonplatte zunächst noch im Erdreich unter der Platte gehalten, und tritt von der Seite her allmählich aus. Dadurch bleibt der Grund in der Mitte hart, während er an den Seiten bereits weich ist, die Betonplatte reitet also förmlich auf dem noch gefrorenen Boden in Straßenmitte. Wenn sie nun an den Seiten etwa durch ausweichende Lastwagen beansprucht wird, so wirkt sie als doppelter Kragträger und bricht an der Stelle des größten Momentes, in der Mitte. Der Umstand, daß eine Betondecke auf der Straße München—Landshut mit nur 9 cm Stärke in der Mitte bisher nur verhältnismäßig wenig Mittellängsrisse bekam, spricht für die obigen Annahmen. Die Dünne dieser Decke dürfte dazu geführt haben, daß der Frost einigermaßen gleichmäßig aus dem Untergrund austreten konnte und also diese Spannungen nicht eintraten. Ausgeblieben sind die Mittellängsrisse, wo man in der Mitte der Straße ein Runderisengeflecht von 3 kg/m<sup>2</sup> Gewicht in 5 cm Tiefe unter der Oberfläche, also in dem Teil, der nach den obigen Annahmen Zugzone wird, einlegte.

Fugenausbildungen haben sich in verschiedener Art bewahrt; wo Preßfugen sich bei Rückgang der Temperatur öffneten, war es möglich, die Ränder durch nachträglichen Ausguß der Fugen gegen Absplitterung zu sichern. Von größerer Bedeutung als die Art der Fugenausbildung scheint die Beschaffenheit des Ausgußmaterials zu sein. Gelingt es, das Ausgußmaterial so abzustimmen, daß es genügend Zähigkeit besitzt, ohne zum Kleben zu neigen, so wird der Ausguß nach 2- bis 3maliger Wiederholung einen gewissen Beharrungszustand annehmen. Der Verkehr wird ihn einigermaßen glatt über die Fuge gebügelt haben, so daß auch die Fahrzeuge keine besonderen Stöße erleiden.

Man wird bei Beton immer mit einem Rauwerden der Oberfläche rechnen müssen, auch wird die Zahl der entstehenden Risse sich im Laufe der Jahre allmählich summieren, so daß die Straße zum mindesten sehr unansehnlich werden wird. Es verdient deshalb der auf der Tegernseer Landstraße km 10,85 bis 11,25 unternommene Versuch einer Betonstrecke mit bituminöser Oberflächenbehandlung besondere Beachtung. Die Oberflächenbehandlung wurde auf die in einer Schicht betonierete und ganz rau gehaltene Betonstraße aufgebracht. Die Oberdecke geht über die Fugen glatt durch; soweit der Beton Risse aufweist, treten sie in dem elastischen Belag, der vom Verkehr immer wieder glatt gebügelt wird, überhaupt nicht in Erscheinung. Es scheint, daß dieses Verfahren sehr gut geeignet ist, um stark abgenutzte und gesprungene Betondecken fahrbar zu erhalten und vor dem Verfall zu schützen.

Mit den Betondecken stehen die Pflasterungen in schärfstem Wettbewerb. Abgesehen von dem immerhin wesentlich billigeren Preis der Betonstraßen wird man jedoch Betondecken vor allem da bevorzugen, wo ihre Steifigkeit die Packlage überflüssig macht. Dagegen wird das Pflaster überall da das Feld behaupten, wo es auf größte Rauigkeit ankommt (Kurven und Steigungen) und wo mit der Wahrscheinlichkeit vieler Aufgrabungen gerechnet werden muß (Stadtstraßen). Während nämlich in Betonstraßen Aufgrabungen sehr schwer durchzuführen sind und eine einwandfreie Wiederherstellung überhaupt unmöglich ist, geht bei Pflasterstraßen keinerlei Material verloren, und die Instandsetzung gelingt ohne alle Schwierigkeiten.

Die auf der Tegernseer Landstraße ausgeführte Kupferschlackenpflasterstrecke wird trotz ihrer an und für sich guten Bewährung für Südbayern eine größere Bedeutung wohl nicht bekommen, da im Granit des bayerischen Waldes in wesentlich günstigerer Frachtlage ein vorzügliches Naturgestein zur Verfügung steht. Die Beobachtungen an dem auf der Versuchsstrecke

verlegten Kleinpflaster 8/10 cm haben gezeigt, daß diese Steingröße den Beanspruchungen des Überlandverkehrs genügt; einen gewissen Angriffspunkt bilden die Fugen. Der schnellfahrende Kraftverkehr saugt diese nämlich auf etwa 1 cm Tiefe leer, und dann beginnen die Kanten vor allem in der zum Verkehr gleichlaufenden Richtung abzusplintern. Das Vergießen der Fugen mit Pflasterkitt, wie es bei der Stadt München schon versucht wurde, sichert zwar die Fugen gegen das Aussaugen, verteuert jedoch die Decke wesentlich und führt dazu, daß über den Fugen Wülste entstehen, die beim Kleinpflaster sehr unschön wirken. Dagegen wurde ein gewisser Schutz gegen das Aussaugen durch eine Oberflächenbehandlung mit Kaltasphalt erzielt. Man schlämmt das Pflaster, wie sonst üblich, mit Sand ein, überzieht es jedoch nicht mit einer Sanddecke, sondern streicht wie bei einer Oberflächenbehandlung Kaltasphalt darüber (Verbrauch ungefähr 1,2 kg/m<sup>2</sup>). Dieser Anstrich wird mit feinem Sand überzogen und dem Verkehr übergeben. Auf diese Weise erreicht man auch, daß die Staubbildung vermieden wird, die bei dem sonst üblichen Verfahren oft so lästig wirkt.

Das Großpflaster ist wegen seiner Neigung zur Verursachung von Lärm und Erschütterungen in Verruf geraten. Bei dieser ungünstigen Beurteilung wird jedoch zumeist übersehen, daß die Strecken, die zu solchen Klagen Veranlassung geben, manchmal schon 50 Jahre und mehr liegen, also eine Zeit überdauert haben, die andere Bauweisen überhaupt noch nicht erreichten. Außerdem sind an den Schäden oft in erster Linie die unzähligen Aufgrabungen schuld, mit denen das Pflaster in der langen Zeit seines Bestehens durchwühlt wurde, und die in den meisten Fällen nicht mit genügender Sorgfalt wieder eingefüllt wurden. Ferner wurde früher der Vorbereitung des Untergrundes nicht die nötige Sorgfalt geschenkt. Besonders die ausgedehnte Verwendung von Bauschutt zu Aufüllungen bildet immer die Veranlassung zu nachträglichen Setzungen. Solche Senkungen sind aber für das Großpflaster vor allem deshalb von Nachteil, weil sie bewirken, daß die Steine teils sich neigen, teils einsinken und deshalb ganz ungleichmäßig abgefahren werden. Auf diese Art kommen die bekannten abgerundeten Kopfflächen des Pflasters zustande.

Wo in München in den letzten Jahren umfangreichere Neupflasterungen mit Großsteinen gemacht wurden, wurde vor allem darauf gesehen, daß der Untergrund nach der Verlegung der Leitungen mit peinlicher Sorgfalt wieder gefestigt wurde, sodann wurde ein Pflasterkittmaterial verwendet, dem reichlich Petrolumbitumen beigegeben wurde. Es mußte dabei allerdings in Kauf genommen werden, daß das Kittmaterial zunächst teilweise von den Pferdehufen aufgehoben wurde. Unter der Wirkung des Verkehrs wurde es jedoch allmählich in die Fugen und die anschließenden

Unebenheiten eingebügelt (Abb. 7). Der hohe Gehalt an Petrolumbitumen verhindert, daß der Pflasterkitt bei Kalte versprodet und abspringt, so daß sich derartige Vergüsse schon drei Jahre einwandfrei erhalten haben. Da nun die Kanten geschützt sind, können sie nicht mehr abspringen, und die Steine werden nicht mehr rundgefahren. Im übrigen wurde die Beobachtung gemacht, daß der gummibereifte Kraftverkehr die Pflastersteine nur wenig angreift, so daß man bei entsprechender Pflege des Fugenvergusses noch mit einer wesentlich höheren Lebensdauer des Großpflasters rechnen darf, als man bisher annahm.



Abb. 7.

Die in Südbayern erworbenen Erfahrungen gehen dahin, daß fast alle anderwärts bewährten Bauweisen auch hier mit Erfolg angewendet werden konnten. Sie haben gezeigt, daß da, wo Schäden eintraten, gewöhnlich nicht die Bauweise an sich die Schuld trug, sondern Fehler in der Ausführung. Sie haben ferner mit großer Deutlichkeit bewiesen, daß von den einzelnen Bauweisen nicht die eine als an und für sich besser, die andere als weniger gut angesprochen werden muß, sondern daß jede einzelne Bauweise ganz bestimmt begrenzte Anwendungsgebiete hat, in denen gerade sie sich besonders bewährt. Die Auswahl, welche Bauweise unter Berücksichtigung aller dieser Umstände, sowie unter Berücksichtigung der Finanzierungsmöglichkeiten der Preis- und Materiallage im einzelnen Falle zu wählen ist, wird eine schwierige, aber dankbare Aufgabe des Straßenbauingenieurs bleiben.

Alle Rechte vorbehalten.

## Hochofenschlacke im Straßenbau.

Von Dr.-Ing. Adolf Kühle, Dortmund-Derne.

Hochofenschlacke ist bekanntlich ein bei der Herstellung des Roheisens im flüssigen Zustande entstehendes Nebenerzeugnis, das in der Hauptsache aus Kalk-Tonerde-Silikaten besteht. Bei richtiger Kenntnis der Eigenschaften der Hochofenschlacke ist diese ein guter Baustoff im Straßenbau.

In der Hauptsache steht die Hochofenschlacke dem Straßenbau in zwei Formen zur Verfügung, als gebrochene Stückschlacke und als Schlackensand. Zur Gewinnung der Stückschlacke läßt man die flüssige Hochofenschlacke in großen Pfannen erstarren. Die erstarrten großen Klötze werden zerschlagen und auf die gewünschte Körnung gebrochen. Man gießt auch häufig die flüssige Schlacke in verschiedener Dicke in Betten, bricht diese nach Erkalten aus und führt die ausgebrochenen Stücke dem Brecher zu. Wenn man die Betten in dünnen Lagen ausgießt, erhält man beim Ausbrechen einen Kleinschlag, der sich durch seine würfelige Form auszeichnet. Durch längeres Lagern der Schlacke und Untersuchung im ultravioletten Licht nach Dr. Guttmann<sup>1)</sup>, Düsseldorf, ist die Gewähr gegeben, daß Zerfallsschlacke nicht zum Versand gelangt. Der Schlackensand wird dadurch hergestellt, daß man die flüssige Schlacke mit einem großen Überschuß von Wasser zusammenbringt, wodurch die Schlacke infolge der raschen Abkühlung in kleine Körner zerspringt.

Diese beiden Formen der Hochofenschlacke unterscheiden sich wesentlich durch die Geschwindigkeit, mit der sie aus dem feuerflüssigen Zustand auf Normaltemperatur abgekühlt wurden. Die langsam abgekühlte Schlacke hat ein kristallines Gefüge und gleicht in ihrem Bruch dem Naturgestein (Basalt). Auch die Festigkeitseigenschaften guter Schlacke sind nicht geringer als die von Naturgestein. Ausführlich berichteten über die Festigkeitseigenschaften von Schlacke u. a. H. Burchartz und G. Saenger nach Versuchen, die im Materialprüfungsamt Berlin-Dahlem durchgeführt wurden<sup>2)</sup>. Der schnell abgekühlte Schlackensand hat dagegen eine glasige Struktur. E. Langen hat 1862 entdeckt, daß die

wassergranulierte Schlacke hydraulische Eigenschaften hat und daher gut zur Zementherstellung (Hochofenzement) geeignet ist. In geringem Maße ist diese hydraulische Eigenschaft auch der Stückschlacke eigen; sie tritt hier um so kräftiger in die Erscheinung, je feiner das Korn ist. Durch besondere Behandlung, auf die später eingegangen werden soll, kann diese Eigenschaft auch noch geweckt werden.

Der Hochofenschlackenschotter kommt in den gleichen Größen auf den Markt wie das Naturgestein, also als Packlage, Kleinschlag, Splitt und Siebgrus. Da sich mit Hochofenschlacke bemerkenswerte Ausführungsarten im Straßenbau herausgebildet haben, sollen hier die Verwendungsmöglichkeiten der Reihe nach besprochen werden.

Die bekannteste Verwendung ist die bei der wassergebundenen Makadamstraße. Erstes Erfordernis bei der Makadamstraße, besonders bei seiner Oberfläche, ist, daß der in ihr vorhandene Feinstoff Zementcharakter hat, d. h. mit Wasser eingeschlämmt und gewalzt eine ausreichende Bindekraft besitzt. Wie erwähnt, hat Hochofenschlacke diese hydraulischen Eigenschaften wegen einer Verwandtschaft zum Zement in besonders starkem Maße. Es ist daher einleuchtend, daß man die besten Straßen bekommt, wenn man von der Packlage bis zur Decke nur Hochofenschlacke verwendet, gegebenenfalls als Feinstoff Schlackensand nimmt. Wegen des gleichartigen chemischen Charakters der einzelnen Teile der Decke entsteht hier durch das Abbinden eine gute Verfestigung der ganzen Decke.

Es ist natürlich ebenso gut möglich, nur einzelne Teile der Straßendecke aus Hochofenschlacke herzustellen. Mit Wasser eingewalzt, ergibt Hochofenschlacke eine geeignete Fundierung für Beton-, Teer-, Bitumen- oder Ziegeldecken. Ebenso sind alte Makadamdecken aus Hochofenschlacke gut geeignet, moderne staubfreie Decken ohne weitere Vor-

<sup>2)</sup> H. Burchartz und A. Saenger, Hochofenschlacke als Gleisbettungsstoff. Bericht Nr. 8 des Ausschusses für Verwertung der Hochofenschlacke des Vereins deutscher Eisenhüttenleute (Verlag Stahl und Eisen).

<sup>1)</sup> Vgl. St. u. E. 1926, S. 1423.

bereitung zu tragen. Eine Abart der Makadamdecken ist mit Hochofenschlacke ohne Verwendung von Wasser erfolgreich versucht worden. Hierbei wird Schlackenschotter, Schlackeneinstoff und Erde aus dem Boden, auf dem die Straße gebaut ist, zum Bau der Straße verwandt. Der Schlackenkleinschlag wird profilgerecht in dünner Lage über die Straße ausgebreitet und darüber Erde in dünner Lage von dem benachbarten Boden geworfen. Nach Abtrocknen der Erde wird diese mit der Schlacke durcheinandergelockt und dann abgewalzt. Die Straße wird dann neu aufgerauht, und unter weiterem Festwalzen werden die Löcher mit Schlackensiebgrus ausgefüllt. Diese Art des Straßenbaues zeichnet sich durch die große Geschwindigkeit aus, mit der sie durchgeführt werden kann. Man erreicht in Amerika Leistungen von 800 m fertiggestellter Straße in einer Schicht.

Die weiteste Verbreitung hat bisher die Hochofenschlacke wohl als Packlage gefunden. Durch die Art der Herstellung, das Ausgießen der Hochofenschlacke in Betten in bestimmter Stärke ist man in der Lage, jede gewünschte Größe bei der Lieferung genau einhalten zu können. Wie stark die Packlage aus Hochofenschlacke zusammenhält, kann man häufig beim Aufbruch alter Straßen feststellen. Man sieht dann, wie die Packlagenschicht eine einzige zusammenhängende große Platte ist, die nur mit großer Mühe aufgebrochen werden kann. Für Gegenden mit ungewöhnlich tiefen Temperaturen hat sich Hochofenschlacke als frostbeständig erwiesen. Für feuchte Gegenden hat die Hochofenschlackenpacklage den Vorteil, daß sie durch ihre Porosität eine Menge Wasser aufnehmen und so den Grund vor dem Erweichen schützen kann. Mit Schlackenpacklage gebaute Straßen trocknen auch sehr schnell.

Auch für sog. verkehrsgebundene Straßen eignet sich der Hochofenschlackenschlag gut. Wenn auch heute die Zeiten dieser Art von Straßen vorbei sind, so kann sich hier und da doch noch die Möglichkeit ergeben, eine solche Straße zu bauen. Die Straße wird von Zeit zu Zeit neu beschottert, und zwar nimmt man zweckmäßig zuerst etwas groberes und später feineres Material. Durch den Verkehr walzt sich der Schotter mit der Zeit ein. Die entstehende Decke ist natürlich nicht für starken Verkehr geeignet, aber sie ist eine gute Basis für die spätere Befestigung mit Teermakadam oder dgl. Natürlich eignet sich diese Straßenbauart weniger für dicht bebaute Gegenden, als zur Neuerschließung größerer Gebiete, wenn es sich darum handelt, möglichst schnell und möglichst billig ausreichende Verkehrsverbindungen zu schaffen. Betragen doch die Herstellungskosten für diese Art des Straßenneubaus nur ein Zehntel der Kosten einer fest ausgebauten Straße.

Für Flugplätze hat sich Hochofenschlackenschotter in feinerer und groberer Kornung schon mehrfach bewährt. Lose Schotterung kommt aber hier wohl weniger in Frage wegen der Gefahr für den Propeller. Man muß also für irgendeine Bindung bituminöser Art sorgen.

Die granulierten Hochofenschlacke, der Schlackensand, hat bisher bei weitem noch nicht die Beachtung im Straßenbau gefunden, die er verdient. Im Hochbau hat man schon lange die guten Eigenschaften des Hochofenschlackensandes erkannt. Es ist dies vor allem sein Zementcharakter.

Die bemerkenswerteste Ausführung, über die auf der Straßenbau-tagung in Godesberg Baumeister Riemann berichtete, ist die Kombination Grob Schlag mit Sand. Im Ruhrgebiet ist eine Ausführungsart bekanntgeworden, die sich gut bewährt hat. Es wird auf die Straße Abfallschlackenpacklage, die sich z. T. unter der Walze zerdrückt, gebracht und Hochofenschlackensand darüber gelegt. Das Ganze wird besprengt und anschließend abgewalzt. Die entstehende Decke hat sich unter dem mittleren Verkehr sehr gut bewährt. Der Grund für die Haltbarkeit der Decke liegt in dem zementartigen Abbinden der Straße. Prof. Dr.-Ing. Schönhöfer<sup>3)</sup> hat übrigens festgestellt, daß Schlackensand und auch Stückschlacke, eine gewisse Zeit im Kollergang unter Zusatz von etwas Wasser bearbeitet, bedeutend gesteigerte hydraulische Eigenschaften hat. Er sagt, die Schlacke oder besser ihr Zementcharakter ist „geweckt“. Intensiv gekollert Schlackensand erhärtet in verhältnismäßig kurzer Zeit und wird so fest wie Beton. Bei dem oben angegebenen Verfahren des Einwalzens von nassem Schlackensand wird der Sand in ähnlicher Weise vorbehandelt wie im Kollergang. Er wird also „geweckt“, und darauf dürfte das schnelle Abbinden der Straße und die gute Festigkeit zurückzuführen sein. Auch in Holland (Nymwegen) sind nach diesem System Straßen gebaut worden.

Auch bei Sandasphalt ist es empfehlenswert, Hochofenschlackensand zu nehmen, da er durch seine scharfe Körnigkeit diesem Straßenbelag eine größere Rauigkeit gibt. Mischungen von Flußsand und Schlackensand haben sich bei dieser Anwendung gut bewährt.

Als Anschüttmaterial eignet sich Schlacke besonders, weil sie binnen kurzem einen festen Damm bildet, der aber bei aller Festigkeit noch eine genügend große Durchlässigkeit für Wasser behält.

<sup>3)</sup> Prof. Dr.-Ing. R. Schönhöfer, Die Herstellung von Kunststeinen aus Hochofenschlacken nach dem Weckverfahren. Bericht Nr. 9 des Ausschusses für Verwertung von Hochofenschlacke des Vereins deutscher Eisenhüttenleute. (Verlag Stahl und Eisen.)

Als der Bau bituminöser Straßen anfang, größeren Umfang anzunehmen, wurde auch sogleich Hochofenschlacke dazu verwendet, und zwar in der Hauptsache als Teermakadam. England ging auf diesem Wege voran. Dort liegen Teermakadamdecken unter dem schwersten Verkehr. England baut im Jahre etwa 2,5 Mill. t Teermakadam ein, während in Deutschland im Jahre 1928 vielleicht 250 000 t Teermakadam verarbeitet worden sind. Zur Herstellung von Teermakadam aus Hochofenschlacke wird trockener, gut entstaubter Schotter mit etwa 5% Straßenteer II, der in seiner Zusammensetzung sich an die englischen Erfahrungen anlehnt, gut gemischt, so daß das Schlackenmaterial gleichmäßig mit Teer überzogen ist. Die Erfahrungen haben gezeigt, daß Hochofenschlacke und Teer besonders gut zusammenhaften. Man führt das auf die raue Oberfläche der Hochofenschlacke zurück und hat überdies auch schon vermutet, daß chemische Beziehungen zwischen den Bestandteilen des Teeres und der Schlacke bestehen<sup>4)</sup>. Die Porigkeit der Schlacke scheint einen Vorteil mit sich zu bringen. Der Teer setzt sich hier fest, und so sind kleine Reservoirs in der Decke, die im heißen Sommer Teer in die Decke nachfließen lassen und so ihre Elastizität erhalten. Wesentlich ist aber, daß die Poren in sich abgeschlossen sind, daß also der Teer nur oberflächlich in den Stein eindringen kann. Es gibt im Gegensatz hierzu Naturgestein, das feine Poren hat, die miteinander in Verbindung stehen. Diese mechanische Beschaffenheit des Gesteins hat zur Folge, daß aus dem umhüllenden Teer infolge von Kapillarkwirkung die leichteren Öle in das Gestein hineingezogen werden und so die zurückbleibende Teerumhüllung spröde wird. Bricht man ein Stück von solchem geteertem Material durch, so sieht man im Bruch deutlich, wie weit die Teeröle in den Stein eingedrungen sind. Die Folge einer Verwendung solchen Teerschotters wäre auf die Dauer ein Risslgwerden der Decke.

Der Teermakadam wird nach verschiedenen Systemen eingebaut, im Zwei- und Dreischichtensystem, als Teerbeton unter Anstreben des Hohlraumminimums usw.

Auch bei der Betonstraße ist die Verwendung der Hochofenschlacke als Zuschlagstoff empfehlenswert. Im Hochbau hat man schon seit Jahren gute Erfahrungen mit Hochofenschlacke als Zuschlagstoff bei Beton gemacht. Es sei hier auf den Bericht von Dr. Guttman<sup>5)</sup> über „Langfristige Betonversuche mit verschiedenen Zuschlagstoffen, besonders Hochofenschlacke“ verwiesen. Wegen des geringen spezifischen Gewichtes und des geringeren Wassergehaltes der Hochofenschlacke sind mit ihrer Verwendung auch wirtschaftliche Vorteile verbunden. Ein besonderer Vorteil liegt darin, daß man Hochofenschlacke gleich in der richtigen Kornzusammensetzung an der Brechanlage mischen lassen kann, während man sich bei Kies eine besondere Kornmischung erst herstellen lassen muß, was bei der Natur der Kiesgewinnung eine Verteuerung bedeutet<sup>6)</sup>. Ein besonderer Beton, der nur aus Hochofenschlacke unter Zusatz von höchstens 2% Zement hergestellt wird, ist der sog. Weckbeton von Prof. Schönhöfer, Braunschweig. Schönhöfer erreicht mit diesem Weckbeton die Festigkeit von gutem Portlandzementbeton. Auf der Versuchstraße in Braunschweig hat er auch ein Stück Straße hergestellt, das sich unter dem Verkehr bewährt hat. Nach Angaben von Schönhöfer<sup>7)</sup> beträgt die Kostenersparnis bei Herstellung von Weckbeton gegenüber Zementbeton 50%.

Die Pflastersteine aus Mansfelder Kupferschlacke sind in Straßenbaukreisen bekannt. Weniger bekannt sind Hochofenschlackensteine; die aus Eisenhochofenschlacke hergestellt werden. Bei ihrer Herstellung kommt es vor allem auf eine langsame Abkühlung (Temperung) an, um ein kristallines Gefüge im Stein zu erhalten. Der aus Eisenschlacke hergestellte Stein ist in der Qualität dem Mansfelder gleichwertig; es wird sich also empfehlen, den frachtlich günstigsten Stein zu wählen. Man sollte diesen scharfkantigen Pflasterstein häufiger heranziehen und es sich überlegen, ob man unbedingt z. B. den schwedischen Granitstein nehmen soll.

Beim Pflastern von Naturgestein- wie Hochofenschlacken-Pflastersteinen bringt die Verwendung von Schlackensand Vorteile. Der zementartige Charakter des Sandes bewirkt ein schnelles Abbinden der Pflasterfugen, so daß ein Auswaschen nicht mehr wie bei gewöhnlichem Sand eintreten kann. Häufig dürfte sich aus diesem Grunde bei Verwendung von Schlackensand ein Ausgießen der Fugen mit Asphalt erübrigen.

Zum Schluß sei noch ein Wort über den Schwefelgehalt der Hochofenschlacke gesagt. Häufig wird von Käufern bei Abnahme von Hochofenschlacke die Bedingung gestellt, daß sie frei sein müsse von

<sup>4)</sup> Siehe Taschenbuch für den gesamten Straßen- und Wegebau 1929, S. 69. Berlin, Verlag Beck & Co.

<sup>5)</sup> Bericht Nr. 13 des Ausschusses für Verwertung der Hochofenschlacke des Vereins deutscher Eisenhüttenleute. Verlag Stahl und Eisen, Düsseldorf.

<sup>6)</sup> Man beachte das vom Verein deutscher Eisenhüttenleute durch Reg.-Baumeister Kosfeld herausgegebene Merkblatt für die Verwendung von Hochofenschlacke zu Beton.

<sup>7)</sup> Beton u. Eisen 1928, S. 129 ff.

Schwefel. In diesem Verlangen zeigt sich, wie wenig bekannt die Hochofenschlacke und ihre Beschaffenheit ist. Schwefelfreie Hochofenschlacke gibt es nicht, aber der Schwefelgehalt ist nicht schädlich. Er ist in der Hauptsache an Kalzium in der Form von CaS gebunden. Man hat behauptet, daß der S-Gehalt beim Beton Treiben verursacht, daß Eisen in Verbindung mit Schlacke schneller roste, daß normaler Beton, der an den Schlackensand angeschüttet ist, angegriffen würde u. ä. m. Der Vorwurf,

Eisen roste bei Anwesenheit von Schlacke stärker, ist durch die oben-erwähnten Berichte von Burchartz und Sänger und von Dr. Guttman einwandfrei widerlegt, und die vielen aus Hochofenschlacke errichteten Betonbauten im Industriegebiet beweisen die Haltlosigkeit des anderen Vorwurfes. Die Angst vor dem schädlichen Schwefel stammt von der Kesselasche, die auch heute noch als Schlacke bezeichnet wird und bei der besondere Vorsichtsmaßregeln notwendig sind.

Alle Rechte vorbehalten.

## Die zeitgemäßen Baustoffe für den elastischen Straßenbau.

(Eine kritische Studie.)

Von Dr. A. von Skopnik.

(Mitteilung aus dem Laboratorium der Provinz Brandenburg.)

Die vielen chemisch-physikalischen Fragen, die beim Bau der neuzeitlichen Straße immer mehr auftauchen, verbunden mit straßenbautechnischen und maschinellen Fragen, können nur gemeinsam von den Straßenerbauern, den Ingenieuren und Chemikern gelöst werden, die die täglichen Vorgänge ständig auf der Straße und im Laboratorium beobachten, nachprüfen und daraus Schlüsse ziehen können. Diese stetige Zusammenarbeit der angewandten Wissenschaften mit der Praxis, wie sie bei den Bauverwaltungen und ihren Verbänden besteht, ergibt die besten Unterlagen für Vorschriften von Standard-Untersuchungen der Baustoffe für den elastischen Straßenbau, wie sie die Praxis unbedingt verlangen muß. Sie wird vollkommen gemacht und ausgeglichen durch regen Meinungsaustausch mit den erzeugenden Baustoffindustrien.

sonst in den Straßenkörper gelangen, unter der Walze verstauben und zu Fehlstellen Anlaß geben können, werden auf diese Weise gleich von vornherein ausgeschlossen.

Der Basalt, der einerseits wegen der hohen Druckfestigkeit (bis 5000 kg/cm<sup>2</sup>) und geringen Abnutzung für den elastischen Straßenbau als wertvoll gilt, kann andererseits sehr kurzlebige Straßen liefern, da es Basalte gibt, die in wenigen Monaten zerfallen (Sonnenbrand). Beim einfachen Brechen liefert das Basaltgestein viele plattige Stücke, die nie zu einem festen Verband unter dem Druck der Walze selbst bei Zugabe geeigneter elastischer Bindemittel zusammengeschweißt werden können. Deswegen ist auch beim Basalt eine doppelte Brechung zur Herstellung von würflichen Stücken (Edelbasaltplitt) ein unbedingtes Erfordernis.

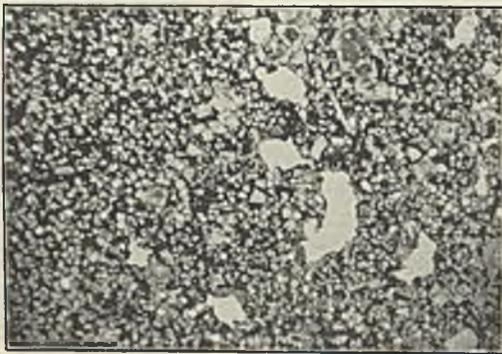


Abb. 1. Gute Schlacke für Teerstraßenbau.  
(Lupenaufnahme.)

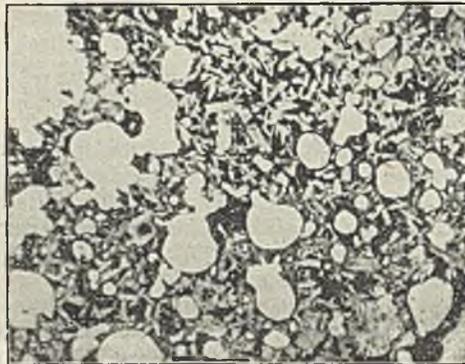


Abb. 2. Mittelmittelschlacke für Teerstraßenbau.  
(Lupenaufnahme.)

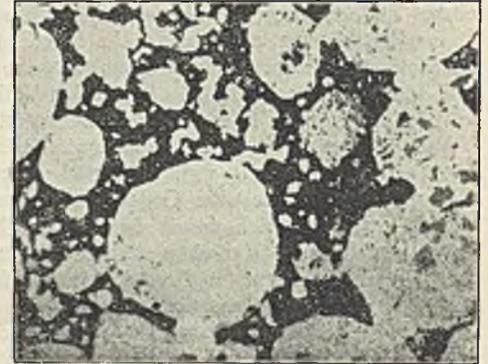


Abb. 3. Schlechte Schlacke für Teerstraßenbau.  
(Lupenaufnahme.)

In Deutschland spielt der elastische Straßenbau seit Jahren eine Hauptrolle im Verkehrswesen. Die Methoden sind durchgearbeitet und haben sich bewährt, einwandfreie Straßen liegen in guter Verfassung und beweisen, daß die Baustoffe, wenn sie die richtige Beschaffenheit haben, zueinander in Einklang gebracht sind, richtig dosiert und richtig eingebaut werden, einwandfreie Straßen geben müssen, die jeder Kritik standhalten können.

An Masse spielt das Gestein die wichtigste Rolle, denn es macht über 90% des Straßenkörpers aus und ist der Träger des Verkehrs. Von seiner Beschaffenheit und Unempfindlichkeit gegen äußere Einflüsse, wie gegen Oxydation, Kohlensäure der Luft, Feuchtigkeit usw., Anpassung der Gesteinskörner untereinander und gleichmäßige Verzahnung hängt zunächst die Lebensdauer der Straße ab, so daß die Kenntnis der allgemeinen „Mineraltechnik“<sup>1)</sup> für den Straßenerbauer unbedingt notwendig ist.

In Deutschland finden die verschiedensten Mineralien für den elastischen Straßenbau Verwendung, von denen sich im östlichen Teil Deutschlands Grünstein und Basalt als geeignetes Gestein für den elastischen Straßenbau durchgesetzt haben, während im Westen neben diesen Natursteinen die Hochofenschlacke, die auf Zechen, wie z. B. bei der Guten Hoffnungshütte (Oberhausen)<sup>2)</sup>, in guter Beschaffenheit anfällt, verwendet wird.

Der Grünstein muß vor allen Dingen gleichmäßig und dicht kristallin sein, da seine Widerstandsfähigkeit gegen mechanische Beanspruchung desto höher ist, je feinkörniger die Mineralien sind<sup>3)</sup>. Der Bruch muß rau und scharfkantig sein. Das Mineral muß frostbeständig sein, was besonders bei den Grünsteinen mit angewitterten Bestandteilen zu prüfen ist, und ferner muß die Druckfestigkeit möglichst hoch liegen. Bei Verwendung des zweimal gebrochenen Grünsteins, des sog. Edelplitts, wird das taube Gestein bereits im Brecher zerstört. Minderwertige Stücke, die

Im Westen Deutschlands findet die Hochofenschlacke, da die Frachtverhältnisse sehr günstig liegen, weitverbreitete Verwendung, so daß über ihre Zusammensetzung und Eignung als Straßenbaustoff, besonders da sie sich kubisch brechen läßt, viel studiert wurde und geeignete Richtlinien für die Herstellung und Lieferung von Hochofenschlacken als Straßenbaustoff vorliegen<sup>4)</sup>. Manche Hochofenschlacken sind weniger geeignet, und die Untersuchung nach dem A. Guttman'schen Verfahren<sup>5)</sup> im ultravioletten Licht und ferner durch mehrstündiges Einlagern der Schlacken in Wasser zur Prüfung ihrer Zerfallneigung ist dringend anzuraten. Es hat sich herausgestellt, daß die Druckfestigkeit nicht in Beziehung zur chemischen Zusammensetzung der Schlacke steht, denn auch eine Hochofenschlacke mit genügend Kalk- und Kieselsäuregehalt ist für Straßenbauzwecke unbrauchbar, wenn sie zu porös und nicht genügend druckfest ist. Die Druckfestigkeit jedoch steht in gewisser Beziehung zur Porosität<sup>6)</sup>.

Die Abb. 1, 2 u. 3 zeigen Hochofenschlacken, die nach Dr. Lürer als gut, mittelmäßig und schlecht zu bezeichnen sind<sup>7)</sup>.

Über Sande und über Steinmehl als Fuller liegen reichliche Angaben in der Literatur vor<sup>8)</sup>. Untersuchungen von Quarzmehl und ihre Wirkung auf Asphalt sind in einer interessanten Arbeit niedergelegt<sup>9)</sup>.

Einen geringen Prozentsatz im Straßenkörper machen die elastischen Bindemittel aus, die die Hauptaufgabe haben, das Mineral zu einer festen, fugenlosen, jedoch immer noch elastischen Masse zusammenzuhalten. Da sie aber den wertvollsten Teil der Straßendecke ausmachen und von

<sup>1)</sup> Aufgestellt von der Kommission zur Untersuchung der Verwendung von Hochofenschlacke im Preußischen Landwirtschaftsministerium, April 1927.

<sup>2)</sup> Stahleisen 1926. Bd. 46, S. 1423 bis 1428.

<sup>3)</sup> W. Lorenz, Asp. Teer 1929, Heft 45, S. 1208.

<sup>4)</sup> Aus dem Bericht 7 des Ausschusses für Verwertung der Hochofenschlacken.

<sup>5)</sup> W. Reiner, Handbuch der neuen Straßenbauweisen, S. 150. 1929. Verlag von Julius Springer.

<sup>6)</sup> Neumann, Untersuchung der Quarzmehle des Quarzmehlwerkes Frechen m. b. H., Köln.

<sup>1)</sup> K. Krüger, „Mineraltechnik für Bauingenieure“. Berlin 1929. Allgemeiner Industrie-Verlag.

<sup>2)</sup> Gesellschaft für Teerstraßenbau, Essen.

<sup>3)</sup> K. Krüger, „Mineraltechnik für Bauingenieure“, S. 27. Berlin 1929. Allgemeiner Industrie-Verlag.

ihrer Beschaffenheit ebenfalls, und zwar zum größten Teil die Lebensdauer und Bewahrung der Straße abhängt, hat sich der praktische Straßenbauer in den letzten Jahren mit diesen Stoffen, wie aus der umfangreichen Literatur hervorgeht, eifrig beschäftigt.

Die Anforderungen, die an die elastischen Bindemittel gestellt werden, sind je nach dem Einbauverfahren verschieden. Verlangt wird in größerem oder geringerem Ausmaße von jedem elastischen Bindemittel, daß es besitzt:

Schmierfähigkeit, Anpassungsvermögen an das Mineral, Klebfähigkeit, Knetfähigkeit, Wasserabstoßungsvermögen und schließlich Wetterbeständigkeit.

Das älteste elastische Bindemittel, das man kennt, ist der Asphalt, der als Naturasphalt oder als Erdol-asphalt in der Bautechnik Verwendung findet.

Das Bitumen des Naturasphaltes ist besonders bei dem bekanntesten Naturasphalt, dem Trinidadasphalt, stark mit vulkanischen Aschen durchsetzt, die als natürlicher, gleichmäßig verteilter Füller eine stabilisierende Wirkung durch Anlagerung der feinsten Füllerkörnchen an das Bitumen ausüben sollen<sup>10)</sup>. Über die Zusammensetzung dieser vulkanischen Aschen

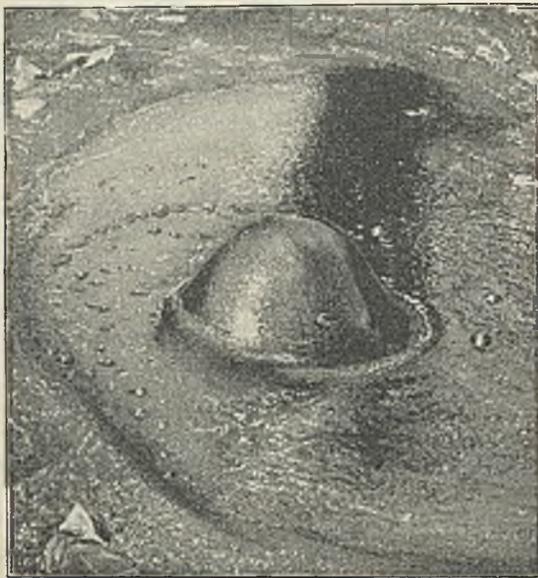


Abb. 4. Elastisches Bitumen durch Erdgase ausgedehnt, ohne zu zerreißen.

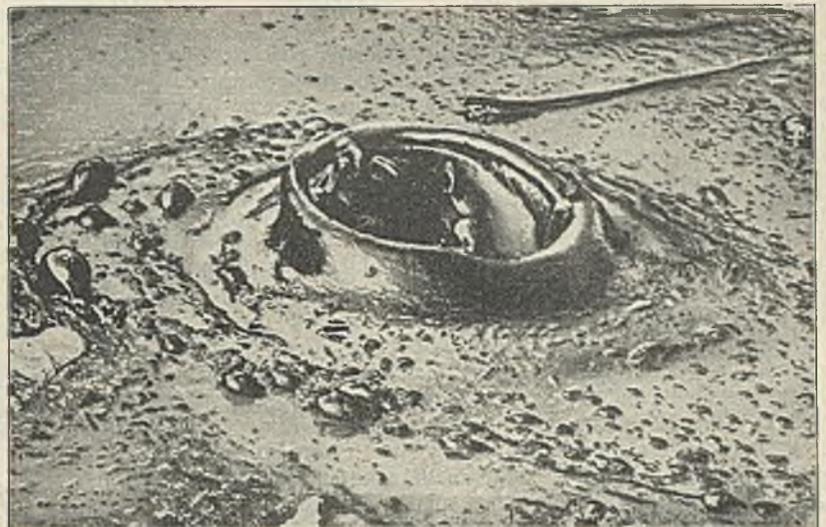


Abb. 5. Zerstörung der elastischen Haut des Bitumens.

besteht Meinungsverschiedenheit; einerseits wird behauptet, daß sie lehmige Bestandteile enthalten, andererseits wird festgestellt, daß sie aus puzzolanartigem Gesteinstaub, der chemisch aktiv ist, also als natürliche Zemente angesprochen werden müssen<sup>11)</sup>. Durch die Aktivität der Silikate erklärt sich die bekannte Tatsache, daß Trinidadasphalt quellfähig ist und zur Emulsionsbildung neigt. Es bedeutet das Vorhandensein aktiver Silikate noch keinen unbedingten Nachteil, da das im Laufe der Monate durch die Decke hindurchdiffundierende Wasser unschädlich gemacht werden kann und die Stabilität der Decke zunimmt.

Das Naturbitumen findet sich ferner im feinkörnigen Kalkstein eingelagert, wobei das Bitumen die feinen Steinteilchen umhüllt und untereinander fest zusammenkittet. Die Verwendung des Asphaltkalksteins zu Stampfasphalt und als Zusatz zum Gußasphalt ist bekannt.

Eine überaus wichtige Rolle spielt im elastischen Straßenbau das aus ausländischen Erdölen durch Destillation gewonnene Rückstandbitumen, kurz „Bitumen“ genannt. Seine Einfuhr ist daher in den letzten Jahren gewaltig gestiegen, wie aus der Zusammenstellung I hervorgeht.

Zusammenstellung I.<sup>12)</sup>

Einfuhr an Bitumen	in t	in Mill. RM
1925	28 817	3,75
1926	54 862	5,95
1927	181 846	23,93
1928	rd. 252 000	rd. 30,24

Von diesen Mengen fanden etwa 70% im Straßenbau Verwendung.

<sup>10)</sup> P. Wichert, Straßenbau 1929, Heft 32.

<sup>11)</sup> K. Krüger, „Über mineralische Baustoffe“, S. 47. Berlin 1929. Allgemeiner Industrie-Verlag.

<sup>12)</sup> Deutsche Bergwerkszeitung vom 30. Juli 1929, s. auch Referat, Zeitschrift Teer und Bitumen 1929, Heft 32.

Diese Bitumina teilt man wieder ein in:

1. Bitumina, die sich aus Erdölen mit paraffinischer Basis gebildet haben, und
2. Bitumina, die aus Erdölen mit asphaltischer Basis entstanden sind.

Die Bitumina aus Erdölen mit paraffinischer Basis scheiden als Straßenbaubindemittel vollständig aus, da sich in der Praxis erwiesen hat, daß der hohe Paraffingehalt die Klebkraft und die zähe, elastische sowie dehnbare Eigenschaft des Bitumens vermindert, die Rissebildung herbeiführt und daher die Lebensdauer der Straße verkürzt<sup>13)</sup>. Wichtig sind hingegen für den elastischen Straßenbau die Bitumina, die aus Erdölen mit asphaltischer Basis entstanden sind. Sie liefern ein außerordentlich gutes, schmierfähiges, klebfähiges, knetfähiges und wasserabstoßendes Bitumen, das außerdem sehr wetterbeständig ist. Der einzige Nachteil besteht darin, daß die Straße infolge der guten Knetfähigkeit und Schmierfähigkeit leicht glatt werden und daß die Bitumina ein schlechtes Benetzungsvermögen für das Mineral haben; wie sich hier die Chemie geholfen hat, wird später besprochen werden.

Die Elastizität und Dehnbarkeit eines guten Bitumens zeigen die beiden Abb. 4 u. 5. — Bei Abb. 4 ist das elastische Bitumen durch Erdol-gase ausgedehnt, ohne zu zerreißen. Abb. 5 zeigt die künstliche Zerstörung dieser elastischen Haut.

Die in Deutschland am meisten verwendeten Bitumina stammen von der Ebano-Gesellschaft, der Deutsch-Amerikanischen Petroleum-Gesellschaft, der Deutschen Gasolin AG. und der Rhenania-Ossag.

Verwendung finden die Bitumina und Asphalte in der Straßenbaupraxis bei den verschiedenen Verfahren der Walzasphalte, der Stampf- und Gußasphalte, im Tränkverfahren und als Zusatz zu Straßenteeren. Um nur geeignetes Material in die Hand zu bekommen, sind Vorschriften über die Eigenschaften und Untersuchungen ausgearbeitet worden, von denen die neuesten, die Vorschriften des Deutschen Straßenbau-Verbandes, darauf beruhen, die durch das Paraffin hervorgerufenen ungünstigen Wirkungen auszuschalten und entsprechend den einzelnen Verwendungszwecken bestimmte Anforderungen an die Bitumina zu stellen.

Für Deutschland bleibt der wichtigste elastische Straßenbaustoff der aus der Steinkohle bzw. dem Steinkohlenteer erzeugte Straßenteer. Er kann nach den verschiedensten Systemen und aus den verschiedensten Kohlenarten hergestellt werden<sup>14)</sup>. Die beiden bekanntesten Typen von Straßenteeren sind:

1. der sog. „destillierte Straßenteer“, der erhalten wird durch Abnahme der leichtsiedenden Bestandteile von dem Steinkohlenrohteer bis etwa 250° und Einstellen auf die verlangte Zähflüssigkeit mit schweren Teerölen;
2. der sog. „Anthrazenölteer“, der erhalten wird durch geeignete Mischung von Handelssteinkohlenpech mit Anthrazenölen.

Welcher Straßenteer der geeignetste ist, läßt sich schwer entscheiden, da mit beiden Arten gute Erfahrungen in der Praxis gemacht wurden. Der sog. „destillierte Straßenteer“ besitzt alle Teerstoffe in natürlicher inniger Mischung; bei seiner Herstellung werden hohe Hitzegrade vermieden. Eine erhöhte Kohlenstoffbildung ist daher ausgeschlossen. Beim

<sup>13)</sup> A. von Skopnik, Asph. Teer 1929, Heft 29.

<sup>14)</sup> A. von Skopnik und I. M. von Mildenstein, Asph. Teer 1929, Heft 48.

„Anthrazenölteer“ hat es hingegen der Fabrikant besser an der Hand, die im Teer schädlichen Bestandteile bis auf ein Mindestmaß herunterzudrücken, andererseits muß er eine künstliche Mischung herstellen und Pech verwenden, das höheren Hitzeegraden ausgesetzt war.

Da viele Steinkohlenteere sich nicht für die Herstellung von Straßenbaustoffen eignen, hat man Vorschriften für ihre chemische Zusammensetzung und physikalischen Eigenschaften sowie für die praktische Untersuchung festgelegt, die in einzelnen Ländern entsprechend ihrem Klima und den zur Verfügung stehenden Rohstoffen voneinander abweichen<sup>15)</sup>.

Der Straßenteerverbrauch ist in den letzten Jahren mit dem Ausbau für automobillfähige Straßen gewaltig gestiegen, wie aus der Zusammenstellung 2 hervorgeht<sup>16)</sup>.

Zusammenstellung 2.

	Frankreich in t	England in t	Vereinigte Staaten in t	Deutschland in t
1924	85 000			3 000
1925	127 000		400 000	12 000
1926	137 000	500 000		60 000
1927	175 000	600 000		85 000
1928	250 000	700 000	600 000	97 000

Der Straßenteer besitzt genügend Schmierfähigkeit, verteilt sich gut auf dem Gestein, hat ein gutes Eindringungsvermögen in den Straßenkörper und ist wasserabstoßend. Weniger gut ist seine Klebfähigkeit, Knetfähigkeit und Wetterbeständigkeit. Mit Straßenteer gebaute Straßen sind daher außerordentlich standfest und verlagern sich ohne Wellenbildung. Die erwähnten Mängel sucht man zu mildern und zu beseitigen dadurch, daß man den Straßenteer einer chemischen Vorbehandlung unterwirft oder geeignete Stoffe zusetzt, wie z. B. Kumaronharze, Bitumen, Asphalte usw. Von diesen Teerpräparaten sind besonders der „Wetterteer“ der Verkaufsvereinigung für Teererzeugnisse, „Gebalit-Teer“, Taroid-Teer, Tarvia-Teer und andere bekannt.

Über die Frage des Bitumenzusatzes ist schon viel geschrieben worden. Das wichtigste Ziel des Bitumenzusatzes ist, einen Teil des starren Steinkohlenteerpeches durch knetbares elastisches Bitumen zu ersetzen. Man wird daher für die Mischungen ein Bitumen wählen, das nur wenig ölige Bestandteile enthält mit etwa einem Schmelzpunkte nach Krämer-Sarnow von 45 bis 50°<sup>17)</sup>. Solche Bitumina lassen sich auch verhältnismäßig gut vermischen und geben praktische, homogene Bindemittel. Einen wirklich technischen Effekt, der dem erwähnten Grundgedanken entspricht, wird man aber erst bei Zusatz von mindestens 15 bis 20% Bitumen erhalten. Eine ähnliche, aber verstärkte Wirkung soll der Trinidad épuré beim Teer hervorrufen, so daß zur Mischung nur 10% notwendig sind<sup>18)</sup>.

Als eine Sonderform des deutschen Straßenteers ist der V. f. T. Wetterteer zu betrachten. Er besitzt ein spezifisches Gewicht bei 25° nicht höher als 1,24.

- Wasser . . . . . nicht mehr als 0,5%
- Tropfpunkt . . . . . über 30°
- Erstarrungspunkt . . . . . unter — 25°
- Siedeverlauf: bis 270° nicht mehr als 1% Destillat
- bis 300°       "       "       5%
- Saure Öle . . . . . keine
- Naphthalin . . . . . frei
- Freier Kohlenstoff . . . . . nicht mehr als 18%.

Da der Wetterteer eine Art Weichpech ist, muß er bei der Verarbeitung auf etwa 130° erhitzt werden, während der gewöhnliche Straßenteer bei etwa 80° verarbeitet werden kann.

Zur möglichst innigen Mischung der Bitumenbestandteile mit Teer mischt die Firma Rund & Co., Spandau, Steinkohlenteer von bestimmter Beschaffenheit mit mexikanischem Rohöl und destilliert das Gemisch bis zur gewünschten Viskosität des Straßenteers.

Eine sehr interessante Präparierung des Straßenteers ist durch den erst kürzlich eingeführten, in der Kälte flüssigen „Vialit-Straßenteer“ geschaffen worden, der wohl durch geeignete Zusätze die wertvolle Eigenschaft besitzt, auch nassen und staubigen Splitt zu einer festen Masse zu vereinigen. Hierdurch wäre es möglich, auch mit dem Splitt gefahrlos zu arbeiten, der, wie es in der Praxis nicht zu umgehen ist, lange am Straßenrand gelagert hat und verstaubt ist. In England hat das sogenannte Tarvia-Verfahren Bedeutung gewonnen, bei dem der

Teer durch Zusatz von 5% eines — in seiner Zusammensetzung nicht bekannten — Mittels verbessert werden soll<sup>19)</sup>.

Der Straßenteer muß sich dem verschiedenen Gesteinsaufbau, dem Verwendungszweck und der Gesteinsart anpassen, so daß bald ein dickflüssiger, bald zäher Straßenteer verlangt werden muß. In chemischer Hinsicht muß der Straßenteer möglichst gleichmäßig zusammengesetzt sein und möglichst geringe Mengen von den Bestandteilen enthalten, die anerkannt unwirksam und für die Lebensdauer der Straße schädlich sind. Die zur Zeit bestehenden Vorschriften werden entsprechend den Erfahrungen ständig überarbeitet.

Der Straßenteer findet Verwendung für Oberflächenteerung und im Tränkverfahren, besonders aber in letzter Zeit beim Teersplittverfahren<sup>20)</sup> und beim Teerbeton<sup>21)</sup>.

Die Teerstraßen sind als anerkannt verkehrssicher geschätzt, da sie eine rauhe, griffige Oberfläche haben. Die Rauheit der Oberfläche kann nur durch das Steingerüst hervorgerufen werden. Der Teer erfährt dort, wo er in dünnster Schicht auf Steinen und Steinchen der Oberfläche ausgebreitet liegt, eine Verdickung und Verharzung. Er wird in dieser feinen Verteilung schließlich fest und reibt sich ab<sup>22)</sup>. Das fein verteilte, an der Oberfläche der Steine abgelagerte Bitumen wird hingegen nicht fest wie der Straßenteer, der Überschuß wird in die Poren der Straßenoberfläche abgeschoben und imprägniert die Mineralflächen. Hierdurch wird natürlich eine glatte, aber wenig abschleifbare Steinoberfläche erreicht.

Der Straßenerbauer wird daher als Bindemittel, je nach dem Verwendungsgebiet und den Ansprüchen des Verkehrs, Teer oder Bitumen oder Mischungen dieser beiden Baustoffe oder beide Stoffe nebeneinander verwenden müssen.

Ein Nachteil des Bitumens ist, daß es sich schwer verarbeiten läßt. Seine Verarbeitungstemperatur liegt zwischen 180 und 200°. Gegen höhere Temperaturen ist es sehr empfindlich<sup>23)</sup>. Deswegen hat der Deutsche Straßenbau-Verband in seinen Vorschriften<sup>24)</sup> den Gewichtsverlust während 5 Stunden bei 163° möglichst gering bemessen. Ferner besitzt das Bitumen eine verhältnismäßig schlechte Benetzungskraft gegenüber dem Gestein, besonders wenn letzteres abgekühlt und feucht ist. Es wäre denkbar, geeignete Maschinen zu konstruieren, die es ermöglichen, im großen Maßstabe das auf 180 bis 200° erwärmte Bitumen gleichmäßig auszusprengen. Bis jetzt ist es aber der Maschinenindustrie nicht gelungen, eine wirklich brauchbare, für den Großbetrieb geeignete Bitumen-Sprengmaschine zu konstruieren.

Hingegen hat die Chemie das Problem der Feinverteilung des Bitumens und daher auch das der geeigneten Benetzung des Gesteins durch Bitumen auf kaltem Wege durch Herstellung von Bitumen-Emulsionen glänzend gelöst. Diese Emulsionen sind Dispersionen von Bitumenteilchen in Wasser unter Zuhilfenahme sehr geringer Mengen eines teils straßenbautechnischen, teils unschädlichen Emulgators.

Die Folge der Bewährung der Emulsionen in der Praxis war, daß zahlreiche Emulsionspräparate wie Pilze aus der Erde schossen, die natürlich nicht immer so zusammengesetzt sind, wie es der Straßenerbauer unbedingt verlangen muß, und es wäre nur im Interesse dieser wichtigen Erfindung und für die Entwicklung des deutschen Straßenbaues zu hoffen, daß ein großer Teil verschwindet und die wirklich guten Straßenbau-Emulsionen weiter ausgebaut werden, damit sie dort verwendet werden können, wo sie am Platze sind. Wenn auch der Straßenteer eine Emulgierung nicht so notwendig hat wie das Bitumen, so sind doch hier auch einige gute Präparate (Vialit, Magnon X) auf dem Markt und leisten in nebligen Gegenden im Straßenbau gute Dienste.

Die letzten Jahre der Entwicklung des Straßenbaues haben gezeigt, daß eine energische, durchgreifende Auswahl der Baustoffe für die Lebensdauer der Straße unbedingt notwendig ist. Sowohl das Mineral wie auch das Bindemittel unterliegen zur Zeit Vorschriften, die, von der Praxis ausgehend, nach Möglichkeit engbegrenzt sind. Auch die Untersuchungsverfahren sind in den letzten Jahren verbessert, und Apparaturen geschaffen worden, durch die sich genaue Prüfungen ausführen lassen, deren Ergebnisse die Praxis leicht auswerten kann. —

Neben dem elastischen Straßenbau hat auch der starre Straßenbau, der Betonstraßenbau, der in Amerika eine große Ausdehnung gefunden hat, in letzter Zeit Fortschritte gemacht. Hier ist wohl besonders das Solidität-Beton-Verfahren zu erwähnen.

<sup>19)</sup> C. H. Kohler, Jahrbuch für Straßenbau 1929, S. 342. München u. Berlin. Verlag R. Pflaum.

<sup>20)</sup> E. Kuthe, Verk.-T. 1929, Heft 35.

<sup>21)</sup> E. Herion, Straßenbau 1929, Heft 4.

<sup>22)</sup> H. Mallison, Straßenbau 1929, Heft 4.

<sup>23)</sup> K. Krüger, „Über mineralische Baustoffe“, S. 47. Berlin 1929. Allgemeiner Industrie-Verlag, u. P. C. Spielmann, Asph. Teer 1929, Heft 46.

<sup>24)</sup> Asph. Teer 1929, Heft 22.

<sup>15)</sup> K. Wienecke, Verk.-T. 1929, Heft 5.

<sup>16)</sup> Mitteilung der Auskunft- und Beratungsstelle für Teerstraßenbau, Essen.

<sup>17)</sup> Asph. Teer 1929, Heft 22.

<sup>18)</sup> P. Wichert, Asph. Teer 1929, Heft 36.

Alle Rechte vorbehalten.

## Maschinelles Straßenbau.

Von Dipl.-Ing. Castner, Berlin.

Wie auf allen Gebieten des öffentlichen und des privaten Lebens bis in die Haushaltungen hinein, so hat auch im Straßenbau die Einführung von Maschinen in den letzten zehn Jahren gewaltige und ungeahnte Fortschritte gemacht. Es ist noch gar nicht so lange her, daß gerade der Straßenbau jahraus jahrein eine sehr stattliche Schar von Arbeitern beschäftigte, wobei als besonderer Vorteil galt, daß dies nahezu ohne Unterbrechung auch in den Wintermonaten geschah, in denen die übrigen Bauarbeiten mit ganz wenigen Ausnahmen zum Stillliegen verurteilt waren.

Heute ist das ganz anders geworden. War es während der Kriegsjahre der tatsächliche Mangel an Arbeitskräften und in den ersten Nachkriegsjahren derjenige an Arbeitswilligen, der zur Verwendung von Maschinen in immer größerem Umfange zwang, so fand diese Bewegung ihre beschleunigte Fortsetzung durch die in den späteren Jahren immer fühlbarer werdende ungeheure wirtschaftliche Not unseres Landes und Volkes. Mit eiserner Notwendigkeit zwang diese auf allen Gebieten zur größten Wirtschaftlichkeit bis in die scheinbar unwesentlichsten Dinge hinein. Eine Wirtschaftlichkeit im Betriebe ist heute aber nur erreichbar durch weitestgehende Ausschaltung der teuren Arbeitskraft von Mensch und Tier und ihren Ersatz durch nicht ermüdende Maschinenkraft.

Doch nicht nur die allgemeine wirtschaftliche Notlage zwang zur immer umfangreicheren Benutzung von Maschinen im Straßenbau, sondern auch die Anforderungen, die der gewaltig gestiegene Verkehr, insbesondere mit schweren Lastkraftwagen, die mit ihren hohen Fahrgeschwindigkeiten eine früher weder gekannte, noch geahnte Beanspruchung der Straßen herbeiführen, waren mit der bisherigen Arbeitsweise nicht mehr zu befriedigen. Nur die gut geleitete Maschine ist imstande, in unermüdlicher Tätigkeit gleichmäßige und dank ihrer größeren Kraftentfaltung auch gründliche und sorgfältige Arbeit zu liefern.

Die älteste Straßenbaumaschine, zugleich auch bis auf den heutigen Tag die wichtigste, ist die Walze, die allerdings, mitgehend mit den Fortschritten der allgemeinen Entwicklung der Technik, im Laufe der Zeit eine große Anzahl durchgreifender Verbesserungen und Verfeinerungen erfahren hat, die zu einem erheblichen Teil in unmittelbarem Zusammenhang stehen mit dem Übergange vom animalischen zum maschinellen Antrieb. Mit der Besprechung der Walzen soll daher auch, nach einigen allgemeinen Ausführungen, diejenige der eigentlichen Straßenbaumaschinen begonnen werden.

Die systematische Einführung der Steinbahn in ihrer bis heute wenig veränderten Form — Unterbau aus Packlage oder Grobschotter und Oberlage aus Kleinschlag — als Befestigung der großen Heerstraßen geht etwa bis auf das Jahr 1750 zurück. Die vielfach verbreitete Ansicht, daß Napoleon I. der Schöpfer des neuzeitlichen Straßenbaues sei, trifft somit nicht zu, wenn er auch die ungeheure Wichtigkeit befestigter Heerstraßen genau erkannte und dafür sorgte, daß seine Geodäten unmittelbar seinen Heeressäulen folgten, um sofort die erforderlichen Vermessungen vorzunehmen und neue Straßenbaupläne zu entwerfen.

Die Befestigung der Packlage und des Schotters geschah mit Hilfe von Walzen zunächst höchst einfacher Ausführung, die der Ackerwalze nachgebildet, aber mit Eisen beschlagen waren. Nach und nach entwickelten sich aus ihnen die Pferdewalzen, die noch bis in das letzte Jahrzehnt des vorigen Jahrhunderts hinein allgemein verbreitet waren, die aber heute nahezu vollständig verschwunden sind.

Im Jahre 1861 wurden erstmals Dampfwalzen gebaut, und zwar in Frankreich. Es waren in Anbetracht ihrer Leistung gewaltige Ungetüme mit oszillierenden Zylindern und Kettenantrieb. Auch weitere Versuche, die u. a. von der Firma Maffei in München angestellt wurden, bedeuteten kaum einen Fortschritt. Erst Aveling in Rochester baute 1871 die erste wirklich brauchbare Dampfwalze, die das Vorbild aller späteren gleichartigen Maschinen bildet. Die französische Walze mit zwei unter dem Kessel liegenden Walzrädern erhielt später eine Nachfolgerin in der heutigen Tandemwalze. Etwa um das Jahr 1890 konnte man die Konstruktion der Dampfwalze als grundsätzlich abgeschlossen betrachten. Hiernach setzten dann die Verbesserungen und Verfeinerungen ein, die sich aber nicht so sehr auf den Walzvorgang selbst als auf die Kraftquelle und die Kraftübertragung bezogen.

Kurz vor dem Kriege fing der Explosionsmotor an, als Kraftquelle auch für die Straßenwalze Beachtung zu finden, in Deutschland zunächst für kleine Planumwalzen, die bei den Kanalbauten gebraucht wurden. Aber auch bei der Konstruktion der Motorwalze wurde am eigentlichen Walzvorgang nichts geändert.

Die Dreiradwalze in ihrer von Aveling grundsätzlich festgelegten Konstruktion trat ihren Siegeslauf durch die ganze Welt an. Von Hause aus war England der hauptsächlichste Lieferant von Straßenbaumaschinen aller Art, insbesondere von Straßenwalzen, und noch bis vor wenigen Jahren gingen alljährlich viele Millionen Geldes dorthin, um für den Ankauf derartiger Maschinen Verwendung zu finden. Heute ist hierin

allerdings eine grundlegende Änderung insofern eingetreten, als Deutschland in der Lage ist, nicht nur seinen eigenen erstaunlich gewachsenen Bedarf an diesen Maschinen durch eigene Erzeugung zu decken, sondern darüber hinaus noch eine von Jahr zu Jahr größer werdende Zahl von ihnen in alle Weltteile auszuführen.

Wenn die Dampfwalzen auch recht langsam arbeiten, so liefern sie doch bei guter Führung einwandfreie Arbeit. Den besten Beweis hierfür lieferten die wohlunterhaltenen Chaussees der Vorkriegszeit, die für jeden Benutzer eine Freude waren.

Auch bei den nicht allzu zahlreichen Teer- und Walzasphaltstraßen, die vor dem Kriege gebaut wurden, war die Walze ein seiner Zuverlässigkeit wegen unentbehrliches Arbeitsgerät. Die Schwierigkeit bestand vor allem darin, haltbare Decken zu bekommen. Wenn auch Richardson bereits 1894 seine abschließende Untersuchung über Walzasphalt veröffentlicht hatte, so war doch die ganze Sache damals noch allzu neu, und ganz besonders fehlte es an den notwendigen Erfahrungen. Mit dem Teerstraßenbau in England und Deutschland, den beiden hauptsächlichsten Teerländern, ging es nicht viel besser. Hier hat es wegen der Kompliziertheit des Bindestoffes sogar noch länger gedauert, bis man zu sicheren Leitsätzen kam.

Inzwischen kam der Krieg und damit eine bisher nicht gekannte Inanspruchnahme aller Straßen, insbesondere durch die immer schwerer werdenden und immer schneller fahrenden Kraftfahrzeuge. In verhältnismäßig kurzer Zeit waren die mühsam hergestellten Schotterstraßen in Grund und Boden gefahren. Jahrelang hatten ganze Scharen von Dampfwalzen damit zu tun, sie wieder in brauchbaren Zustand zu versetzen.

Trotz allen anfänglichen Mißtrauens seitens der Baubehörden und trotz aller anfänglichen Fehlschläge wurden immer neue Versuche mit Teerstraßen angestellt. So gelang es, der fortschreitenden Zerstörung der Schotterstraßen Einhalt zu gebieten, und zwar zunächst durch das einfache Verfahren der Oberflächenbehandlung. Der Erfolg war unbestreitbar, und die Schotterstraße mit der verschiedenartigsten bituminösen Bindung hält eine Weile Stand.

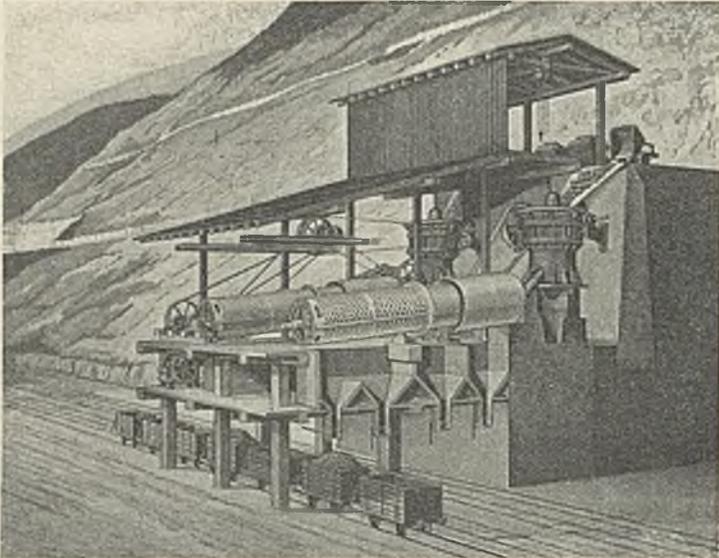
Mittlerweile war der Walzasphalt von England über Holland nach Deutschland gekommen und findet hier, insbesondere in den letzten Jahren, mehr und mehr Aufnahme.

Mit dem Fortschreiten der bituminösen Behandlung der Straßen und der bituminösen Dauerdecken, sowie mit der weiteren Zunahme des Kraftverkehrs ergab sich notwendigerweise eine ganz neue Art der Straßenbeanspruchung, aber auch der Straßenunterhaltung.

Der Kraftwagen gerät durch die große Geschwindigkeit in Zusammenwirken mit der entsprechend ausgestalteten Federung bei jeder Unebenheit der Fahrbahn in Schwingungen, die für den Fahrer un bequem sind, noch mehr aber der Straße schaden. Die Folgen dieser Schwingungen sind die in der Schotterdecke entstehenden Spuren, die in ihrem Aussehen Perlenschnüren zu vergleichen sind. Die weit verbreitete Ansicht, daß diese Wellenbildungen eine unvermeidliche Begleiterscheinung aller bituminösen Straßendecken, insbesondere aber des Walzasphaltes seien, ist unzutreffend. Die Bildung von Wellen in der Straßendecke hat vielmehr verschiedene Ursachen, die sich aber bei sorgfältiger Herstellung vermeiden lassen.

Von größter Wichtigkeit ist, daß schon der Unterbau sorgfältig gebnet wird. Erfahrungsgemäß verdichtet sich die bituminöse Decke unter der Walze wie unter den Einwirkungen des darüber rollenden Verkehrs um etwa 25%. Das heißt, jede Unebenheit in der Unterbahn zeichnet sich in der fertigen Decke mit etwa einem Viertel ab. Dann wird bei dem Auftragen der heißen, plastischen Masse in der Regel dadurch gesündigt, daß sie in größeren Haufen hingeworfen oder hingeschüttet wird, um dann mit Gabeln und Rechen verteilt zu werden. Jeder auch noch so kleine Haufen verdichtet sich in der Mitte am meisten, weil dort der Druck am größten ist. Bei der Verteilung sieht zwar die Oberfläche gleichmäßig aus, aber die Dichte des Inhaltes ist ganz verschieden. Am größten ist sie in der Mitte, am kleinsten an den Rändern. Dazu kommt, daß beim Auseinanderreißen der Haufen vielfach noch eine Entmischung des in ihm enthaltenen Materials eintritt, die schon beim Transport in ungeeignetem Gerät ihren Anfang nimmt und zur Folge hat, daß in der Decke Stellen mit feinem und grobem Material abwechseln.

Eine weitere Fehlerquelle liegt in der Oberflächenbehandlung. Sie zeigt sich besonders bei Schotterdecken, die nur notdürftig geflickt, nicht aber vollständig und sorgfältig erneuert wurden. Selbst bei guten Schotterdecken und bei bituminösen Dauerdecken, soweit solche infolge ihrer Zusammensetzung eine Oberflächenbehandlung erfordern, entstehen gerade durch letztere häufig Wellen, nämlich dann, wenn das Bindemittel, Teer oder Asphalt, ungleichmäßig aufgetragen wird. Viel Bindemittel bindet auch viel Splitt, während an den weniger bestrichenen Stellen sich auch

Abb. 1. Schotterwerk für 70 bis 80 m<sup>3</sup> Stundenleistung.

nur geringe Splittmengen sammeln werden, die schon nach kurzer Zeit vom Kraftverkehr vernichtet und zur Seite geschleudert werden.

Eine dritte Fehlerquelle schließlich liegt in der Walzung und in den dabei verwendeten Walzen selbst, die möglichst große Räder haben sollen. Diese haben eine große Auflagefläche und können deshalb keine tiefen Eindrücke hinterlassen. Jede in der Decke enthaltene Unebenheit, gleichviel auf welche Ursache sie zurückzuführen ist, gibt beim Befahren die Veranlassung zur Bildung von immer größer werdenden Wellen und Schlaglöchern, die eine vorzeitige Zerstörung der Straßendecke und ihre häufige Instandsetzung bedingt.

Schotter und Splitt werden im neuzeitlichen Straßenbau in immer größeren Mengen verarbeitet. Die Nachfrage besonders nach Splitt hat in den letzten Jahren einen solchen Umfang angenommen, daß sie nicht mehr durch die bei der Schotterherstellung anfallenden Mengen befriedigt werden konnte.

Schotter für den Straßenbau sowie Steinschlag zur Herstellung von Beton wird heute allgemein maschinell gewonnen, indem das Gestein in Brechmaschinen zerkleinert und dann auf verschiedene Größen abgesiebt wird. Der Arbeitsgang auf Schotterwerken (Abb. 1) gestaltet sich in der Regel so, daß die Steine auf Wagen herangebracht und vom Brecher auf die gewünschte größte Stückgröße zerkleinert werden. Das gebrochene Gut wird in einer Siebtrommel in verschiedene Kornklassen getrennt, die gesondert in Behälter oder bereitgestellte Eisenbahnwagen fallen. Die Zerkleinerung des Gesteins geschieht in Rundbrechern oder in Steinbrechern (Backenbrechern). Die Verwendung der einen oder der anderen Maschinenart richtet sich nach den örtlichen Verhältnissen sowie nach den an den Brecher zu stellenden Anforderungen. Aber auch die Bruchfähigkeit des zur Verarbeitung kommenden Gesteins darf bei der Auswahl nicht unberücksichtigt bleiben. Rundbrecher kommen besonders für große Leistungen in Betracht (15 bis 60 m<sup>3</sup>/h). In ihm arbeitet exzentrisch ein gerippter Brechkegel, der die Steine durch Druck an der Wandung des Brechers zerkleinert. Der Brechrumpf ist mit einem sehr widerstandsfähigen, gerippten Futterring ausgekleidet, der nach Verschleiß



Abb. 4. 14 t-Heißdampf-Dreiradwalze bei Walzarbeiten auf der Straße Rom—Civitavecchia.

der unteren Ringhälfte umgekehrt und dann weiter benutzt werden kann, bis auch die andere Hälfte abgenutzt ist. Die Backenbrecher zerkleinern das Gestein zwischen zwei geriffelten Brechbacken. Der Austragspalt und damit die Stückgröße des Schotters läßt sich leicht regeln. Fahrbare Schotteranlagen (Abb. 2) bestehen aus einem Backenbrecher und einer Siebtrommel. Letztere ist mit dem Brecher gelenkig verbunden, so daß auch unebenes Gelände befahren werden kann.

Zur Splitterzeugung werden heute durchweg nur noch Walzenbrecher verwendet, die sich ihrer Wirkungsweise nach am besten für diesen Zweck eignen, wenn sie den besonderen Anforderungen entsprechend durchgebildet sind. Bei dem in Abb. 3 wieder-

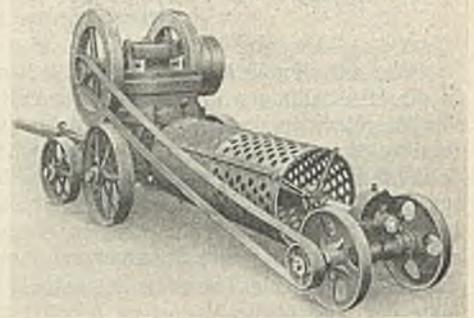


Abb. 2. Fahrbare Schotteranlage.

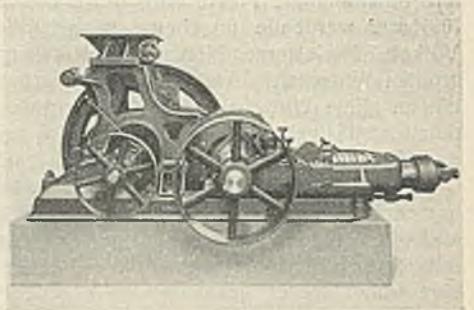


Abb. 3. Splitt-Walzenbrecher mit Gleitrahmen.

gegebenen Walzenbrecher ist die eine Walze in einem gabelförmigen Gleitrahmen gelagert, der sich auf dem Maschinenhauptrahmen gegen eine zentral angeordnete Kegelfeder verschieben kann. Diese Beweglichkeit der einen Walze gegenüber der anderen festgelagerten hat den Zweck, besonders harte Steine oder ein etwa in die Mühle gerates Eisenstück durch den Spalt hindurchgehen zu lassen, ohne daß sie einen Bruch in der Maschine herbeiführen. In dem Gleitrahmen aber ist die bewegliche Walze so starr gelagert, daß sie unter keinen Umständen schiefe ausweichen kann. Die Spaltweite wird durch Einlegeplatten zwischen Gabelrahmen und Hauptrahmen eingestellt. Dazwischengelegte Gummipuffer dämpfen Rückstöße auf den Hauptrahmen ab. Besonders bemerkenswert ist ferner die Ausführung der aus Kern und Mantel bestehenden Walzen. Der Walzenkern ist aus zwei Teilen zusammengesetzt, von denen der eine auf die Stahlwelle aufgepreßt ist, während durch den anderen als Klemmring der Mantel festgezogen wird. Beide Walzen werden einzeln durch Riemen angetrieben. Da die Riemenscheibe der fest gelagerten Walze zugleich als Schwungrad ausgebildet ist, wird auch bei zeitweisen Überlastungen ein ruhiges Arbeiten erreicht. Das Rohgut läßt man in den meisten Fällen den Walzen durch einen auf dem Maschinenrahmen befestigten Schüttel-speiser zuführen, sofern es nicht durch eine andere Aufgebavorrichtung gleichmäßig zufließt. Durch die Reibung zwischen den Walzenmänteln und dem Aufgebegut wird dieses in den Spalt gezogen und dort zerdrückt. Da die Zerkleinerung nur durch Druck geschieht und das Gestein, ohne von den Walzen nochmals erfaßt zu werden, sofort nach unten durchfällt, sobald es auf die den Spaltweiten entsprechende Korngröße zerkleinert ist, entsteht bei ihnen nur ein geringer Bruchteil an feinem, unerwünschtem Mehl und Sand.

Wenn auch die Konstruktion der deutschen Straßenbaumaschinen in den Anfängen sich vielfach an die englischen Vorbilder anlehnte, so ist sie doch in wesentlichen Teilen, besonders in späteren Jahren, ihre eigenen Wege gegangen. So sind bei den Motor-Tandemwalzen von 2,2 und 3,5 t (Abb. 6) die Vorderradbügel entgegen den sonst meist üblichen Guß-



Abb. 5. 7,5 t-Heißdampf-Dreiradwalze beim Asphalt-Straßenbau.



Abb. 6a. 3,5 t-Motor-Tandemwalze beim Sportplatzbau.



Abb. 6b. 8,5 t-Dieselmotor-Dreiradwalze beim Walzen von Teermakadam.



Abb. 6c. 2,2 t-Motor-Tandemwalze beim Walzen eines Parkweges.

Abb. 6a bis c. Motorwalzen.

ausführungen aus Federstahl gefertigt, diejenigen der anderen Walzen (Abb. 4, 5 u. 6b), wie auch die Sattelstücke aus Siemens-Martin-Stahl im Preßgesenk. Dieses Verfahren ist zwar nicht unwesentlich teurer, bietet dafür aber auch den großen Vorteil, daß die in Gußstücken häufig vorhandenen und schwer feststellbaren Fehler und Spannungen vermieden werden, die unter Umständen schon bei geringfügigen Veranlassungen zum Bruch führen können. Die Siemens-Martin-Stahl-Bügel und Sattelstücke dagegen sind elastisch und nachgiebig, so daß selbst bei schweren Betriebsunfällen höchstens ein Verbiegen der betreffenden Teile eintritt, ein Schaden, der sich aber leicht beheben läßt. Die als füllbare Scheibenräder gebauten Walzenräder haben auswechselbare Kränze aus zähem Stahlguß von I-förmigem Querschnitt. Ohne Schwierigkeiten können sie teilweise mit Sand oder Wasser gefüllt werden. Hiermit besteht die Möglichkeit, das Dienstgewicht sämtlicher Walzen ihrer Größe entsprechend um 0,3 bis 3,0 t zu erhöhen. Dieses Verfahren der Gewichtserhöhung, das erst im Bedarfsfalle an der jeweiligen Arbeitsstelle ausgeführt wird, bietet dem sonst meist üblichen Anschrauben von Belastungsgewichten gegenüber den Vorteil, daß einerseits bei Fahrten und Transporten die Kosten für deren Mitschleppen wegfallen, und daß andererseits die Gewichte nicht vergessen und verloren werden können.

Die Dampfwalzen (Abb. 4 u. 5) werden als Heißdampfwalzen gebaut, und zwar die leichteren Tandemwalzen (mit stehendem Kessel) mit einer Überhitzereinrichtung einfachster Bauart, die schweren Walzen von 7 bis 20 t Dienstgewicht mit der Überhitzer-Bauart „Schmidt“, ein System, das sich im Lokomotivbau bestens bewährt und sich durch unbedingte Betriebsicherheit und wirtschaftliche Arbeitsweise auszeichnet. Die durch die Verwendung von Heißdampf erzielbaren Ersparnisse an Kohle und Wasser betragen etwa 20% gegenüber der Dampfmaschine. Weiter bringt die Heißdampfeinrichtung eine hohe Überlastbarkeit und eine allgemeine Steigerung der Durchzugkraft der Maschine gegenüber Naßdampfmaschinen mit sich. Heißdampf-Straßenwalzen sind imstande, noch auf Steigungen bis 20% zu arbeiten, ohne daß Wasserschläge auftreten. Die liegenden Kessel der abgebildeten Heißdampfwalzen haben sämtlich kupferne Feuerbüchsen und kupferne Stehbolzen, wodurch größte Schonung und längste Lebensdauer des Kessels erreicht wird, da dieser weiche Werkstoff den Wärmedehnungen leicht nachgibt, wodurch Undichtigkeiten vermieden werden. Für die Bedienung der Dampfwalzen wird neben dem Walzenführer gewöhnlich noch ein Hilfsarbeiter herangezogen.

Auch die Vergaser- und Dieselmotoren der in Abb. 6a—c dargestellten Motorwalzen sind bewährte deutsche Erzeugnisse. Die leichtere Motor-Tandemwalze von 2,2 t Dienstgewicht hat einen Deutzer Eintakt-Vierzylindermotor, der bei 800 Umdrehungen/min im Dauerbetriebe 7 PS leistet. Hiermit ist der Walze die Möglichkeit gegeben, auch starke Steigungen und schwieriges Gelände zu befahren, da zu normaler Walzarbeit auf ebenem Gelände nur etwa 30% der Motorleistung benötigt werden. Um eine Überbeanspruchung des Motors bei ungeübter Bedienung zu vermeiden, ist ein Regler vorgesehen, der selbsttätig für eine gleichbleibende Drehzahl sorgt. Außerdem wirkt er brennstoffsparend insofern, als durch ihn ein größerer Brennstoffverbrauch vermieden wird, als der jeweiligen Belastung entspricht. Hierdurch wird erreicht, daß der Motor auch bei der geringsten Belastung wirtschaftlich arbeitet. Die

schweren Motor-Tandemwalzen haben als Antriebmaschine einen Zweizylinder-Kämper-Motor erhalten, der sich zum Betrieb mit Benzol oder Schwerbenzin gut eignet. Er leistet im Dauerbetriebe 12 bis 14 PS. Er ist mit einem Regler gleicher Bauart ausgestattet wie die leichte Motorwalze. Zur Bedienung einer Motorwalze ist ein Mann vollkommen ausreichend.

Das an eine Walze anzuhängende Aufreiß- und Wegeschälgerät (Abb. 7) ist dazu bestimmt, uneben gewordene Wege aufzureißen, zu ebnen, durch Abschälen unkrautfrei zu machen und auch bei Neuanlagen ähnliche Arbeiten zu verrichten. Durch eine mittels Schraubenspindel



Abb. 7. 2,2 t-Motor-Tandemwalze mit Aufreißgerät.

betätigte Hubvorrichtung kann der als Träger der Arbeitsgeräte dienende, an der Walze gelenkig angeschlossene Zugrahmen leicht durch den Walzenführer in die Arbeits- bzw. Ruhestellung gebracht werden. Auch der Tiefgang des Gerätes ist während der Fahrt jederzeit leicht regelbar. Da die Geräteträger auswechselbar und seitlich beliebig verschiebbar sind, kann die Zahl der Arbeitsgeräte leicht verändert und den jeweiligen Arbeitsbedingungen angepaßt werden.

Vergleichende Walzversuche zwischen Handwalzen und Motorwalzen hatten, auf 1 ha bezogen, folgendes Ergebnis: Bei einer Tagesleistung der Handwalze mit 6 Mann Bedienung von 8000 m<sup>2</sup> kostet 1 ha rd. 215,50 RM, dagegen betragen die Kosten bei einer Motorwalze mit 1 Mann Bedienung und einer Tagesleistung von mindestens 30 000 m<sup>2</sup> nur 7,60 RM/ha. Ähnlich liegen die Verhältnisse beim Aufreißen. Bei der Handarbeit (120 m<sup>2</sup> täglich) ergeben sich 815 RM, bei der Motorwalze mit Aufreißer (mindestens 6000 m<sup>2</sup> am Tage) dagegen nur rd. 47,70 RM/ha. Klarer lassen sich die wirtschaftlichen Vorzüge des Kraftbetriebes wohl kaum vor Augen führen. (Schluß folgt.)

Alle Rechte vorbehalten.

### Betonstraßen in Marsch und Geest der Unterelbe.

Von Landesbaurat Adolf Wiese, Lüneburg.

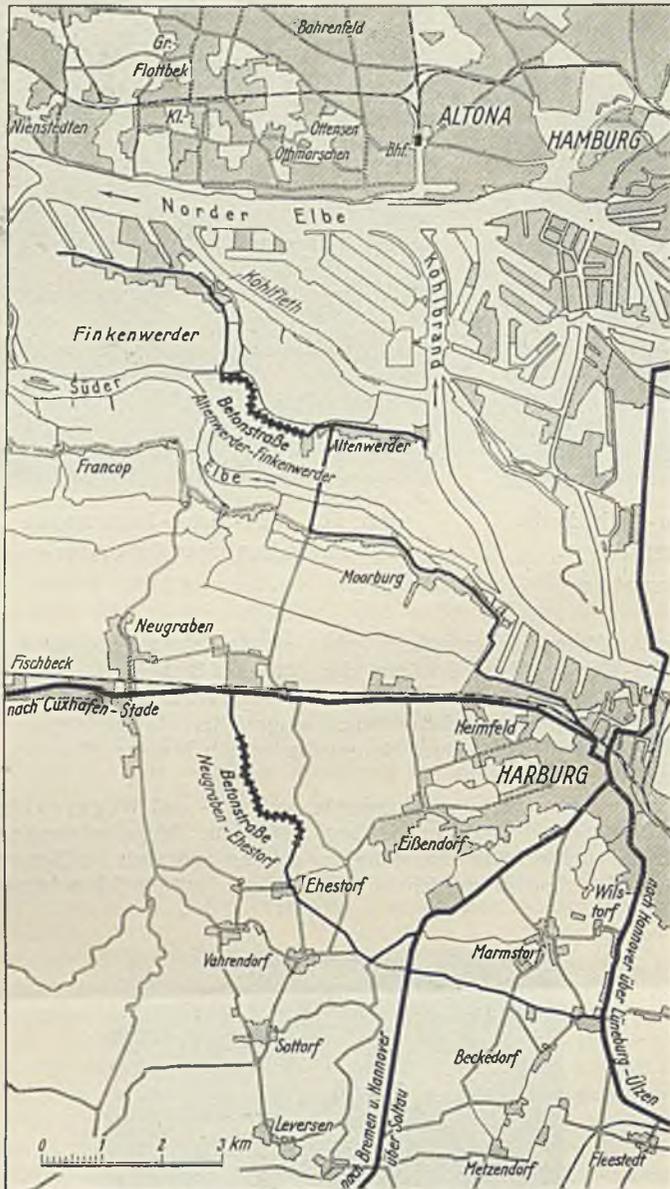


Abb. 1. Übersichtsplan.

In den Jahren 1928 und 1929 waren im Auftrage des Landkreises Harburg durch das Landesbauamt Lüneburg in der Nähe von Harburg zwei Straßenbauten durchzuführen, die wegen der besonderen örtlichen Bedingungen und der technischen und wirtschaftlichen Überlegungen, die zur Anwendung der Betonbauweise führten, zu näherer Betrachtung geeignet erscheinen.

#### A. Betonstraße Neugraben—Ehestorf.

Der sogenannte „Gemeindeweg“ Neugraben—Ehestorf führt von der hart am Rande der Elbmarsch verlaufenden Provinzialchausee Harburg—Stade—Cuxhaven aus bei dem Orte Neugraben nach Süden und verbindet die etwa 70 m höher auf dem Geestrücken liegende Gemeinde Ehestorf mit dieser Chaussee und der Bahnlinie Harburg—Cuxhaven (Abb. 1).



Abb. 2. Vor dem Ausbau.

Der Weg verläuft in etwa 3,7 km Gesamtlänge im Tal des Emmebaches, das wegen seiner schönen Waldbestände ein beliebtes Ausflugsziel für das benachbarte Groß-Hamburg bildet. Er war, abgesehen von kurzen Kopfplasterstrecken bei Neugraben und Ehestorf ganz unbefestigt und, da der Untergrund vorwiegend aus feinem, losem Sand besteht, während eines großen Teiles des Jahres besonders für Kraftwagen kaum befahrbar (Abb. 2).

Der Verkehr war dementsprechend bis zum Ausbau gering und beschränkte sich auf Holzabfuhr und den Wirtschaftsverkehr nach den im Emmetal gelegenen Ausflugsstätten und Landhäusern. Das Hauptziel des Ausbaues, der Gemeinde Ehestorf einen befestigten Wegeanschluß nach Norden an die großen im Elbtale verlaufenden Verkehrslinien zu schaffen,

wäre also durch Herstellung der üblichen Steinschlagbahn auf Packlageunterbau zu erreichen gewesen. Die ersten Verhandlungen der beteiligten Gemeinden mit dem Kreise Harburg als dem Hauptkostenträger bewegten sich auch auf dieser Grundlage. Für die Wahl einer schwereren Bauweise, mindestens aber einer solchen mit Oberflächenbefestigung, sprach die nach dem Ausbau zu erwartende erhebliche Steigerung des leichten Kraftwagenverkehrs auf der Straße und die Bedeutung, die sie als Teilstrecke einer zukünftigen südlichen Umgehungsstraße der Großstadt Harburg und als Querverbindung der von ihr als dem Brückenkopf Groß-Hamburgs nach vier Hauptrichtungen ausstrahlenden großen Durchgangstraßen in absehbarer Zeit gewinnen wird. Auch die bei plötzlichen Regenfällen und Schneeschmelze ungewöhnlich starke und bis zur Durchführung des Straßenbaues ganz unregelmäßige Wasserabführung des Emmetals ließ die Wahl einer Steinschlagbahn wegen der zu erwartenden hohen Unterhaltungskosten nicht angebracht erscheinen.

Entscheidend für Beton als Baustoff waren schließlich die aufgestellten

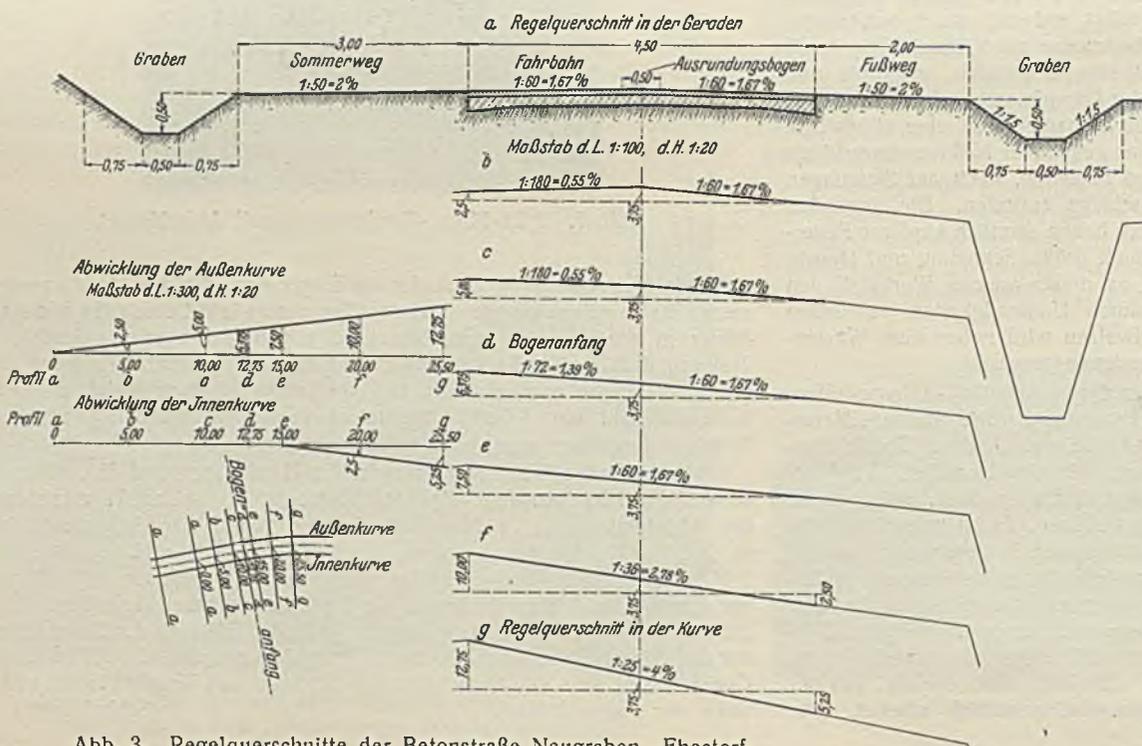


Abb. 3. Regelquerschnitte der Betonstraße Neugraben—Ehestorf.

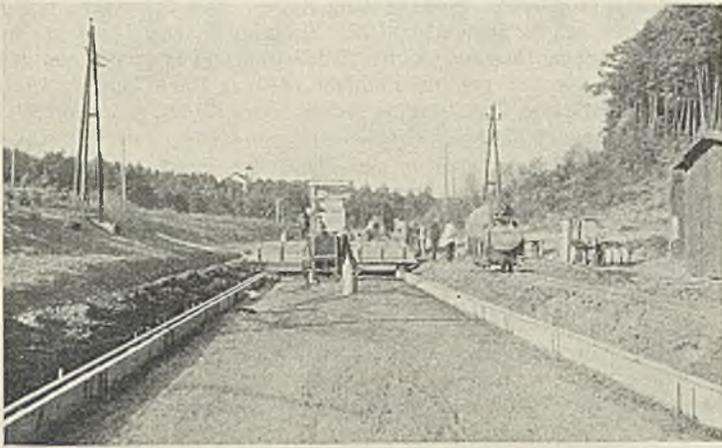


Abb. 6. Fertiges Planum mit Seitenschalung.

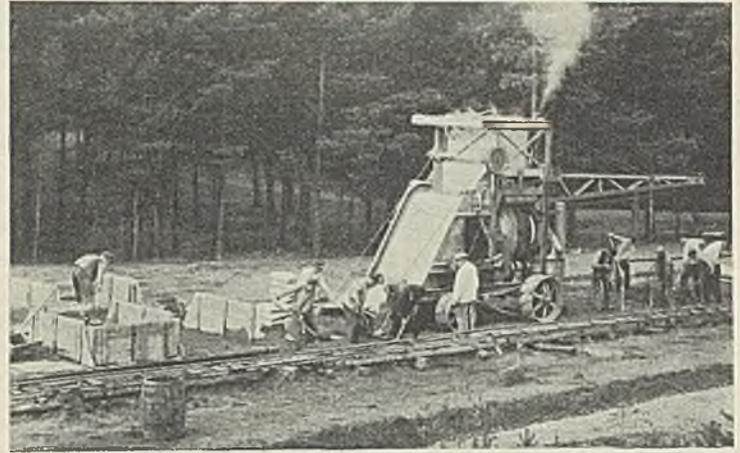


Abb. 7. Mischen und Einbringen des Betons.

vergleichenden Kostenanschläge für eine Steinschlagbahn, für Reihenpflaster und Beton. Sie ergaben bei Außerachtlassung der in jedem Falle etwa gleichbleibenden Kosten für Erdarbeiten, daß die Kosten einer 20 cm starken Betondecke bei Verzicht auf einen besonderen Packlageunterbau mit 11,40 RM/m<sup>2</sup> zwar über denen einer einfachen Steinschlagbahn mit Packlageunterbau, aber ohne jede Oberflächenbehandlung lagen (etwa 9,50 RM/m<sup>2</sup>), aber erheblich unter dem Preise eines guten Reihenpflasters (Granit etwa 16 RM bis 18 RM/m<sup>2</sup>). Hierbei fiel sehr ins Gewicht, daß ein geeigneter Betonkies in nicht zu großer Entfernung zur Verfügung stand, während Schotter und Reihenpflaster durch hohe Fracht- und Anfuhrkosten für diese Gegend sehr verteuert werden.

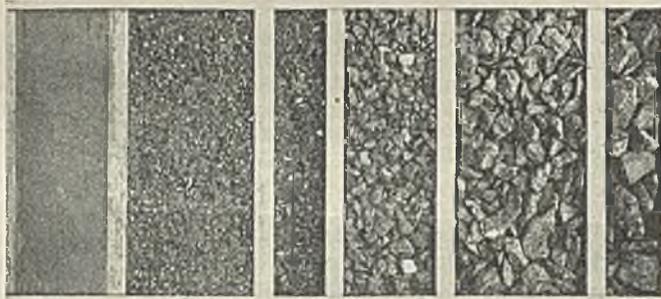


Abb. 4. Zusammensetzung der Deckschicht.

Die Linienführung war durch den Verlauf des Tales und den Wunsch bedingt, umfangreiche Erdarbeiten und teuren Grunderwerb möglichst zu vermeiden. Auch sollten mit Rücksicht auf die Bauweise frische Dammschüttungen in tunlichst geringen Grenzen gehalten werden. Eine größere Anzahl Kurven, vorwiegend mit Halbmessern zwischen 150 und 200 m, und häufigere Gefällwechsel mußten daher in Kauf genommen werden, erschwerten aber die Ausführung der Betonbahn erheblich. Die mittlere Steigung der 2600 m langen Neubaustrecke ist etwa 1:66, die größte Steigung 1:36.

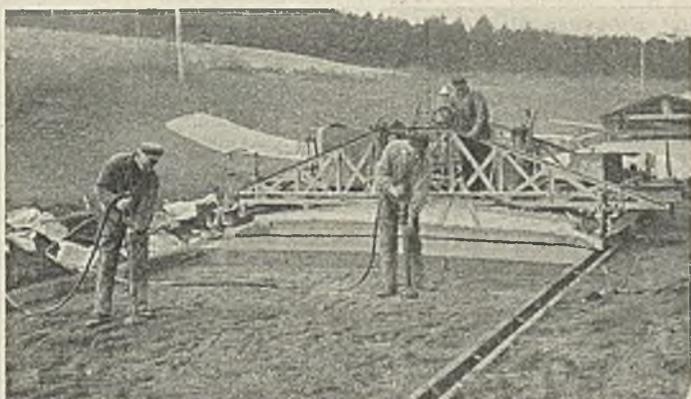


Abb. 8. Stampfen des Unterbetons.

Leider war es mit der zur Verfügung stehenden Bausumme nicht möglich, der kommenden Verkehrsentwicklung schon heute durch eine voll zweispurige Fahrbahn Rechnung zu tragen; die Fahrbahnbreite mußte vielmehr auf 4,50 m beschränkt werden, doch stehen für spätere Verbreiterungen genügend breite Sommer- und Fußwegstreifen zur Verfügung. Die Betonbahn erhielt bei 20 cm Stärke in der Mitte den üblichen dachförmigen Plattenquerschnitt mit beiderseitigem Quergefälle 1:60. Nach

den Rändern zu wurde die Platte wulstförmig auf 25 cm verstärkt (Abb. 3). — In den Kurven wurde durch Heben der Außenkante und Senken der Innenkante ein einseitiges Quergefälle hergestellt, und zwar einheitlich bis zu 1:25 = 4% in Kurvenmitte ohne Rücksicht auf die Verschiedenheit der Halbmesser. Diese einheitliche Durchbildung der Kurven war nötig, um die Betonierungsarbeiten nicht allzu sehr zu erschweren. Es sei schon hier bemerkt, daß die gewählte Art der Kurvenausbildung sich gut bewährt hat und daß die Kurven auch bei hoher Geschwindigkeit gefahrlos und angenehm befahren werden.

Auf Bordsteine wurde aus Ersparnisgründen verzichtet, die oberen Fahrbahnkanten wurden wenig abgeschragt, um Beschädigungen möglichst zu vermeiden. Schwierigkeiten aus dem Übergang zwischen den unbefestigten Seitenstreifen der Straße und der Betonbahn haben sich bis jetzt nicht ergeben. Sollten sie eintreten, so ist eine leichte Befestigung der Randstreifen beiderseits der Fahrbahn durch Schotter mit schwacher Bitumentränkung vorgesehen.

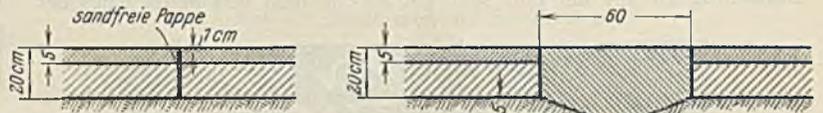


Abb. 5. Fugenausbildung. (1:300.)

Die beiden Schichten der Decke wurden frisch auf frisch betoniert, und zwar die Unterschicht 15 cm stark aus Kiesbeton mit 225 kg Portlandzement (Marke Alsen) auf 1 m<sup>3</sup> fertigen Beton, die 5 cm starke Oberschicht bei 350 kg/m<sup>3</sup> Zementverbrauch mit gewaschenem Hartsteinsplitt, und zwar Langelsheimer Diabas in drei Körnungen bis 15 mm Stärke und Gabbrogrobsplitt 12/20 mm aus den Brüchen der Provinz Hannover bei Bad Harzburg. Als Füller wurde Piesberger Steinsand und ausgesiebter Grubensand verwendet. An den Fugen wurde 100 kg/m<sup>3</sup> Zement mehr zugesetzt (Abb. 4).

Die Feldweite betrug 10 und 15 m. Die senkrecht zur Straßenachse verlaufenden Querfugen wurden als Preßfugen mit einer Einlage von Asbestpappe ausgebildet, einige Fugen versuchsweise auch als sog. breitflächige Doppelfugen mit 60 cm Abstand unter Verwendung von 450 kg/m<sup>3</sup> Zement für das Zwischenstück (Abb. 5).

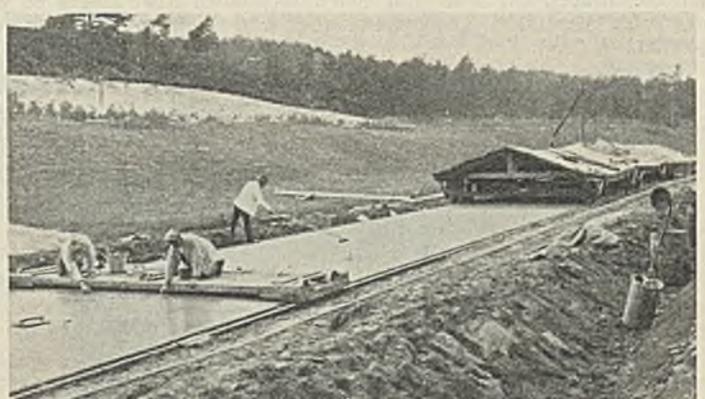


Abb. 9. Nachbehandlung und Schutz der Oberfläche.

Das Mischen geschah in fahrbaren Mischmaschinen, das Stampfen durch Preßluftstamper, das Verdichten des Oberbetons durch Straßenfertiger, in den Kurven durch Handstampfbohlen, die Nacharbeit mit der Hand. Der frisch hergestellte Beton wurde sorgfältig durch Schutzdächer gegen Sonnenbestrahlung und Regen geschützt und später bis zum Abbinden durch Sandabdeckung feucht gehalten. Die fertigen Strecken wurden frühestens nach vier Wochen dem Verkehr überlassen. Bei der

