

DIE BAUTECHNIK

15. Jahrgang

BERLIN, 5. November 1937

Heft 48

Der Kraftwagen und seine Bewegungsvorgänge als Grundlage der Straßengestaltung.

Alle Rechte vorbehalten.

Von Professor Dr.-Ing. E. Neumann VDI, Stuttgart.

Die Beziehungen zwischen Straße und Kraftwagen erstrecken sich nicht nur auf die Berührungsstelle zwischen Reifen und Fahrbahnbefestigung. Von mindestens ebenso großer, wenn nicht sogar für die Sicherheit des Verkehrs noch von größerer Bedeutung ist die Anpassung der Linienführung der Straßen an die Bewegungsvorgänge des Kraftwagens und die Leistungsgrundlagen seiner Antriebsmaschine. Darunter ist zu verstehen die zweckmäßige Anlage der Straße in Breite und Aufriß, die Auswahl der richtigen Querneigung und Überhöhungen, Ausbildung der Krümmungen, Gegenkrümmungen und Übergangskurven, Sichtenordnung u. a. m.

Was bisher auf diesem Gebiete bei der Straßenanlage beachtet ist, kann noch keineswegs als endgültig angesehen werden, da man über die wirklichen im Kraftwagen auftretenden Kräfte und die aus falscher Anlage der Straße entstehenden Gegenkräfte nur sehr unvollkommen unterrichtet ist.

Das Forschungsinstitut für Kraftfahrwesen an der Technischen Hochschule Stuttgart bemüht sich, durch theoretische und Modellversuche in alle noch ungeklärte Fragen Licht zu bringen und dem Straßenbauingenieur die Grundlagen für die richtige Anlage der Straßen an die Hand zu geben. Allerdings setzen sie Kenntnisse des Kraftwagens und seiner Bewegungsvorgänge voraus. Bei der Vielgestaltigkeit der Wagen selbst und der Straßenzustände gelten die Versuche am Prüfstand und am Modell meistens nur für die Versuchsbedingungen, und eine große Zahl von Fragen bleiben noch unbeantwortet, vor allem auch, weil das völlig frei bewegliche Fahrzeug von Menschen gelenkt wird, die verschiedenen inneren und äußeren Bedingungen unterliegen.

Eine befriedigende Lösung ist nur dann denkbar, wenn auf Grund der Untersuchungen am Kraftwagen und der dabei gewonnenen Erkenntnisse Versuchsstrecken, in diesem Falle für den öffentlichen Verkehr, angelegt werden, auf denen die Zweckmäßigkeit der Vorschläge nachgeprüft werden kann.

Es soll versucht werden, die Straßenanlage und Linienführung, unter Berücksichtigung der bisherigen Feststellungen, über die Beziehungen zwischen Fahrzeug und Verkehr zu behandeln. Es handelt sich hierbei nicht so sehr um reine Kraftfahrbahnen, bei denen durch die gestreckte Linienführung die meisten Gefahrenpunkte ausgeschaltet sind. Es handelt sich vielmehr um die Ausgestaltung der Landstraßen und Stadtstraßen, bei denen noch sehr viele Verbesserungen und Veränderungen vorgenommen werden müssen, wenn die Sicherheit des Verkehrs erhöht werden soll. Schließlich ist der Kraftwagen ein Flächenverkehrsmittel. Es muß, wenn es von der Kraftfahrbahn kommt, durch ein anschließendes weitverzweigtes Straßennetz die Möglichkeit haben, bis in die äußerste Siedlung zu gelangen. Nicht die Kraftfahrbahnen allein ersetzen die fehlenden Eisenbahnanschlüsse, sondern erst die Ausstrahlungen ihrer Anschlüsse verflechten auch den letzten Siedler mit der anderen Welt.

Könnte man mit Recht dem Straßenbau den Vorwurf machen, daß er gegenüber der schnellen Entwicklung des Kraftfahrzeuges zurückgeblieben ist, so gilt von der Ausgestaltung der Kraftfahrbahnen, daß sie dem Fahrzeug vorausgeeilt sind. Bei den Bemühungen, die Vorteile und Möglichkeiten, die die Kraftfahrbahn dem Fahrzeug bietet, auszunutzen, könnte leicht ein Fahrzeug entstehen, das auf der gewöhnlichen Land- und Stadtstraße nicht viel ausgenutzt werden kann und schwer beweglich wird. Die Forderungen nach großer Geschwindigkeit, Bergsteigvermögen und Beschleunigung, Richtungsstetigkeit und Federung sind je nach Verwendungszweck sehr verschieden. Die starke Anpassung an die eine Anforderung kann die anderen beeinträchtigen. Die Straße muß aber allen Wagentypen in ihrer Anlage gerecht werden. Hier liegen gewisse Schwierigkeiten. Eine Befragung von Kraftfahrern über die Zweckmäßigkeit irgendeiner Verbesserung kann sehr abweichende Antworten ergeben, je nachdem es sich um einen Motorradfahrer, um den Fahrer eines Wagens mit Vorderrad- oder Hinterradantrieb, eines leichten oder schweren Wagens oder eines Lastzuges mit Anhänger handelt.

Für die wirtschaftliche Linienführung können nur die Lastkraftwagen und Personenomnibusse maßgebend sein, Personenzüge scheiden aus. Auf Gebirgsstraßen, die an sich keinen Güterverkehr haben, ist der Personenomnibus für die Straßenanlage im Grundriß und Aufriß ausschlaggebend.

In den Berichten über die Verkehrszählungen werden die Anteile der einzelnen Verkehrsarten — Gespannverkehr und Kraftverkehr — meist in Vomhundertsätzen angegeben, das führt aber mit Rücksicht auf die sprung-

hafte Entwicklung des Kraftverkehrs zu der irrigen Auffassung, als ob der Gespannverkehr abnimmt und langsam von den Landstraßen verschwinden wird. Solange der Bauer noch nicht zum Traktor hat übergehen können und seinen Acker mit Zugtier bearbeiten muß, wird man auch weiter mit Gespannverkehr rechnen müssen. Es ist daher verständlich, wenn für die Straßen mit gemischtem Verkehr — um allen Anforderungen gerecht zu werden — die richtige Linienführung und Ausgestaltung gesucht wird. Das österreichische Merkblatt für die Ausgestaltung bestehender Straßen für den Kraftwagenverkehr nimmt daher auf den gemischten Verkehr Rücksicht. Die Normalien für Bergstraßen der Vereinigung schweizerischer Straßenfachmänner, Ausgabe 1936, sind dem Kraftwagenverkehr angepaßt.

Im Zusammenhang mit einigen grundsätzlichen Erwägungen, die sich auf die Linienführung solcher Straßen und ihre Gestaltung beziehen, sollen die Vorschläge dieser Länder in dieser Abhandlung mit besprochen werden.

1. Breite und Straßeneinteilung.

Die Breite einer Standspur ist mit 2,5 m und die der Fahrspur mit 3,0 m festgelegt, weil nach der Reichsstraßenverkehrsordnung vom 28. Mai 1934 die Breite der Fahrzeuge bis zu 2,5 m zugelassen worden ist. Für die vorhandenen städtischen Straßen, für die bisher nur mit 2,5 m gerechnet worden ist, ergeben sich aus dieser Vergrößerung des lichten Profils manche Schwierigkeiten, und Umbauten vorhandener Straßen werden sich nicht vermeiden lassen. Wenn der Spielraum für die Fahrspur mit 0,5 m gewählt ist, so ist das keineswegs reichlich. Die Richtungsstetigkeit und Fahrbahnhaltung eines Fahrzeuges wird nach Prof. Dr.-Ing. Kamm¹⁾ durch die Führungs- und Antriebskräfte zwischen Boden und Rad wesentlich bestimmt. Der natürliche Luftreifen des Kraftfahrzeuges ist gegenüber Seitenkräften federnd nachgiebig, so daß nach Modellversuchen das auf der Bahn gerade geführte Rad schon bei kleiner Seitenkraft seitlich ausweicht. Der im Fahrzeug verwendete federnde Reifen hat somit beim Abrollen längs der Fahrbahn keine feste Seitenführung und weicht mit zunehmendem Seitendruck, abhängig von diesem zunächst, mit gleichförmiger Geschwindigkeit aus (a. a. O.). Da das rollende Fahrzeug auch auf gerader Fahrbahn stets Seitenkräften ausgesetzt ist, die durch Ungleichmäßigkeiten im Antrieb, in den Widerständen, durch Windkräfte oder durch die bei der fortwährenden Lenkbetätigung auftretenden Fliehkräfte entstehen, so daß das bei gerader Fahrtrichtung eingestellte Fahrzeug aus der Fahrbahn getragen werden würde, muß durch dauernde Lenkeingriffe das Fahrzeug in der Fahrtrichtung gehalten werden. Die bekanntlich bei den Vorderrädern vorhandene Vorspur dient bis zu einem gewissen Grade als Gegenwirkung. Die gerade geführten Hinterräder können Seitenkräfte nur dadurch aufnehmen, daß sie und damit das ganze Fahrzeug einen der augenblicklichen Seitenkraft entsprechenden Winkel zur Fahrtrichtung einnehmen. Beim Durchgang durch die Nulllage aber schwimmt das Fahrzeug. Das gibt bei seitenwehnen Reifen und bei Seitenwind, der z. B. auch bei einem schnell vorbeifahrenden Fahrzeug erzeugt werden kann, erhöhte Fahrunsicherheit. Erst nach Überschreiten des Schwimmwinkels treten die für den starren Reifen geltenden Beziehungen zwischen Gesamthaltung, Seitenführung, Antrieb oder Bremsung auf. Prof. Dr.-Ing. Kamm folgert daher, daß das Fahrzeug sich im Bereiche des Schwimmwinkels und bei schlüpfriger Fahrbahn oder bei einer Größe der Antrieb- oder Bremskraft, die der Gesamtreibungskraft an der Fahrbahn nahe kommt, auch außerhalb des Schwimmwinkels an der Grenze der Führung befindet, was mit Gefahr der Führung des Nichtausfahrens der gewollten Fahrbahn und des Schleuderns verbunden ist. Etwas übertrieben ausgedrückt, kann man sagen, daß der Schwerpunkt des Fahrzeuges einen Zickzackkurs läuft, der allerdings auf der Fahrbahn wegen der Nachgiebigkeit der weichen Reifen selbst nicht erkennbar ist.

Das Einhalten einer bestimmten Fahrbahn ist daher nicht immer in der Macht des Fahrers, und aus diesem Grunde muß die Fahrspur mit genügend Spielraum verbunden sein.

Auf diese Erscheinung ist es auch zurückzuführen, wenn bei schmalen Fahrbahnen und dementsprechend geringerem Spielraum für die Fahrspur die Leistungsfähigkeit der Straßen sehr erheblich absinkt.

¹⁾ Dr.-Ing. W. Kamm VDI, Kraftwagen und Straße in ihrer Wechselwirkung. Kraftfahrtechnische Tagung 1934.

Nach amerikanischen Untersuchungen geht die Leistungsfähigkeit bei mehreren Spuren in dem folgenden Verhältnis zurück:

Spuren je Richtung	Leistungsfähigkeit in %	
	je Spur	zusammen
1	100	100
2	89	178
3	78	234

Zu entscheiden ist nunmehr, wie der Straßenquerschnitt gegliedert werden soll, ob er eine Gehbahn, Radfahrwege, eine Berme für Baustofflagerung, einen oder zwei Gräben und wieviel Fahrspuren er erhalten soll. Eine Gehbahn hat nur Wert, wenn sie durch Hochborde von der Fahrbahn abgetrennt wird; das gleiche gilt von dem Radfahrweg. Die Lösung wird hierbei beeinflusst werden, ob es sich um den Umbau einer bestehenden Straße oder um einen Neubau handelt. Der erstgenannte Fall ist bei uns fast die Regel. Hier liegen die Verhältnisse in Norddeutschland mit seinen breiten, meist mit Sommerweg versehenen Chausseen günstiger als in Süddeutschland, dessen hügeliger oder gebirgiger Charakter zu schmäler Anlage zwingt. Auch der Siedlungscharakter hat Einfluß auf die Gliederung, insofern als in dem dichter besiedelten Hessen, Baden und Württemberg, in denen der Hauptteil der Bevölkerung sich auf die ebeneren waldfreien Gebiete zusammendrängt und auch der Kleinbetrieb vorherrscht, ein reger Fußgängerverkehr besteht, der Gehbahnen mit Hochbord verlangt, für die in Norddeutschland mit seiner weitläufigen Siedlung und Großwirtschaft kein Bedürfnis besteht. Die Entwicklung des Kraftverkehrs wird an diesen Verhältnissen nichts ändern, dagegen zwingt das Vordringen des Fahrrades die Anlage des Radfahrweges, der bei ungenügender Breite des Straßenkörpers seitlich in die anliegende landwirtschaftliche Nutzfläche gelegt werden muß, was bei den Zwergbetrieben zu Verlusten an Kulturland führt und Erschwerung des landwirtschaftlichen Betriebes bewirkt. Radfahrwege als besondere Bahnen²⁾ werden daher mehr für die Umgebung der Städte angebracht sein, wo sie zugleich dem Berufsverkehr und dem Ausflugsverkehr dienen. Radfahrwege sind übrigens auf das Flachland beschränkt. Die höchste Steigung von Radfahrwegen wird von der Arbeitsleistung eines Menschen abhängen, die zu 1/4 PS angesetzt werden kann. Das Gewicht des Fahrers sei zu 75 kg, des Rades zu 15 kg, der Fahrbahnwiderstand einschließlich Luftwiderstand zu 0,030 und die Geschwindigkeit v zu 10 bis 11 km/h (rd. 3 m/sec) angenommen. Dann gilt die Gleichung

$$0,25 = \frac{90(0,03 + s)3}{75} = 4\%$$

Auf längeren Strecken wird das Gefälle auf 3% ermäßigt werden müssen. Bei einem Gefälle bis 3% wäre ein Bremsen nicht notwendig.



Abb. 1. Einspurige Straße im Wieringer Polder (Holland).

Einspurige Fahrbahnen haben durchaus Berechtigung in noch wenig erschlossenen Gebieten, z. B. bei Neusiedlungen. Abb. 1 zeigt eine Straße in dem neugewonnenen Wieringer Polder (Holland) mit nur einer Fahrspur. In größeren Entfernungen sind Ausweichen vorgesehen, die mit Pfosten begrenzt und infolgedessen in dem flachen Gelände auf große Entfernungen zu erkennen sind. Die schweizerischen Normalen rechnen mit einspurigen Fahrbahnen im Gebirge und verlangen 30 m lange Ausweichstellen alle 200 m an unübersichtlichen, alle 400 m an übersichtlichen Stellen. Es dürfte auch bei den deutschen Kulturbauten angebracht sein, die Wege erst einspurig anzulegen und, entsprechend der im Kulturbau geltenden Regel, erst mit fortschreitendem Ertrage die Verbesserungen fortzusetzen, die Wege dann später zweispurig anzulegen.

Reicht die zweispurige Fahrbahn von 6 m für zwei Fahrrichtungen, die zweckmäßig bei Vorhandensein einer hochbordigen Gehbahn auf

²⁾ Vgl. Bautechn. 1937, S. 629.

6,25 m verbreitert wird, bei den meisten Landstraßen aus, so wird im Gebirge eine Verschmälerung nicht zu vermeiden sein. Die schweizerischen Normalen für Bergstraßen sehen die nebenstehenden drei Einteilungen vor (Abb. 2). Solche Straßen erfordern schon erheblichen Bauaufwand, wenn sie eine nutzbare Breite von 6 m erhalten, in der zugleich Gehbahn und Spitzgraben einbezogen ist, oder wie ihn die österreichischen Richtlinien für Kraftwagen-Touristenstraße, Tafel II, Abb. 3, vorsehen, wenn noch ein talseitig gesicherter Gehweg bei Steilhang vorhanden ist (Abb. 3).

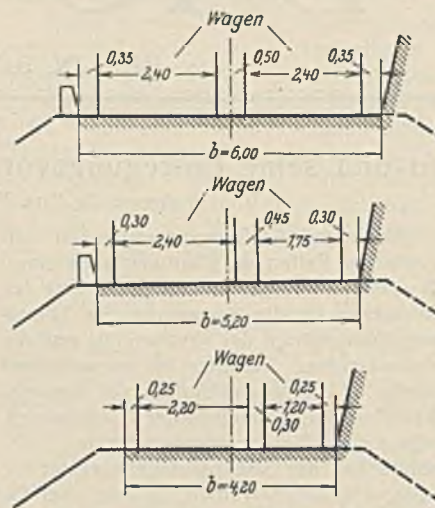


Abb. 2. Straßenbreiten der Normalen für Bergstraßen der Vereinigung schweizerischer Straßenfachmänner. Ausgabe 1936.

Hauptstraßen, wichtige Straßen, Nebenstraßen.

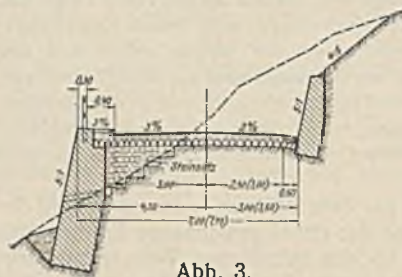


Abb. 3.

Kraftwagen-Touristenstraße am Steilhang mit talseitigem, gesichertem Gehweg.

Österreichische Richtlinien für die Anlage und die Linienführung neuzeitlicher Straßen.

daß zu beiden Seiten 1,5 m breite Streifen aus Beton oder Asphalt angeflückt wurden. Zur Kennzeichnung der Fahrbahnen ist auch die mittlere Fahrspur als Überholungsspur für die leichteren Personenfahrzeuge mit einem rauhen Asphaltbelag (Tränkmakadam) und die für die Schwerlastwagen bestimmten Seitenspurten aus Beton hergerichtet worden, aber bewährt hat sich eine solche dreispurige Anlage nur in der Nähe der Städte, wenn Stoßverkehr vorhanden ist, der die Straße nur in einer Richtung in Anspruch nimmt. Nach einem Bericht von Johnson⁴⁾ wird die Leistungsfähigkeit in Abhängigkeit von dem Anteil der Fahrzeuge in einer Richtung folgendermaßen anzunehmen sein:

Wirkliche Leistungsfähigkeit von Fahrdämmen mit zwei, drei und vier Fahrspuren.

Zahl der Fahrspuren	Fahrzeuge innerhalb 5 min in % in einer Richtung				Mittel	Praktische stündliche Leistung
	50	60	70	80		
2	90	97	90	105	97	1000
3	185	165	195	175	180	2000
4	300*)	300*)	290	270	290	3000

*) Geschätzt.

Auf diesen Fall bezieht sich die Feststellung, daß eine dreispurige Fahrbahn die doppelte Leistung wie eine zweispurige aufweist und auf einer vierspurigen das Dreifache einer zweispurigen bewältigt werden kann. Hierbei erfordert aber die Verkehrssicherheit noch eine besondere Betrachtung, da nach allgemeinen Beobachtungen die Unfallgefahr auf einer dreispurigen größer sein soll als auf einer zwei- oder einspurigen. Im Jahre 1936 habe ich dann in den Vereinigten Staaten festgestellt, daß die vierspurige Bahn die Regel ist, bei großen Ausfallstraßen aber sechs- und achtspurige Straßen aber auch schon anzutreffen sind. War in

³⁾ Bautechn. 1933, Heft 2, S. 32.

⁴⁾ Highway Research Board 1932, S. 411.

solchem Falle schon 1930 festzustellen, daß in der Krümmung ein Grünstreifen eingelegt wurde, um die Verkehrsrichtungen zu trennen, so hatte bereits 1932 die Entwicklung dazu geführt, die Einteilung der deutschen Reichsautobahnen auch für die amerikanischen Landstraßen anzuwenden. Das wurde mir in anschaulicher Form im Staate New Jersey vorgeführt, der zufolge der Nachbarschaft von New York und Philadelphia nicht nur einen schweren und dichten Lastverkehr, sondern auch einen Ausflugsverkehr von erstaunlichem Ausmaße aufnehmen muß. Im Jahre 1933 hatte dieser Staat 1870 km zweispurige, 338 km dreispurige und 264 km vierspurige Straßen⁵⁾. Eine sehr eingehende Verkehrszählung, die in den Jahren 1932/33 angestellt worden ist, hat zu der Erkenntnis geführt, daß bei einem Durchschnittsverkehr bis zu 7000 Fahrzeugen täglich eine zweispurige, von 7000 bis 15 000 eine dreispurige und von 15 000 bis 23 000 eine vierspurige Fahrbahn erforderlich ist. Hinsichtlich der Bedeutung der dreispurigen Straßen hat die Verkehrszählung ergeben, daß bei 188 km diese Anlage nur auf den zeitweilig in einer Richtung laufenden Stoßverkehr begründet ist. Bei den neuen vierspurigen Straßen werden die Verkehrsrichtungen durch einen Grünstreifen getrennt, der mit Bordsteinen eingefäßt ist (Abb. 4). Die Verbreiterung einer dreispurigen auf eine vierspurige Fahrbahn wurde auf der Straße nach Trenton (Philadelphia) durch Verschieben einer Betonfahrbahn von 3 m Breite zur Einlegung eines Mittelstreifens durchgeführt (Abb. 5). Die Angabe — 7000 Fahrzeuge täglich mit 33% Zunahme ist Grenze für die zweispurige Fahrbahn — läßt erkennen, daß in Deutschland die zweispurige Landstraße noch lange genügen wird, eine vernünftige Fahrweise vorausgesetzt.

Eine Entlastung der Straßen im Einflußbereich der großen Städte durch besondere Radfahrwege bewirkt eine fühlbare Entlastung der Fahrbahnen, so daß eine zweispurige Anlage auch hier auf viele Jahre noch genügen wird, besonders wenn auf Grund des Erlasses des R. A. M. über die Freihaltung der Verkehrsstraßen vom Jahre 1936 unnötiger Verkehr von den Durchgangsstraßen ferngehalten wird.

2. Krümmungen.

Bei Ihnen treten die dynamischen Einflüsse auf die Bewegungsvorgänge der Kraftwagen am deutlichsten auf, und ihre richtige Anlage ist daher ausschlaggebend für die Fahrsicherheit und die Fahrleistung. Anzustreben ist eine Anlage, bei der möglichst die in der Geraden zugelassene oder mögliche Fahrgeschwindigkeit eingehalten werden kann. Wie das zu geschehen hat, ist oft genug behandelt⁶⁾. Nach Prof. Dr.-Ing. Kamm (a. a. O.) sind bei der Durchfahrt durch eine Krümmung die Massensmomente, die bei der Drehung des Fahrzeuges auftreten, abhängig von der Winkelbeschleunigung dieser Drehung. Sie wirken bei zunehmender Winkelbeschleunigung im Sinne der Verzögerung der Drehung und bei abnehmender Winkelgeschwindigkeit im Sinne ihrer Aufrechterhaltung. Die Wirkung der Trägheitsmomente ist bei den üblichen Straßenreihungsverhältnissen klein im Vergleich zur Wirkung der Bodenreibungsmomente; d. h. solange die zuvor erwähnte Schwimmlage nicht vorhanden ist, treten diese Massenskräfte nicht in Erscheinung. Indessen sind diese Verhältnisse infolge der Abhängigkeit von den Baueigenschaften der Fahrzeuge, die nicht einheitlich sind, schwer zu erfassen.

⁵⁾ Johannesson, New Jersey State Highway Department, Traffic Data 1935.

⁶⁾ Neumann, Neuzeitlicher Straßenbau, 2. Aufl., Berlin, S. 44 bis 56.



Abb. 5. Staatsstraße in New Jersey. Nachträglicher Einbau eines Mittelstreifens durch seitliche Verschiebung einer Betonfahrbahn von 3 m Breite.



Abb. 4. Staatsstraße mit zwei Fahrbahnen in New Jersey (USA.).

Aus den Modellversuchen des Forschungsinstituts für Kraftfahrwesen ist ermittelt, daß die Verteilung der Lasten auf die Achsen und die Federungseigenschaften der Fahrzeuge von Einfluß sind. Abgesehen von der Verbesserung der Fahrzeuge für die sichere Lage in der Krümmung, wird immer noch die Wahl eines möglichst großen Halbmessers anzustreben sein. Die österreichischen Richtlinien empfehlen, nicht über 1000 m hinauszugehen, im Flachlande aber über 300 m, in schwierigem Gelände über 50 m zu bleiben. Auch im Gebirge sollte es nicht allzu schwer sein, solche Halbmesser einzuhalten. Es ist z. B. an den Geländefalten nicht zweckmäßig, zu dicht heranzugehen, weil dann die Wasserläufe schwer unter der Straße durchzuführen sind; man muß unter Umständen Kaskadendurchlässe anlegen, die teurer sind und zur Verstopfung oder Vermurung der Straße führen (Abb. 6). Bei Anwendung größerer Halbmesser wird man von der Klinge so weit abbleiben, daß die Gefällverhältnisse des Wasserlaufes nicht geändert werden und daher auch die Geröll- und Geschiebeführung keine Unterbrechung erleidet. Die höheren Kosten eines Bauwerks an dieser Stelle werden durch Ersparnisse an Unterhaltung erheblich eingebracht.

Für die Verbreiterung, zweckmäßige Anlage der Übergangsbogen und Überhöhung ist eine Anweisung des Generalinspektors für das deutsche Straßenwesen erlassen worden, die zwar nur für Kraftfahrbahnen gilt, die aber sinngemäß auch für Landstraßen verwendet werden kann⁷⁾.

Kehren.

Der Ausbau der Gebirgsstraßen hat als besondere Aufgabe den zweckmäßigen Ausbau der Kehren gebracht, für den jetzt verschiedene Vorschläge vorliegen. Auszugehen ist hierbei von einer bestimmten Fahrzeugart. Hier besteht schon eine gewisse Schwierigkeit. Denn die Fahrzeuge von heute werden vielleicht schon in ihren Abmessungen in Kürze überholt sein. Die Kehren der Brenner-, Stillsfer-Joch-, der Dolomiten- und anderer Straßen sind von der italienischen AASS alle auf große Omnibusse umgebaut worden (Abb. 7). Der Omnibus wird die Abmessungen vorschreiben, wobei noch zu entscheiden sein wird, ob man die Kehre für die Begegnung zweier Omnibusse wird ausbauen müssen oder ob die Begegnung zwischen Omnibus und Personenzug genügt. Die Fahrtechnik wird hier verlangen, daß das Steuerrad nicht zu schnell herumgerissen werden muß, d. h. daß im Sinne der zuvor gegebenen Feststellungen von Prof. Dr.-Ing. Kamm keine zu große Winkelbeschleunigung angewendet wird, sondern daß der Fahrer das Steuerrad bis zur Erreichung des größten Einschlagwinkels und des anschließenden Kurvenlaufes mit einer mäßigen und möglichst gleich großen Geschwindigkeit



Abb. 6. Vermurung einer Hochgebirgsstraße in einer Klinge.

⁷⁾ Die Straße 1937, Heft 16.



Abb. 7. Stifser-Joch-Straße.

Wilhelm Graf Pückler aus dem Jahrbuch „Das deutsche Lichtbild“.
Bruno Schulz Verlag, Berlin-Grünwald.

drehen kann. Denn schnelles Herumwerfen des Steuers erschwert auch das Einhalten der Fahrspur. Der Drehvorgang wird erleichtert, wenn die richtigen Übergangsbogen eingelegt werden. Der Übergangsbogen hat den Zweck, dem Fahrer zu ermöglichen, unter Beibehaltung der Fahrgeschwindigkeit das Steerrad in mäßiger Drehgeschwindigkeit auf den erforderlichen Einschlagwinkel der Vorderräder zu bringen. Da in den Gebirgskehren große Geschwindigkeiten nicht angewendet werden, können diese Übergangsbogen kurz sein.

Um den Halbmesser in der Kehre möglichst klein zu halten, muß beim Kurvenlauf des Fahrzeuges der volle Einschlagwinkel ausgenutzt werden. Die dadurch notwendig werdende Verbreiterung kann für den Kreislauf auf einfache Weise bestimmt werden⁹⁾. Schwieriger ist die Ermittlung des Übergangsbogens bis zur eigentlichen Kreisbahn. Zu entscheiden ist auch, ob die Kurvenverbreiterung nach innen oder nach außen gelegt werden soll. Es sind eine Anzahl von Vorschlägen ausgearbeitet, die kritisch gewürdigt werden sollen.

Bei dem Entwurf einer Wendeplatte ist der Mittelpunkt der Halbmesser durch die im Höhenschichtenplan entworfene Nulllinie gegeben. Bei Wahl der Mindesthalbmesser am inneren Straßenrande und des dazugehörigen Mindesthalbmessers am Außenrande ist es unerheblich, wie die Absteckungsachse gelegt wird, z. B. im Abstände der halben Straßenbreite vom äußeren Straßenrande oder mehr nach innen. Im ersten Falle geschieht die Verbreiterung vollständig nach innen. Diese Absteckungs-

achse grenzt nicht die Fahrspuren der beiden Verkehrsrichtungen ab. Sie ist nur eine Bezugslinie für die zeichnerische Darstellung und die Herstellung der Kehre. Nach den „Vorläufigen Richtlinien für einheitliche Entwurfsgestaltung im Landstraßenbau“ (REE) soll bei Aufzeichnung des Längenschnittes der KronenInnenrand die Bezugslinie sein (nicht die Mittelachse⁹⁾). Während in der Geraden die Straßenachse im Längsschnitt aufgetragen wird, springt am Beginn des Übergangsbogens die Bezugslinie rechtwinklig an den Innenrand.

Wenn man von einem angenommenen Halbmesser ausgeht, der zugleich Absteckungsachse sein soll, ist zu entscheiden, ob eine Verbreiterung nach innen oder außen oder nach beiden Seiten notwendig oder zweckmäßig ist.

Die schweizerischen Normalen für Bergstraßen bringen zwei Beispiele für die Ausbildung der Wendeplatten. Die Fahrbahnbreite ist 6 m, die in der Wendeplatte auf 8 m vermehrt wird. Die beiden Beispiele unterscheiden sich in der Form des Übergangsbogens für die an der Innenkante liegende Verbreiterung. Im ersten Falle (Abb. 8) haben der Halbmesser des äußeren und inneren Straßenrandes den gemeinsamen Mittelpunkt, der auch der Mittelpunkt der Absteckungsachse ist. Der Übergang von der normalen Breite in die Verbreiterung geschieht durch eine Parabel, die dadurch bestimmt ist, daß die volle Verbreiterung auf etwa die Hälfte der Bogenlänge vorhanden ist. Punkt A wird demnach durch die Halbierung des halben Zentrivinkels der Wendeplatte gefunden; er ist der Scheitelpunkt der Parabel. Die gemeinsame Tangente an den Kreis und an die Parabel bei A ist die Scheiteltangente für die Parabel, die jede Tangente der Parabel zwischen Tangentenpunkt und Schnittpunkt mit der Parabelachse halbiert. Die Verlängerung des inneren Straßenrandes ist die Tangente in dem Berührungspunkt zwischen ihr und der Parabel. Sie wird durch die Scheiteltangente bei B halbiert, und damit wird die Tangentenlänge CS bestimmt.

Diese Lösung wird angewandt, wenn der Halbmesser des inneren Straßenrandes $\geq 4,5$ m ist. Das setzt bei einer Fahrbahnbreite von 8 m (einschl. Verbreiterung von 2 m) einen Halbmesser des Außenrandes von mindestens 12,5 m voraus. Im Beispiel ist er mit 13 m gewählt. Bei geringerem Außenhalbmesser, z. B. 12 m, würde $R_i < 4,5$ m sein. In diesem Falle wird der Mittelpunkt des Bogens des inneren Straßenrandes versetzt (Abb. 9). Der einer Parabel ähnliche Übergangsbogen wird dann folgendermaßen bestimmt. Die Strecke h wird gewählt. Ihr Endpunkt F wird mit C verbunden, im Punkte C wird ein Lot auf CF errichtet, das auf dem Kreisbogen den Punkt A als Berührungspunkt von Kreis und Parabel bestimmt. Dann wird die Strecke AD beliebig gewählt, in D ein Lot errichtet und mit der Strecke ED ein Kreis um C bis zum Schnittpunkte mit dem Lot geschlagen. Durch

⁹⁾ Die Straße 1937, S. 420.

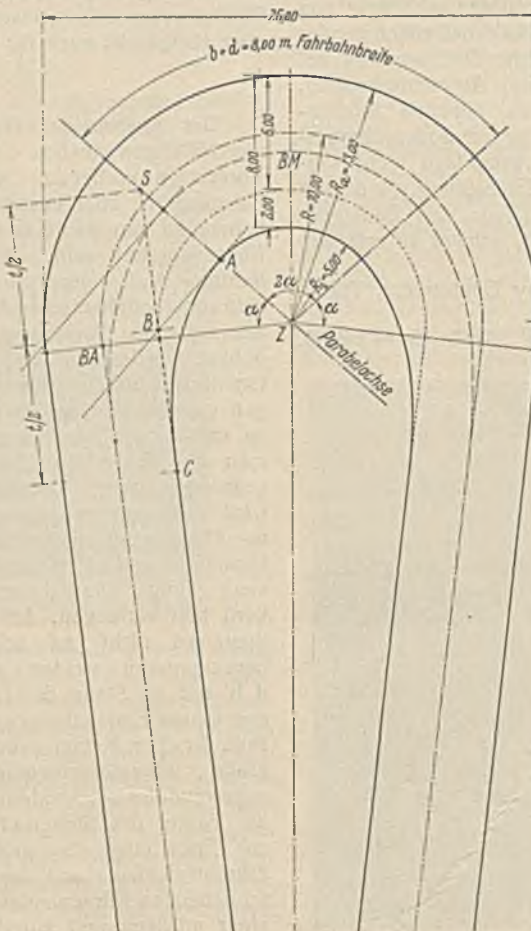


Abb. 8. Schweizerische Normalen für Bergstraßen. Ausbildung der Kehre mit Übergangsbogen. Vorschlag 1 mit gemeinsamem Mittelpunkt für R_a und R_i .

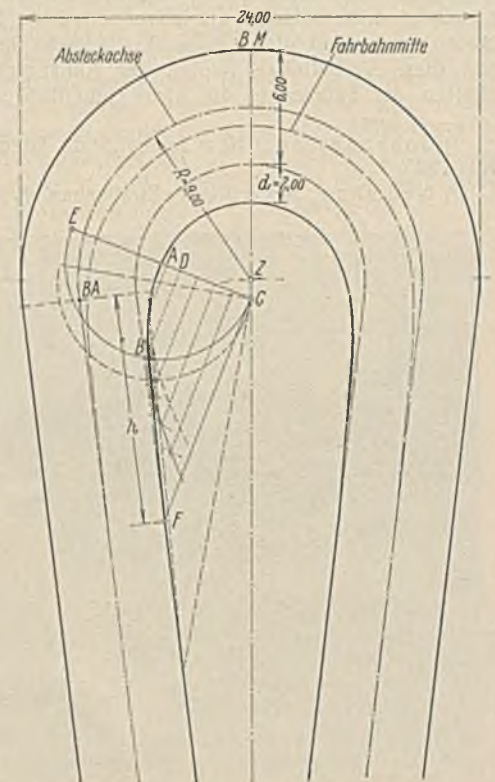


Abb. 9. Vorschlag 2 mit Versetzung des Mittelpunktes von R_i gegen den Absteckungsmittelpunkt. $R_i < 4,5$ m.

⁹⁾ Hütte, Des Ingenieurs Taschenbuch, 26. Aufl., III. Bd., S. 682.

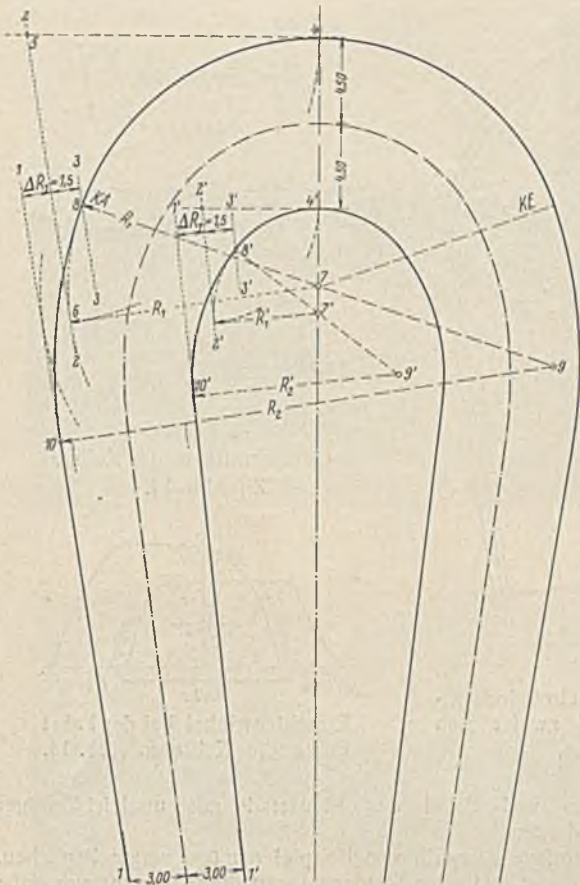


Abb. 10. Vorschlag der österreichischen Richtlinien für die Ausbildung der Kehren mit Tangentenabrückung.

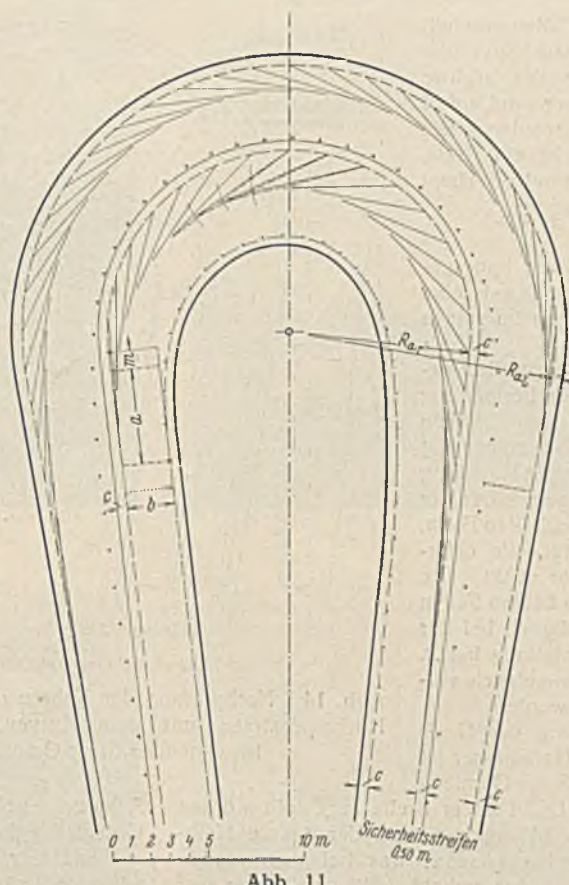


Abb. 11.

Ermittlung des erforderlichen Raumes bei Durchfahrt durch eine Kehre für zwei sich begegnende Wagen.

Wahl verschiedener Strecken AD wird eine parabelähnliche Kurve entstehen, an die von F die Tangente gelegt wird. Es fällt auf, daß die Maßangaben für die Kehre nicht in Übereinstimmung gebracht werden können mit den Werten, die in den Normen für die Mindesthalbmesser und Verbreiterungen für die Durchfahrt von Omnibussen berechnet sind. Für die Begegnung eines Tourenwagens (4,8 m Achsabstand und 1,8 m Breite) in der äußeren Fahrspur und eines Omnibus (7,0 m Achsabstand und 2,4 m Breite) in der inneren wird ein Halbmesser des äußeren Straßenrandes mit 14,0 und des inneren mit 5,05 m angegeben, für die Begegnung zweier Omnibusse äußerer Straßenrand mit 16,0, innerer mit 5,86 m. Die Durchfahrt durch Wendepunkten mit solchen Halbmessern erfordert Einschlagwinkel bis 43°.

Die Fahrbahnverbreiterung soll innerhalb des Kreisbogens voll vorhanden sein (also zwischen KA und KE). Der innere Fahrbahnrand wird dadurch gefunden, daß R₁ senkrecht zur Straßenachse nach innen abgesetzt wird. Als Verbreiterung e_m in der Kehrbogenmitte und e_o in KA und KB sowie als Mindestlänge min g der anschließenden Zwischengerade wird die Einhaltung der folgenden Maße in den Richtlinien empfohlen:

$$a = \sqrt{(2R - \Delta R_1) \Delta R_1}$$

Die Fahrbahnverbreiterung soll innerhalb des Kreisbogens voll vorhanden sein (also zwischen KA und KE). Der innere Fahrbahnrand wird dadurch gefunden, daß R₁ senkrecht zur Straßenachse nach innen abgesetzt wird. Als Verbreiterung e_m in der Kehrbogenmitte und e_o in KA und KB sowie als Mindestlänge min g der anschließenden Zwischengerade wird die Einhaltung der folgenden Maße in den Richtlinien empfohlen:

R ₁ = 10 m	e _m = 3,00 m	e _o = 2,00 m	min g = 24 m
R ₁ = 15 m	e _m = 2,70 m	e _o = 1,75 m	min g = 28 m
R ₁ = 20 m	e _m = 2,40 m	e _o = 1,50 m	min g = 32 m

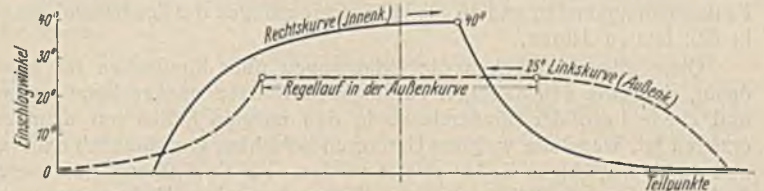


Abb. 12. Zu- und Abnahme des Einschlagwinkels bei Durchfahrt durch die Kehre Abb. 11.

Um festzustellen, ob diese Konstruktionen den Anforderungen entsprechen, die an die geschmeidige Aus- und Einfahrt in die Krümmungen zuvor gestellt sind, ist unter Anlehnung an das Verfahren, das Professor Halter, München, in Verk.-T. 1932, S. 651, angegeben hat, für einen Omnibus von 5 m Achsabstand die Ausbildung der Kehre entworfen worden (Abb. 11).

Ausgegangen ist dabei von dem Mindestaußenhalbmesser der inneren Fahrbahn für den größten Einschlagwinkel von 40°; er beträgt¹⁰⁾ K_a = 9,5 m. Aus der Eintragung des Kurvenlaufes ergibt sich eine Breite der Fahrspur von 4,50 m ohne Sicherheitsstreifen. Der innere Fahrbahnrand ist, wie Abb. 11 zeigt, nicht symmetrisch, sondern auf der Einfahrtseite wird eine schmalere Fahrbahn abgegrenzt als auf der Ausfahrtseite, die Fahrbahnrande liegen also nicht symmetrisch. Zu dieser Entwicklung gehört die Zeichnung (Abb. 12) mit der Darstellung der Zu-

¹⁰⁾ Hütte, Des Ingenieurs Taschenbuch, 26. Aufl., III. Bd., S. 682.

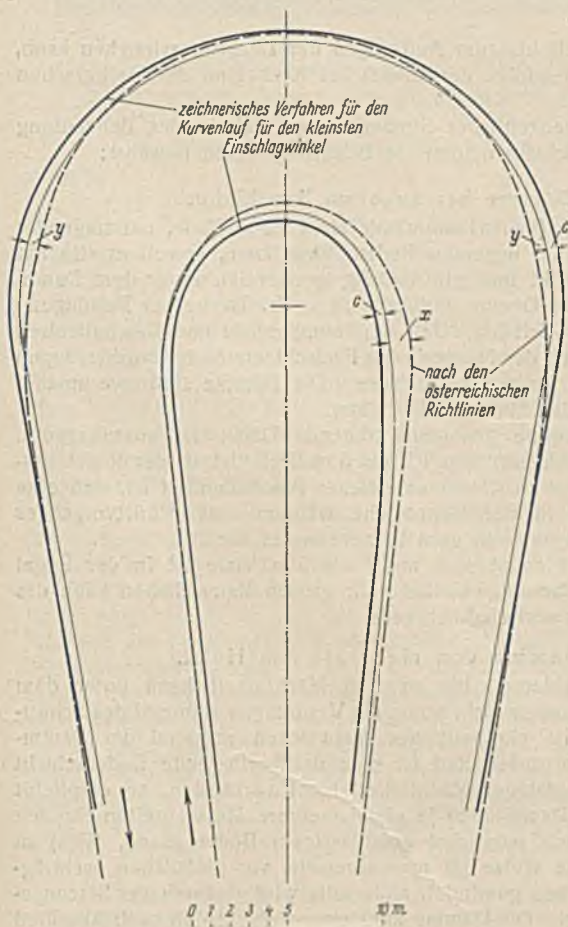


Abb. 13. Vergleich der Abmessungen der Kehre nach den österreichischen Richtlinien mit der aus dem Kurvenlauf entwickelten Abb. 11.

Die hier behandelten Wendepunkten mit 12 m äußerem Halbmesser gestatten einem Omnibus von 7 m Achsabstand die Durchfahrt nur auf der äußeren Spur bei einem Einschlag-

und Abnahme des Einschlagwinkels. Man erkennt, daß bei der Fahrt durch die innere Spur die Drehung gleichmäßig zunimmt, bis der höchste Einschlagwinkel erreicht ist, dann aber muß sofort aus der Drehung herausgegangen werden. Die Begrenzung der äußeren Fahrspur ist ein Kreis, dessen Halbmesser sich aus der Formel errechnet

$$R_{a1} = \sqrt{(R_r + c + b)^2 + (a + m)^2}$$

Bei dem Durchfahren der äußeren Spur genügt ein kleinerer Drehwinkel, und auf eine längere Strecke befindet sich der Wagen im reinen Kurvenlauf (Abb. 12).

Diese aus der Fahrbewegung unmittelbar gewonnene Kehrenform ist jetzt mit den Formen der schweizerischen Normalien und der österreichischen Richtlinien verglichen worden. Hierbei zeigen die beiden Kehren nach dem schweizerischen Vorschlag einen sehr erheblichen Unterschied gegenüber der aus dem Kurvenlauf unmittelbar entwickelten Form, während, wie Abb. 13 erkennen läßt, die österreichische Form sich besser mit ihr deckt. Die Breite in der Kehrenachse beträgt in beiden Fällen 9 m. Verbesserungsbedürftig ist lediglich bei der Ausfahrt in der Innenkurve die Abplattung bei x. Die äußere Fahrbahnkante, die symmetrisch verläuft, müßte bei y etwas erweitert werden.

Für die Minimalkehrenabmessung der Großglockner-Hochalpenstraße von 10 m Halbmesser ist die gleiche Untersuchung für einen Steyr-Omnibus mit 22 Sitzplätzen, 4 m Achsabstand und 2,2 m Breite angestellt worden und hat bei den Formen der Abb. 14 ergeben, daß der äußere Halbmesser etwas hätte verringert werden können, was bei dem steilen Gelände erhebliche Ersparnisse zur Folge gehabt hätte, daß aber auf der Ausfahrseite der Innenspur eine Abflachung hätte vorgenommen werden müssen, d. h. bei der jetzigen Anlage der Kehre muß auf der Ausfahrseite der Wagen der Innenspur den Raum der Gegenspur in

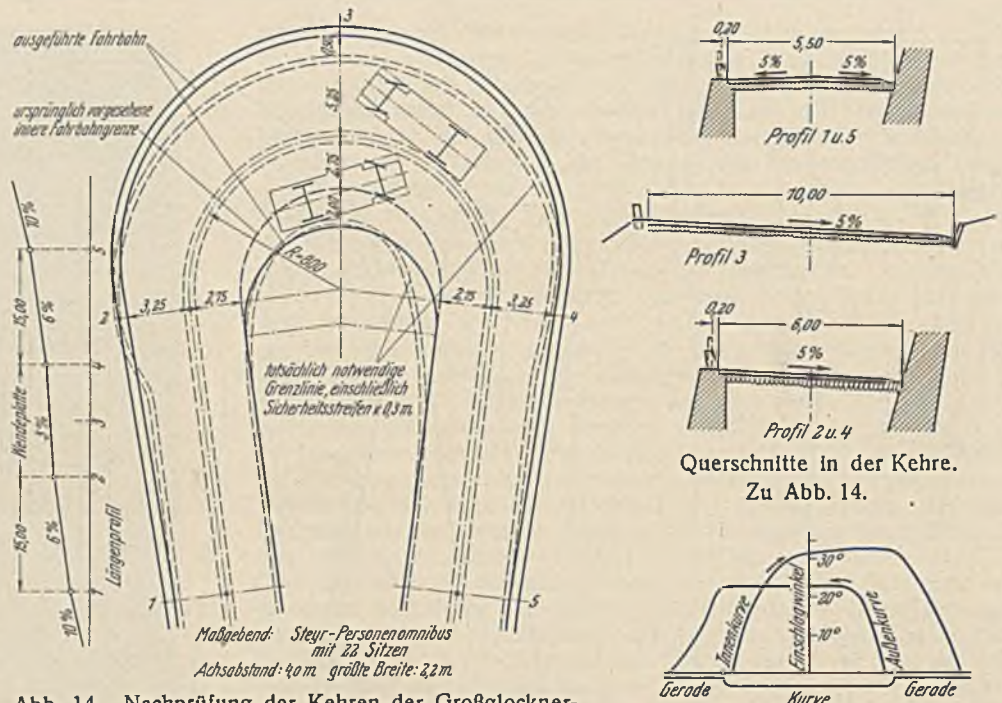


Abb. 14. Nachprüfung der Kehren der Großglockner-Hochalpenstraße mit dem Kurvenlauf zweier sich begegnender Steyr-Omnibusse.

Anspruch nehmen und dabei das Steuerrad mit ungleichförmiger Geschwindigkeit drehen.

Die hier getroffene Auswahl von Beispielen möge veranschaulichen, wie zweckmäßig es ist, bei allen Straßenanlagen die Bewegungsvorgänge des Kraftwagens in erster Linie zugrunde zu legen.

Die Abbildungen 9 bis 13 verdanke ich der Mitarbeit meines Assistenten des Herrn Dipl.-Ing. W. Beck.

Alle Rechte vorbehalten.

Neue Erfahrungen über Straßenbau im Moor.

Von L. Casagrande und P. Siedek, Berlin.

Wo die besonderen Umstände nicht dazu zwingen, war man noch vor wenigen Jahren im Straßenbau stets bestrebt, Moorgebieten auszuweichen. Die Folge davon waren oft scharfe Kurven und Windungen der Straßen, die an den Kraftfahrer, abgesehen von dem Mehraufwand an Zeit, fahrtechnisch besondere Anforderungen stellten. Die Entwicklung des Straßenbaues und des Kraftverkehrs der letzten Jahre, gemeinsam mit der volkswirtschaftlichen Wertsteigerung des Kulturbodens, hat dazu geführt, daß Faulschlamm und Moor nicht mehr wie bisher gemieden, sondern vielfach, wo sie angetroffen werden, auf kürzestem Wege durchfahren werden. Von dieser neuen Auffassung zeugen eine größere Reihe von Begrädnungsarbeiten an Reichs- und Landstraßen in Moor- und Faulschlammgebieten und 16 große Moorkreuzungen der Reichsautobahnen in den letzten Jahren.

Ganz allgemein gehen die Erfahrungen über Straßenbau im Moor dahin, daß eine den heutigen Verkehrsbedürfnissen entsprechend sichere und ebene Lage der Straßendecke in den meisten Fällen nur dann zu erzielen ist, wenn die weichen Untergrundschichten grundsätzlich entfernt und durch tragfähigen Boden ersetzt werden. Für Straßen untergeordneter Bedeutung und in Fällen, wo die Kosten besondere Maßnahmen nicht gerechtfertigt erscheinen lassen, kann der weiche Untergrund unter dem Straßkörper verbleiben, soweit nicht bautechnische Gründe eine besondere Lösung zweckmäßig machen.

In solchen Fällen wurden bisher in der Regel Pflaster- oder Klinkerdecken mit oder ohne Faschinenunterbau verwendet, um bei Eintreten von größeren Unebenheiten die Behebung der Schäden durch einfaches Umsetzen der Decke zu ermöglichen.

In den letzten Jahren sind auf weichem Untergrund mit annähernd gleichbleibender Schichtdicke auch einige Versuchsstrecken mit verdübelter Betondecke und kurzer Felderteilung ausgeführt worden. Obwohl sich diese zufriedenstellend bewährt haben, war jedoch nicht zu vermeiden, daß die Decken im Laufe der Zeit kettenartig durchhängen und geringe Wellenbildung zeigten. Da die Wellenlänge bei einigermaßen gleichbleibenden Untergrundverhältnissen meist recht groß ist, wirkt sich diese im Verkehr nicht sehr unangenehm aus.

Einige weitere Versuchsstrecken der Reichsautobahn haben ergeben, daß das Moor (Faulschlamm) auch dann ohne Bedenken unter dem Straßkörper verbleiben kann, wenn bei verhältnismäßig hoher Damm-

auflast genügend Zeit bis zum Aufbringen der Decke verstreichen kann, damit die Setzungen infolge der Auflast bei Baubeginn der Decke schon beendet sind.

Für den Bau neuzeitlicher Straßen haben sich in der Behandlung weicher Untergrundschichten folgende Erfahrungsregeln bewährt:

a) Dämme bis zu etwa 3 m Höhe.

1. Seichtes Moor (Faulschlamm) bis etwa 1,5 m Tiefe, mit tragender Grasnarbe oder darüber liegender Bodenschicht kann, soweit es sich auf größere Länge erstreckt und gleichmäßig geteert ist, unter dem Damm verbleiben, wenn der Damm vor Aufbringen der Decke zur Beruhigung mindestens ein Jahr Zeit hat. Je nach Dammauflast und Beschaffenheit (Aufbau, Wassergehalt) des Moores oder Faulschlammes ist mit Setzungen bis zur halben Schichtdicke zu rechnen. Die Dämme sind zweckmäßig um ein entsprechendes Maß zu überhöhen.

Seichtes Moor ohne genügend tragende Decke ist auszubaggern.

2. Moor (Faulschlamm) von 1,5 bis 5 m Tiefe ist in der Regel auszubaggern, soweit es nicht von so weicher Beschaffenheit ist, daß eine Verdrängung schon in der Hauptsache während des Schüttvorganges durch die Dammlast vor sich geht bzw. vermutet wird.

3. Moor (Faulschlamm) von mehr als 5 m Tiefe ist in der Regel durch Sprengen zu beseitigen. Bei sehr großen Bauvorhaben kann das Saugbaggerverfahren wirtschaftlich sein.

b) Dämme von mehr als 3 m Höhe.

1. Moor (Faulschlamm) bis zu 2 m Mächtigkeit kann unter dem Damm verbleiben, soweit nicht schon ein Verdrängen während des Schüttvorganges eintritt. Ist ein seitliches Ausweichen während der Dammarbeiten nicht zu erwarten und ist eine darüber liegende Bodenschicht von genügender tragfähiger Mächtigkeit nicht vorhanden, so empfiehlt es sich, unter den Dammfüßen je einen mehrere Meter breiten Streifen auszubaggern und mit möglichst durchlässigem Boden (Sand, Kies) zu verfüllen. Auf diese Weise ist man einerseits vor plötzlichen nachträglichen Dammeinbrüchen geschützt, andererseits wird dadurch der Setzungsvorgang beschleunigt. Die Dämme sind entsprechend den nach Abschluß der Schütтарbeiten noch zu erwartenden Setzungen, die entsprechend der Dammhöhe und Beschaffenheit des Moores oder Faulschlammes mehr als die Hälfte der Schichtdicke betragen können, überhöht zu schütten.

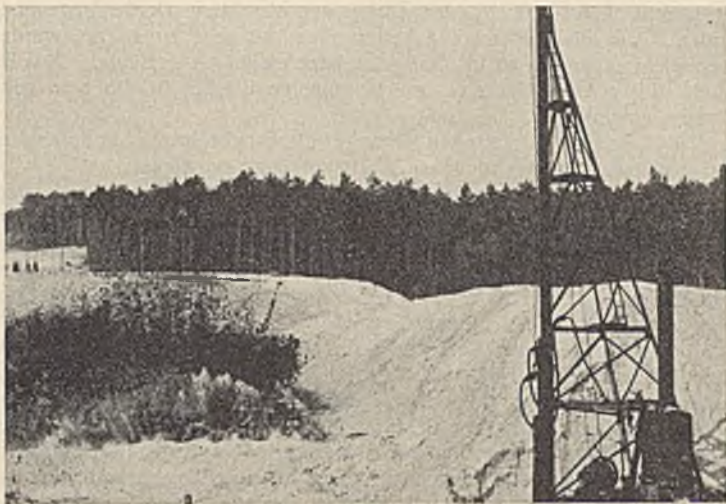


Abb. 1 a.

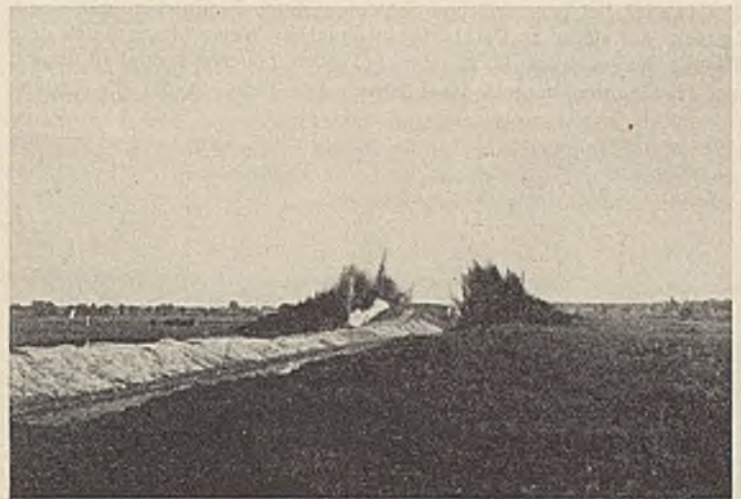


Abb. 2 a.



Abb. 1 b.



Abb. 2 b.

Abb. 1 a u. b. Hauptsprengung nach Aufschüttung der gesamten Dammmassen. Oben während, unten nach der Sprengung.

Abb. 2 a u. b. Der frisch geschüttete schmale Dammsstreifen wird durch kleine Sprengstoffmengen in Teilabschnitten auf die tragfähige Sohle abgesenkt.

2. Moor (Faulschlamm) von 2 bis 5 m Tiefe ist in der Regel auszubaggern.

3. Moor (Faulschlamm) von mehr als 5 m Mächtigkeit ist in der Regel durch Sprengen zu beseitigen. Bei großen Bauvorhaben kann das Saugbaggerverfahren wirtschaftlich sein.

Der Gedanke, der dem Sprengverfahren zugrunde liegt, besteht darin, das Moor (Faulschlamm) unterhalb eines aufgeschütteten Damms durch eingebrachte Sprengladungen in seinem Gefüge zu zerstören und zu erschüttern und durch den darauf lastenden Damm, der zuerst bei der Sprengung leicht angehoben wird und dann mit Wucht auf das Moor zurückfällt, zum seitlichen Fließen zu bringen¹⁾ (Abb. 1). Zur Ausbildung der Dammfüße, die vielfach nur ungenügend aufsitzen, ist meist zusätzliche Sprengarbeit erforderlich. Die Sprengwirkung ist um so besser, je größer die Dammlast ist, da sich einestells dadurch die Möglichkeit ergibt, daß die einzelnen Minen, ohne Gefahr des Ausblasens nach oben hin, entsprechend stärker geladen werden, andererseits, daß das Moor durch die an sich höhere Dammlast leichter seitwärts verdrängt wird.

Die Ladungen wurden bei den ersten Moorsprengungen durch Bohrlöcher eingebracht, die von der Krone durch den aufgeschütteten Damm bis nahe der Moorunterkante niedergebracht wurden. Die hohen Kosten der Bohrungen stellten jedoch die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens in Frage. Nach der zweiten Versuchssprengung ging man schon dazu über, versuchsweise die Minen mit Hilfe von Druckwasser durch den Damm in das Moor einzuspülen²⁾. Das Spülverfahren, das inzwischen bis zu hoher Vollkommenheit ausgebildet wurde, setzte die Kosten des Moorsprengens wesentlich herab. Da für die Dammschüttungen in der Regel Sand verwendet wird, kann die Mine auch bei großer Tiefe innerhalb weniger Stunden an die gewünschte Stelle gebracht werden. Wo die

Dammschüttung viel steinige Bestandteile enthält, versagt das Spülen, da sich in kurzer Zeit die Steine auf der Sohle des Spülloches ansammeln und dort schließlich eine dichte Decke bilden, die jedes weitere Vordringen der Spülsonde bzw. der Mine verhindern. Diese Schwierigkeit konnte bei einem gegenwärtig nahezu beendeten Sprengvorhaben dadurch beseitigt werden, daß man sich entschloß, den Damm, der von der Achse aus in schmalen Streifen geschüttet wurde, in kurzen Zeitabschnitten durch schräges Einspülen der Minen von der Seite her abzusenken.

Vor Beginn des Bauvorhabens ist für eine genaue Untersuchung des Moores oder Faulschlammes Sorge zu tragen. Diese hat sich zweckmäßig auf die Feststellung des Verlaufs der tragfähigen Sohle in der Achse und in der Umgebung der Trasse, sowie auf die Untersuchung des Moores selbst zu erstrecken. Festzustellen sind u. a. die Beschaffenheit, Dicke und Tragfähigkeit der obersten Decke (Grasnarbe), der Aufbau des Moores, ob stark verwittert — schlammig oder verfilzt — torfig, der natürliche Wassergehalt in verschiedenen Tiefenlagen usw. Wenn irgend möglich, sind kleine ungestörte Moorproben zu entnehmen und in diesem Zustande an Ort und Stelle zu begutachten oder in einem luftdicht verschlossenen Weckglas bis zur fachmännischen Beurteilung aufzubewahren.

Soweit eine brauchbare Grasnarbe vorhanden ist, kann diese vor Beginn der Bauarbeiten abgehoben werden. Ist die Mooroberfläche vertorft, so ist diese oberste verfilzte Schicht unter allen Umständen aufzulockern. Dies gilt auch für eine infolge Unbrauchbarkeit nicht entfernte Grasnarbe.

Die Auflockerung oder auch das Verflüssigen der obersten Schicht geschieht am einfachsten durch Sprengen mit kleinen Ladungen, die zweckmäßig durch Versuchssprengungen ermittelt werden. Im allgemeinen wurden bisher Ladungen von 0,5 bis 1 kg verwendet, die in Abständen von ungefähr 1 m netzförmig über die Moorfläche verteilt werden. Die einzelnen Sprengstoffpatronen werden zu fünf bis neun Stück zusammengebunden, wobei eine Patrone mit dem Zünder zu versehen ist. Das Einbringen dieser Ladung in das Moor geschieht je nach dessen Festig-

¹⁾ L. Casagrande und Wheeler, „Sprengen, ein einfaches Hilfsmittel zur raschen Stabilisierung von Straßendämmen auf weichem Untergrund“, Die Straße 1934, Heft 6.

²⁾ L. Casagrande und P. Siedek, „Moorsprengungen beim Bau der Reichsautobahn“, Die Straße 1935, Heft 17.

keit entweder bei ganz weichen Schichten durch Eindrücken mit einem Holzstock, bei stärkerer Verfilzung in einfacher Weise in ein durch eine Spülsonde hergestelltes Loch oder bei noch höherer Festigkeit in mit einem Handbohrer hergestellte Löcher. Die Tiefe, in der die Ladung



Abb. 3. Mit zunehmender Dammschüttung bricht das seitlich hochdrückende Moor unter mächtiger Spaltenbildung auf.



Abb. 4a.



Abb. 4b.



Abb. 4c.

Abb. 4a, b u. c. Sprengung durch seitliches Einspülen der Minen zur Absenkung der Dammränder. Oben vor, Mitte während, unten nach der Sprengung.

liegen soll, kann mit $\frac{2}{3}$ der Dicke der verfilzten Decke angegeben werden. Um die laufenden Arbeiten nicht zu sehr zu stören, werden meist nicht mehr als 10 bis 20 kg zugleich elektrisch gezündet. Das Ergebnis dieser Arbeit ist eine weiche supplige Fläche, in die man beim Betreten einsinkt.

Die bisherigen Erfahrungen haben für die Durchführung der Sprengung zwei grundsätzlich verschiedene Arbeitsvorgänge entwickelt.

1. Die weiche, zu verdrängende Untergrundschicht ist soweit tragfähig, daß der gesamte Damm in seiner ganzen Breite und Länge ohne nennenswerte Schwierigkeiten aufgeschüttet werden kann. In diesem Falle wird der Vorteil zunutze gemacht, daß ein mächtiger geschlossener Dammkörper bei der Sprengung gleichzeitig in Bewegung gerät und daher ein Großteil des darunterliegenden Moores seitlich verdrängt wird (Abb. 1 a u. b.) Dieses Verfahren, das hauptsächlich in Amerika gebräuchlich ist, hat jedoch auch Nachteile, die darin bestehen, daß meist größere, unregelmäßig ausgebildete Moorlinsen unter dem Damm verbleiben, deren nachträgliche Verdrängung nur mit großen Sprengstoffmengen und daher auch hohen Kosten verbunden ist. Aus diesem Grunde hat sich in Deutschland das nachfolgend beschriebene Arbeitsverfahren entwickelt, das sich besonders wirtschaftlich gestaltet, wenn das Moor weich und wenig widerstandsfähig ist.

2. Ist das Moor (Faulschlamm) so weich, daß der aufgekippte Schüttbodyen versackt und erst im Laufe der Zeit ein geschlossener Dammstreifen erzielt werden kann, so empfiehlt es sich — nicht zuletzt aus bautechnischen Gründen, die die rasche Schaffung eines stabilen Gleisbettes auf größere Längen erforderlich machen — vorerst einen schmalen Dammstreifen von einigen Meter Breite zu schütten, der, wenn nötig, mit Hilfe seitlicher Sprengarbeit (Abb. 2 a u. b.) bis oder nahezu bis auf die tragfähige Sohle abgesenkt wird. Versinkt der Schüttbodyen nicht oder nur unregelmäßig, so empfiehlt es sich, vorher die oberen Moorschichten durch Sprengen zu verflüssigen.

Im Gegensatz zu dem unter 1. beschriebenen Verfahren wird hier versucht, mit möglichst geringer Sprengarbeit und, soweit möglich, nur seitlichen Auflockerungssprengungen den Damm zu verbreitern und allmählich abzusenken.

Der Arbeitsvorgang ist so, daß vorerst das Gleis etwa 4 m seitlich der Achse auf die noch nicht zerrissene Mooroberfläche, falls diese nicht genügend tragend ist, mit einem etwa 0,5 m hohen Sandbett ausgelegt wird. Dann wird ein schmaler Streifen der verfilzten Moordecke in der Achse der Trasse durch Sprengen aufgerissen, um das Absacken des aufgeschütteten Dammes zu fördern. Anfänglich versinken in dem breiigen Untergrunde große Mengen des Schüttbodyens, ohne daß sich ein geschlossener Dammkörper bildet. Erst wenn sich ein Damm gebildet hat, der über die Mooroberfläche hinausragt, wird der in der Längsrichtung anschließende Moorstreifen, der inzwischen aufgelockert wurde, vollgekippt. Sobald der Dammstreifen die tragfähige Sohle annähernd erreicht hat, kommen die Sackbewegungen langsam zur Ruhe. Liegt der Damm einigermaßen sicher, so wird das Gleis darauf verlegt und von dort aus weitergeschüttet.

Durch die zunehmende Dammlast wird das seitlich noch nicht aufgelockerte Moor hochgetrieben und bildet eine am Dammfuß steil ansteigende Welle, die oft unter mächtiger Spaltenbildung bricht und die gegen die Seiten flach abfällt (Abb. 3). Hat die Aufwölbung eine gewisse Mächtigkeit erreicht, so verhindert es das weitere Absinken des Dammes. Das Moor, das im Wasser unter Berücksichtigung des Auftriebes ein Gewicht von 0,1 bis 0,2 t/m³ aufweist, wiegt über dem Wasser 1,1 bis 1,2 t/m³ und bildet dadurch ein mächtiges Gegengewicht gegen den Damm.

Um diese Verspannung zu lösen, und den Damm zum weiteren Absinken zu bringen, werden die hochgewölbten Moorteile in gleicher Weise wie die erstmalige Auflockerung zerrissen. Zu dieser Arbeit ist entsprechende Erfahrung erforderlich, da durch das Aufsprengen ein allmähliches Absinken des Dammes erreicht werden muß, hinter dem der Schüttvorgang nicht zurückbleiben darf. Bei zu weitgehender Auflockerung besteht die Gefahr, daß der Damm, der bereits eine Tiefe von mehreren Metern aufweist, weit auseinanderläuft und an den Rändern tiefer absackt als in der Mitte. Haben sich solche seitlichen Schürzen einmal ausgebildet, so ist es sehr schwer, die unter dem Damm befindlichen Moormassen zu verdrängen. Meist führen auch bedeutende Sprengstoffmengen nicht restlos zum Ziel.

Um ein möglichst rasches und geschlossenes Absinken des Dammkörpers zu erreichen, wurden in einigen Fällen vor Beginn der Schüttung Minen mit 10 bis 15 kg Sprengstoff in Abständen von 6 bis 8 m auf den Grund des Moores versenkt und gezündet. Auf diese Weise wurde das Gefüge auch im unteren Teile des Moores gründlich zerstört und ein flüssiges und leicht nachgiebiges Moor erzielt.

Nach dem Aufbringen der gesamten Schüttmassen verbleiben im Falle 1 noch wesentliche Mengen von Moor (Faulschlamm) unter dem Damm. Im Falle 2 sind meist geringe Moormengen unter Dammitte verblieben, die bei entsprechender Verdichtung durch die Dammlast nicht entfernt zu werden brauchen. Die äußeren Teile des Dammes haben

jedoch vielfach nach beendeter Schütтарbeit noch nicht die gewünschte Lage und Form, so daß noch Sprengungen zur Ausbildung der Dammfüße erforderlich sind (Abb. 4a, b u. c). Vielfach müssen jedoch in beiden Fällen noch Damm- und Vorfeldsprengungen ausgeführt werden.

Vorfeldsprengungen werden durchgeführt, um das Moor zu beiden Seiten des Dammes zu zerstören bzw. zu verflüssigen. Während bei den ersten Sprengvorhaben die Vorfeldsprengung mit kleinen Minen, die seitlich bis auf den Grund des Moors gespült wurden, gleichzeitig oder etwa 1 sek vor der Hauptsprengung ausgeführt wurde, erwies es sich bei den letzten Sprengarbeiten als zweckmäßig, die Vorfeldsprengung schon vor dem Einspülen der Damminen durchzuführen, um eine gegenseitige ungünstige Beeinflussung von Vor- und Hauptsprengung zu verhindern.

Die Ladung der einzelnen unter dem Damm gespülten Minen betrug bei den bisherigen Bauvorhaben je nach Moortiefe und Dammauflast zwischen 20 und 100 kg. Die Abstände der Minen untereinander bewegten sich ebenfalls in Abhängigkeit von den örtlichen Verhältnissen zwischen 5 und 10 m.

Nachdem der Damm vermutlich in seiner Gesamtbreite auf tragfähigem Grund aufsitzt, ist der genaue Verlauf der Dammsohle durch Sondierung zu ermitteln. Sind noch wesentliche Moor- oder Schlammreste unter dem Damm verblieben, so sind daraus Proben zu entnehmen und zu untersuchen, wie weit sich diese Schicht schon durch die Dammauflast zusammengedrückt hat und dadurch unschädlich geworden ist. Bisher hat sich belnahe ausnahmslos ergeben, daß sich solche Schlamm-

oder Moorreste innerhalb kurzer Zeit zu einer überraschend harten Masse zusammengedrückt haben. Nachträgliche Dammsetzungen konnten trotz Verbleibens dieser Moorreste nicht festgestellt werden.

Was die Ausbildung der Dammböschungen betrifft, so haben sich Neigungen von 1:1 unterhalb der Mooroberkante als ausreichend und genügend sicher erwiesen. Mit Rücksicht auf die große Verspannung des seitlich gelagerten Moors kann in besonderen Fällen sogar unter dieses Böschungsmaß gegangen werden, ohne daß Dammrutschungen zu befürchten sind.

Seit der ersten Anregung des Verfassers¹⁾, das Sprengverfahren zur Beseitigung weicher Untergrundschichten im deutschen Straßenbau einzuführen, sind kaum drei Jahre vergangen. Trotz wiederholter Versuche, das Verfahren als abwegig, unwirtschaftlich und überhaupt technisch nicht ausführbar zu bezeichnen, sind, wie eingangs erwähnt, eine große Anzahl von Moor- bzw. Faulschlammsprengungen durchgeführt worden. Davon sind, und das sei besonders hervorgehoben, alle als geglückt zu bezeichnen. Daß jedoch nicht nur die rein technische Seite der Aufgabe gelöst erscheint, sondern daß auch, wirtschaftlich gesehen, das Verfahren nicht ungünstig aussieht, geht schon aus der Tatsache hervor, daß die Kosten der bisherigen Sprengvorhaben im Autobahn- und Landstraßenbau zwischen 0,2 und 0,6 der Aushubkosten betragen haben. Die Kostenersparnisse betragen durch Anwendung des Sprengverfahrens bisher etwa 1 Mill. RM. Gegenwärtig werden Sprengarbeiten zur Verdrängung von etwa 800 000 m³ Moor und bis zu Tiefen von 22 m ausgeführt.

Maßnahmen zur Hemmung senkrechter Verschiebungen der Platten in Betonfahrbahnen.

Alle Rechte vorbehalten.

Von Obering. Georg Wieland, Berlin-Zehlendorf.

Der schwerste Schaden, der an einer Betonfahrbahndecke entstehen kann, ist eine senkrechte Verschiebung der beiden Plattenenden an der Längs- und Querfuge. Nicht nur wirtschaftliche Belange, sondern auch Fragen der Verkehrssicherheit und der Gefährdung von Menschenleben werden durch derartige Stufenbildungen berührt.

Senkrechte Verschiebungen werden entweder durch die dynamische Kraftwirkung der Verkehrslasten oder durch die Formänderung des Untergrundes (Setzung, Quellung, Frosthebung) oder durch eine gemeinsame Einwirkung beider Faktoren verursacht.

Die Hemmung dieser Vorgänge durch eine tragende Einrichtung und Verbindung der Betonplattenenden über die Fuge ist für den Bestand und die Unterhaltung der Betonfahrbahn eine unbedingte Notwendigkeit.

Die Verdübelung ist dazu berufen, der durch die Fuge unterbrochenen Fahrbahn die Vorzüge einer fugenlosen Fahrbahn zu geben. Diese mit der Verdübelung verbundenen Aufgaben sind jedoch so vielseitig und so schwer zu erfüllen, daß es tatsächlich bis jetzt nicht gelungen ist, die „Verdübelungsfrage“ befriedigend zu lösen. Für den deutschen Betonstraßenbau ist die Lösung dieser Frage um so mehr notwendig,

weil gerade die in Deutschland viel benutzten langsamfahrenden, schweren Fernlastwagen (Achsdruk bis 11 200 kg) den Plattenstoß bedeutend höher beanspruchen als die meist leichten und schnellfahrenden Lastwagen auf ausländischen Betonstraßen. Ganz allgemein ist die Durchbiegung der Fahrbahnplatten bei großer Geschwindigkeit der Fahrzeuge geringer als bei langsamer Fahrzeuggeschwindigkeit, was sich aus der Formänderungsarbeit erklärt. Ausländische Erfahrungen und Feststellungen können deshalb bei der Lösung dieses Problems nur bedingt verwertet werden.

Die Notwendigkeit von Fugen wechselnder Welte in der Fahrbahn aus Betonplatten erschwert außerordentlich das Auffinden einer befriedigenden Verdübelungsanordnung. Die Verdübelungsfrage wird nach den bisherigen Erfahrungen trotz mancher Errungenschaften und Fortschritte nicht gelöst werden können, wenn man nicht dazu übergeht, auf die Wärmedehnung der Betonplatten beim Einbau der Plattenverbindungskörper im Fugenraum überhaupt keine Rücksicht zu nehmen und die Verarbeitung der Dehnungen der Betonplatten durch die Elastizität der Dübel bewirken zu lassen. Alle immer wieder an die Konstruktion längsverschieblicher Dübel geknüpften Erwartungen haben stets zu einer Enttäuschung geführt.

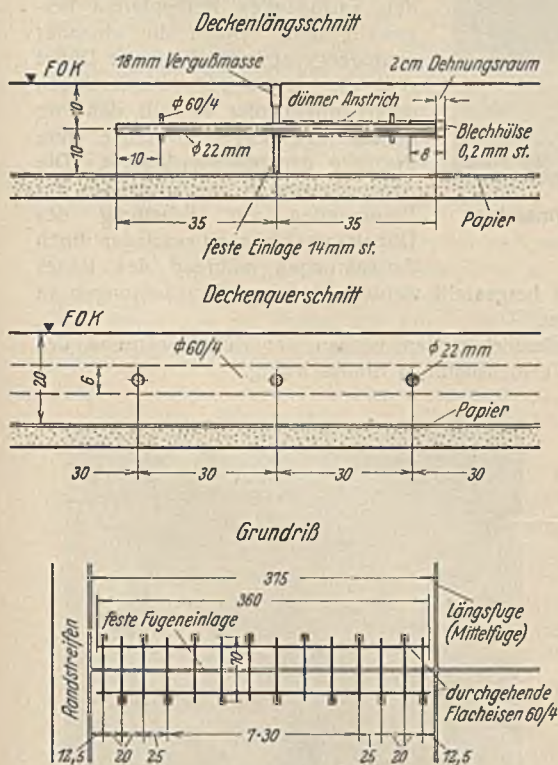


Abb. 1a. Dübelkonstruktion mit Rundsenddübel und aufschleppbarer Blechhülse.

1. Stufenbildung durch die Verkehrslast.

Die Verkehrslast verursacht Biegebewegungen der Fahrbahnplatten. Das Überfahren der Fugen veranlaßt Bewegungen der Plattenenden, die mit der Zeit das Zurückweichen des Untergrundes in der Fugenzone und das Hohlliegen der Plattenenden bewirken. Die sich ständig wiederholenden dynamischen Angriffe der Verkehrslasten an den 1 bis 3 m nicht aufliegenden Deckentellen führt zu einer Festigkeitsabnahme infolge von Ermüdungserscheinungen und alsdann zu einem bleibenden Höhenüberstand eines Plattenrandes nach aufgetretenem Bruchriß im Deckenfeld.

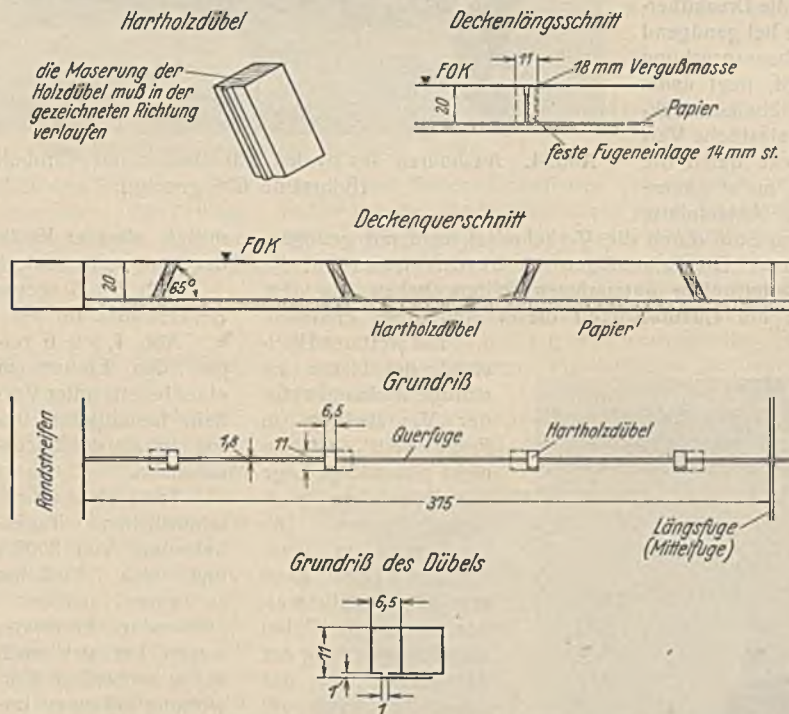


Abb. 1b. Dübelkonstruktion mit statischem Blockdübel nach Vorschlag Wieland.

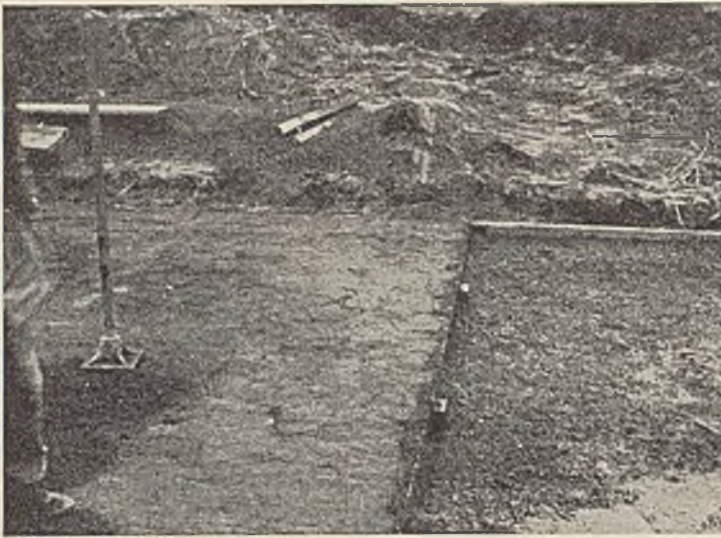


Abb. 2. Hergerichtete Fuge mit den Dübel-Formkästen.



Abb. 3. Einsetzen der rechteckigen Blockdübel.

Der Anordnung der längsverschieblichen Rundisenverdübelung steht schon das Bedenken gegenüber, daß die Biegunslinien der Plattenenden und die der Eisendübel grundsätzlich verschieden verlaufen. Die Eisendübel wirken, wie aus Abb. 1a ersichtlich, als beiderseits eingespannte Träger mit der Hauptbelastung an den beiden Stirnseiten der Betonplatten, während die Plattenenden als einseitige, mehr oder weniger eingespannte Kragarme aufzufassen sind. Die beiden Biegunslinien weichen demnach von vornherein voneinander ab. Die Annahme, daß die Druckübertragung in diesem Falle bei genügend steifem Dübel zur Überbeanspruchung des Betons führen wird, liegt nahe.

Bei den bekannten Dübelkonstruktionen findet auch die elastische Verarbeitung der Stoßbrücke durch die Verbindungselemente meist keine Berücksichtigung. Die Anlaufplatte kann auf die Dauer den Stoß durch die Verkehrslast nicht mit genügender Elastizität aufnehmen. Die Erfahrungen mit Betonschwellen, die den Betonplattenstoß unmittelbar unterstützen sollten, haben aus dem obigen Grunde immer die Unzulässigkeit dieser Anordnung erwiesen.



Abb. 4. Ausbohren des ovalen Dübelloches mit Kernbohrmaschine (Bohrsäule 60° geneigt).

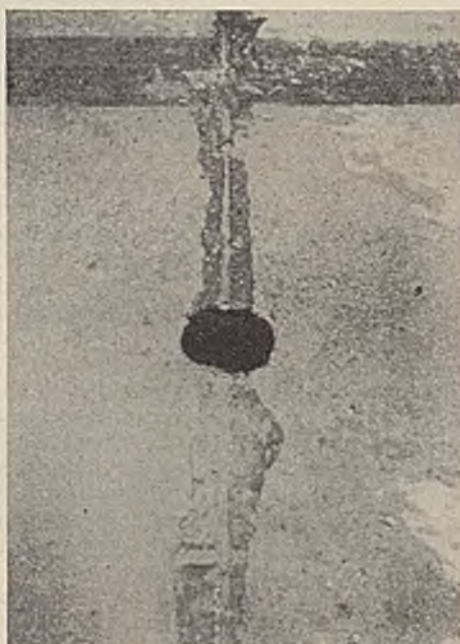


Abb. 5. Ausgebohrtes ovales Dübelloch.

Ein weiterer Übelstand, der bisher die richtige Wirkungsweise der Verdübelung in Frage stellt, ist die nicht planmäßige Lage der Dübeleisen nach ihrem Einbau. Die Forderung der planmäßigen Lage kann erst dann erfüllt werden, wenn die Dübel nach Fertigstellung der Betondecke auf das genaueste eingepaßt und eingebaut werden können.

Auf die Rostgefahr eines Rundisendübels im Beton soll hier nicht eingegangen werden, da sie noch der näheren Klärung bedarf.

Unter Berücksichtigung der vorstehenden Überlegungen und Feststellungen soll nach-

stehend auf eine neue Dübelkonstruktion eingegangen werden, die die dynamischen Lastangriffe besser verarbeiten kann und den vorstehenden Forderungen möglichst gerecht wird.

Abb. 1b zeigt die Konstruktion der neuartigen Plattenverbindung. Im wesentlichen besteht sie aus elastischen, verformbaren Verbindungselementen mit viereckigem bzw. ovalem Querschnitt, die in Hohlräumen genau eingepaßt liegen, die durch Aussparungen bzw. Ausbohrungen an den anstoßenden Betonplatten hergestellt sind. Durch die einander entgegengesetzte Stellung der Dübel sind die anstoßenden Plattenenden derart miteinander verkeilt, daß ihre gegenseitige Lage in Höhe und Richtung dauernd gleichbleibt. Die Aussparungen an den Stirnseiten der Betonplatten zur Schaffung des Dübelraumes können entweder durch Aussparungen während des Baues

mittels eiserner Kästen hergestellt werden oder durch Ausbohrungen an der fertigen Betondecke.

Abb. 2 u. 3 veranschaulichen den Einbau der Dübel während des Deckenbaues auf der Versuchsbahn in Braunschweig.

Abb. 4, 5 u. 6 zeigen den Einbau in einer bereits unter Verkehr befindlichen Betonfahrbahn der Reichsautobahn.

Trotz einer durchschnittlichen Tagesbelastung von 3000 t und des Verkehrs schwerer, langsamfahrender Fernlastwagen hat sich noch keine nachteilige Einwirkung erkennen lassen. Bestehende Spritzfugen sind zur Ruhe gekommen. Da die Dübel aus einem elastischen, schwind- und quellfreien Stoff (z. B. durchtränktes Pappelholz oder Kunstholz) bestehen, ist eine Lockerung der Dübel bzw. eine Zerstörung des Betons nicht mehr möglich.



Abb. 6. Ovaler Dübel vor dem Einpressen.

2. Stufenbildung durch Verformen des Untergrundes.

Setzungen und Quellungen des Untergrundes verursachen ebenfalls mehr oder weniger große Stufenbildungen an den Fugen der Fahrbahnen. Im Gegensatz zu den senkrechten Plattenverschiebungen durch die Verkehrslast sind die durch die Untergrundveränderung bedingten Plattenverschiebungen zeitabhängig, d. h. das Ausmaß des Höhenüberstandes ist nicht konstant.

Die Verdübelung hat in derartigen Fällen die Aufgabe, die beiden Plattenenden während ihrer Hebung oder Senkung auf gleicher Höhe zu halten. Erreicht das Ausmaß der Hebung oder Senkung eine gewisse Höhe, so entstehen starke Verdrückungen, die den Ausbau der Verbindungselemente und den Ersatz durch neue Dübel erforderlich machen.

Die vorstehend beschriebene neue Dübelkonstruktion erfüllt diese Forderung. Die Dübel können bei sehr starken Verdrückungen oder Verdrehungen der Betonplatte ausgebohrt bzw. ausgestemmt und durch entsprechend zugerichtete neue Dübel ersetzt werden.

Zu den wichtigsten Aufgaben des Straßenbauingenieurs gehört zweifellos die Verhinderung der ungleichmäßigen Hebung zweier aneinanderstoßenden Fahrbahnplatten, die durch die Frostwirkung auf den Untergrund verursacht wird. Die Verdübelung hat auch in diesem Falle dafür zu sorgen, die beiden Plattenenden während der Hebung und während des Rückganges der Frosthebung gegenseitig auf gleicher Höhe zu halten. Da aber die Frosthebungen beinahe immer plötzlich auftreten und deshalb die Verkehrssicherheit im Gegensatz zu allen bisher beschriebenen Hebungen und Setzungen am meisten gefährden, ist es notwendig, durch Vorherbestimmung der Frostneigung des Untergrundes und durch Aufindung eines Mittels und Weges zur Verhütung der Frosthebungen diese Einwirkung auf die Fahrbahndecken überhaupt auszuschalten.

Die Untersuchung des Verhaltens einer Vielzahl frostempfindlicher Bodenarten bei gleichen äußeren Bedingungen hat den Beweis erbracht, daß die Ursache der Neigung des Bodens zum Auffrieren in chemisch-physikalischen Vorgängen zu suchen ist. Der Verfasser hat vor kurzer Zeit Planumtsollertungen von 26 Reichsbahnstrecken untersucht, die er in den Jahren 1927 bis 1929 in Süd-, Mittel- und Westdeutschland eingebaut hat. Es handelt sich einerseits um Isollerschichten aus grobkörnigem Sand oder aus Lokomotivschlacke und andererseits um Schichten aus bituminösem Material. Die Untersuchungen ergaben zunächst, daß beinahe alle Isollierungsschichten aus Sand oder Schlacke von unten herauf, soweit sie auf kolloidalem Boden eingebaut waren, verschlammten waren und ihren Zweck nicht mehr erfüllen konnten. Die Schichten aus bituminösem Material auf kolloidalem Boden waren sehr oft durch-

gebrochen mit Ausnahme solcher Bitumendecken, die auf einem Untergrund verlegt waren, der aus verwittertem Felsboden bestand. Die Zerstörungserscheinungen zeigten je nach der Gestaltung der Entwässerung des Planums ein mehr oder weniger großes Ausmaß. In geologischer Hinsicht konnte festgestellt werden, daß bindige Bodenarten, die aus sauren Gesteinen entstanden sind, viel mehr zu Frosthebungen Anlaß gaben als Böden, die sich aus Muschelkalk, Kreide oder dem Schwemmland kalkführender Flüsse gebildet hatten. Es konnte der Kalk als günstig wirkender Bestandteil ermittelt werden. Er beeinflußt frostgefährdete, kalkarme Bodenarten in physikalisch-chemischer Hinsicht (Krümelstruktur, Basenaustausch) und macht sie frostunempfindlicher.

Die Kalkwirkung wird bestätigt durch folgende tabellarische Zusammenstellung von Versuchsergebnissen.

Versuchsergebnisse über die Beeinflussung von Bodenarten durch Einmischung von 1% Kalk (CaO).

Lfd. Nr.	Bodenart	Erhöhung der Wasserdurchlässigkeit auf das
1	Sandiger Lehmboden	1,90fache
2	Schwerer Lehmboden	1,75 "
3	Letteboden	2,00 "
4	Tonboden	2,00 "
5	Lößboden	1,33 "
6	Mittlerer Sand	3,03 "
7	Moorboden	1,92 "

Besonders günstig dürfte die Vermischung des frostgefährdeten, kalkarmen Bodens mit Mischkalk sein, der eine langandauernde Verbesserungswirkung vermittelt.

Nach vielen Kleinversuchen scheint es, daß auch dem kalkreichen Boden dauernd seine Frostempfindlichkeit genommen werden kann, wenn man ihm Metallverbindungen, wie beispielsweise Eisenoxyde, Eisenkarbonate usw., in kleinen Mengen in die frostgefährdete Zone einverleibt. Voraussetzung ist natürlich, daß auch eine richtig gestaltete Sickeranlage vorgesehen und daß die Fassung des unterirdischen Wassers getrennt von der Ableitung des Oberflächenwassers bewerkstelligt wird.

Eine Dübelkonstruktion, die in ihrem Aufbau die dynamischen Gesichtspunkte berücksichtigt, im Verein mit einer zweckentsprechenden Bodenverbesserung und Bodenentwässerung wird schädliche Bewegungen der Betonstraßendecke endgültig verhindern können.

Alle Rechte vorbehalten.

Die Fugen in den Betonfahrbahndecken der Reichsautobahnen.

Von Regierungsbaumeister K. Sack, Berlin.

Wie bei allen größeren Betonkörpern sind auch in den Betonfahrbahndecken Fugen erforderlich, um wilde Risse zu vermeiden. Der Zweck der Fugen ist, die in den Betondecken durch Wärmedehnung, Quellen oder Schwinden des Betons und durch die Reibung auf dem Untergrund entstehenden Spannungen möglichst gering zu halten.

I. Fugenanordnung.

Die Betonfahrbahndecken werden durch Quer- und Längsfugen unterteilt.

Nach der neuen „Anweisung für den Bau von Betonfahrbahndecken 1937“¹⁾ müssen die Querfugen senkrecht zur Längsachse geradlinig auf die ganze Fahrbahnbreite durchgehend angeordnet werden. Zu Beginn des Betondeckenbaues auf den Reichsautobahnen (1934) wurden die Querfugen vielfach an den Längsfugen um 40 bis 50 cm versetzt, um das Fugenkreuz zu vermeiden (Abb. 1). Dabei traten jedoch häufig Schäden in Form von Schubrissen und Eckabsprengungen in der benachbarten Platte auf. Um zu verhindern, daß bei gleichzeitigem Überfahren der Querfugen durch beide Radpaare größere Fahrzeugstöße entstehen, wurden die Querfugen auch wohl schräg zur Straßenlängsachse angeordnet. Die Schrägfugen haben den Nachteil spitzwinkliger Plattenecken und größerer Fugenlängen. Zur Vermeidung der spitzen Plattenecken bei den Schrägfugen wurden diese stellenweise dadurch gekrümmt hergestellt, daß sie an den Enden senkrecht zur Längsfuge eingebogen wurden (Abb. 2). Auch diese Maßnahme muß als verfehlt angesehen werden, weil damit die Fugenherstellung insbesondere bei Verdübelung sehr erschwert wird und Schrägfugen bei dem auf den Autobahnen üblichen gummibereiften Schnellverkehr keinen wesentlichen Vorteil bringen.

Der Abstand der Fugen, d. h. die Plattenlänge, ist von vielerlei Umständen abhängig, die im wesentlichen in den klimatischen Verhältnissen

und in der Beschaffenheit des Untergrundes begründet sind. Während bisher auf den Reichsautobahnen zur Vermeidung rhythmischer Stöße auf die Fahrzeuge gruppenweise ungleiche Querfugenabstände gewählt wurden, z. B. 12,50 — 15,00 — 17,50 m oder 15,00 — 17,50 — 20,00 m, bestimmt die neue Bauanweisung auf Grund der bisher gewonnenen Erfahrungen, daß ein Wechsel in den Plattenlängen nicht erforderlich ist. Die Fugenabstände betragen nunmehr je nach den vorliegenden Verhältnissen 10 bis 15 m. Dabei sind die kleineren Plattenlängen „in Gegenden mit rauherem, stark wechselndem Klima, auf höheren Dämmen sowie auf niedrigen, wenn diese erst frisch geschüttet wurden, und auf unsicherem oder ungleichmäßigem Untergrund, bei Deckenherstellung in der warmen Jahreszeit,

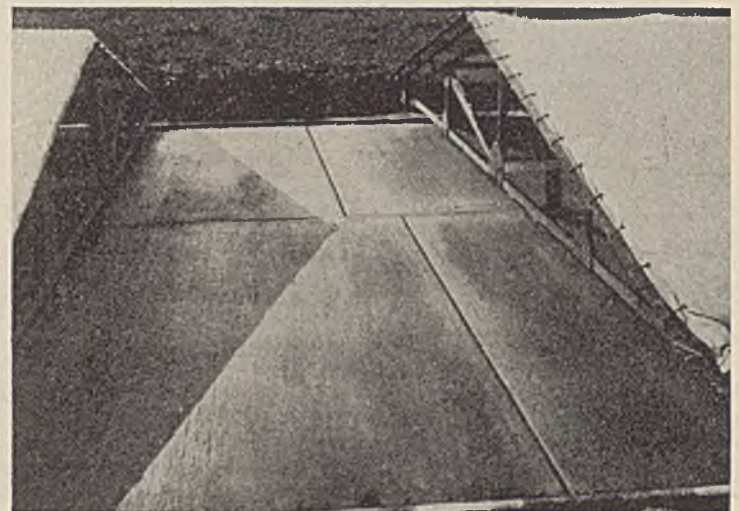


Abb. 1. Versetzte Querfugen.

¹⁾ Im folgenden kurz „Bauanweisung“ genannt. Ausgearbeitet und herausgegeben von der Direktion der Reichsautobahnen im Einvernehmen mit dem Generalinspektor für das deutsche Straßenwesen. Freiberg (Sa.), Verlag Ernst Mauckisch.

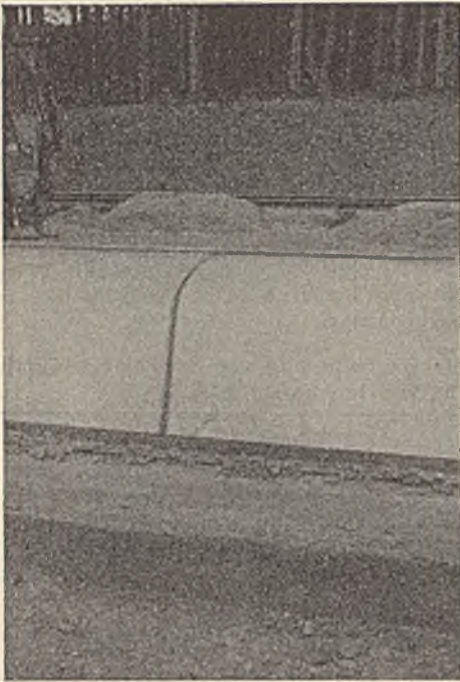


Abb. 2. Schräge, gegen die Längsfuge senkrecht abgebogene Querfuge (halbseltige Bauweise).

müssen. Bei dachförmigen Querschnitten mag diese Ansicht ihre Berechtigung haben. Inwieweit dies jedoch auch für die mit einseitigem Quergefälle versehenen, planebenen Fahrbahnplatten der Reichsautobahnen zutrifft, muß erst durch Großversuche, die im Baujahr 1937 durchgeführt wurden, geklärt werden. Zwei Versuchsstrecken ohne Mittelfugen, die im Baujahr 1936 auf den Autobahnen Berlin—Stettin und Köln—Düsseldorf hergestellt wurden, weisen bisher noch keinerlei Schäden auf.

Neben den Quer- und Längsfugen in der eigentlichen Betonfahrbahndecke haben auch die Fugen in den Randstreifen sowie zwischen Randstreifen und Fahrbahn eine für den Bestand der Decke nicht zu unterschätzende Bedeutung. Die Betonrandstreifen werden zur Vermeidung von Rissebildungen und Hebungen (Abb. 3) ebenfalls durch Querfugen,

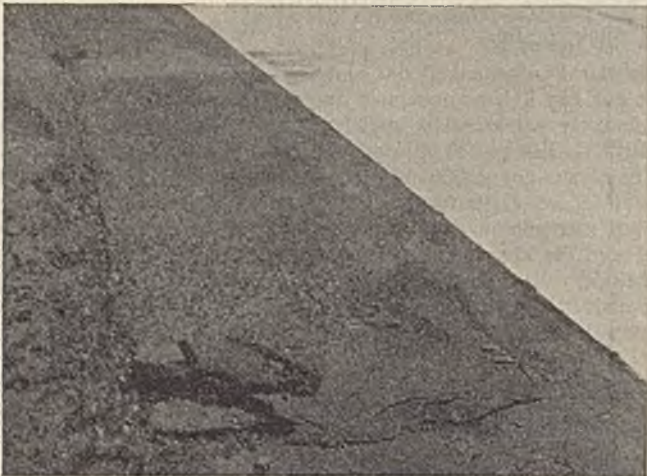


Abb. 3. Abplatzen des Gußasphaltbelages infolge Fehlens der Querfuge im Randstreifen.

und zwar in Abständen von 6 bis 8 m unterteilt. Dabei sollen nach Möglichkeit jeweils die Querfugen der Fahrbahndecke auch im Randstreifen durchlaufen, da andernfalls ebenso wie bei den versetzten Querfugen der Decke Schubrisse und Kantenabspaltungen vor allem im Gußasphaltbelag entstehen. Die Querfuge wird auch durch den Gußasphaltbelag fortgesetzt.

Die Fuge zwischen Randstreifenbeton und Deckenbeton wird in der Regel als Preßfuge ausgebildet. Je nachdem der Randstreifen vor oder nach der Decke hergestellt wird, erhält die Seitenfläche des Randstreifen- oder Deckenbetons einen doppelten bituminösen Anstrich. An dessen Stelle kann auch eine einfache Lage unbesandeter, teergetränkter Pappe aufgebracht werden. Um einerseits eine freie Bewegung der Deckenplatte gegenüber dem Gußasphaltbelag des Randstreifens zu gewährleisten und um andererseits die Fuge zwischen Randstreifen und Deckenbeton gegen

bei Krümmungen mit einem Halbmesser unter 1000 m zu wählen. In besonders ungünstigen Fällen, wie z. B. auf Bauwerkshinterfüllungen, kann sogar ein Querfugenabstand unter 10 m zweckmäßig sein. Größere Plattenlängen sind vorzusehen „in Gegenden mit mildem, ausgeglichtem Klima, auf Strecken im Gelände oder im Einschnitt, sofern gute Untergrundverhältnisse vorliegen, sowie bei Deckenherstellung in den kalten Jahreszeiten“.

Die Längsfuge verläuft in Fahrbahnmitte, so daß bei dem für die Autobahnen gültigen Querschnitt eine Plattenbreite von 3,75 m entsteht. Im allgemeinen besteht die Auffassung, daß über 5 m breite Fahrbahnplatten durch eine Mittelfuge zur Vermeidung von Längsrissen unterteilt werden

Eindringen von Wasser zu dichten, wird zwischen Gußasphaltbelag und Betondecke eine mindestens 1 cm breite Raumfuge auf die Höhe des Gußasphaltes (2 cm) angeordnet und mit Vergußmasse verfüllt. Dadurch wird auch verhindert, daß der an der Betondecke immerhin gut haftende Gußasphalt bei Temperaturbewegungen der Fahrbahnplatte absplittert (Abbild. 4).

II. Fugenausbildung.

Die Fugen werden sowohl als Raum- wie auch als Scheinfugen ausgeführt. Die Querfugen werden in der Regel als Raumfugen ausgebildet, um Längenänderungen der Fahrbahnplatten zu ermöglichen. Es ist jedoch zulässig, zwischen Raumfugen jeweils eine oder zwei Scheinfugen anzuordnen, wenn die Felderlängen entsprechend verkürzt (≤ 10 m) und die Raumfugen genügend breit ausgebildet werden (≥ 20 mm).

Die Längsfugen dagegen können je nach den Untergrund- und Streckenverhältnissen Raum- oder Scheinfugen sein. Scheinfugen sollen jedoch nur in der Geraden und in Krümmungen mit über 2000 m Halbmesser ausgeführt werden, da in stärkeren Krümmungen bei Dehnung der Platten infolge von Temperaturänderung leicht Beschädigungen an den Plattenrändern auftreten können. Bei halbseltiger Herstellung der Fahrbahndecke kann die Längsfuge auch als Preßfuge ausgeführt werden.

Soweit die Querfugen als Raumfugen ausgebildet werden, erhalten sie eine Breite von etwa 20 mm. Die neue Bauanweisung bestimmt, daß die Weite der Querraumfugen oben nicht unter 18 mm, unten nicht unter 14 mm betragen darf. Zur Aufnahme der Längenänderungen würde allerdings eine bedeutend geringere Fugenbreite genügen. Nach von Prof. Graf, Stuttgart, durchgeführten Messungen ist mit einer Längenänderung von 0,01 mm auf 1 m Plattenlänge und durch 1° Temperaturänderung zu rechnen²⁾. Bei 15 m langen Platten und einer Temperaturänderung um 30° (+10° bis +40°) wäre demnach ungünstigstenfalls eine Verengung des Fugenraumes um $0,01 \cdot 15 \cdot 30 = 4,5$ mm möglich.



Abb. 5. Scheinlängsfuge mit Rundeseisenanker.

Eine breitere Fuge bietet jedoch neben der einwandfreien Herstellung den Vorteil, daß bei Dehnung der Platten relativ weniger Vergußmasse herausgepreßt wird und dadurch die unvermeidliche Wulstbildung auf ein Mindestmaß beschränkt bleibt. Andererseits muß vor allzu breiten Fugen nachdrücklich gewarnt werden, da dann die starke Beanspruchung der Fugenränder infolge des Verkehrs zu Kantenbeschädigungen führen kann. Aus diesem Grunde werden auch die Kanten der Querfugen abgerundet ($H = 5$ mm).

Bei den Scheinfugen wird unten eine etwa 5 cm hohe Holzleiste eingelegt und oben ein etwa 8 mm breiter und 5 cm tiefer Fugenspalt ausgespart (Abb. 5).

Die als Scheinfugen ausgebildeten Längsfugen werden grundsätzlich durch Rundeseisen von 14 bis 16 mm Durchm. und 1,50 m Länge verankert, um senkrechte Bewegungen der nachträglich entstehenden rauhen Bruchflächen und damit Beschädigungen der Plattenenden zu verhindern. An Stelle der Rundeseisen können selbstverständlich auch andersartige Eisen, z. B. Iestegstahl, Drillwulststahl, mit gleichem Querschnitt verwendet werden. Die Ankereisen liegen in Abständen von 1,50 m.

²⁾ Vgl. Schriftenreihe der Forschungsgesellschaft für das Straßenwesen E. V., Arbeitsgruppe Betonstraßen, Heft 5, September 1936, S. 60.

Auch wenn die Längsfuge als Raumfuge ausgebildet wird, kann es zweckmäßig sein, eine derartige Verankerung vorzunehmen. Dies trifft dann zu, wenn zu erwarten ist, daß infolge starken Quergefälles in engen Krümmungen die tieferliegende Platte seitlich abwandert oder wenn mit Rücksicht auf die Untergrundverhältnisse mit ungleichmäßigen Setzungen oder auch Hebungen infolge von Frost zu rechnen ist. Die neue Bauanweisung schreibt vor, daß in solchen Fällen die gleiche Verankerung wie bei Scheinfugen einzubauen ist, mit der Einschränkung, daß in Krümmungen mit einem Halbmesser von 600 m und darunter diese Ankerseile nur im mittleren Drittel der Plattenlänge angeordnet werden dürfen, um eine Längsbewegung der beiden Plattenenden gegeneinander zu ermöglichen. Im letzteren Falle werden die gleichfalls 1,50 m langen Ankerseile in Abständen von 0,75 m verlegt.

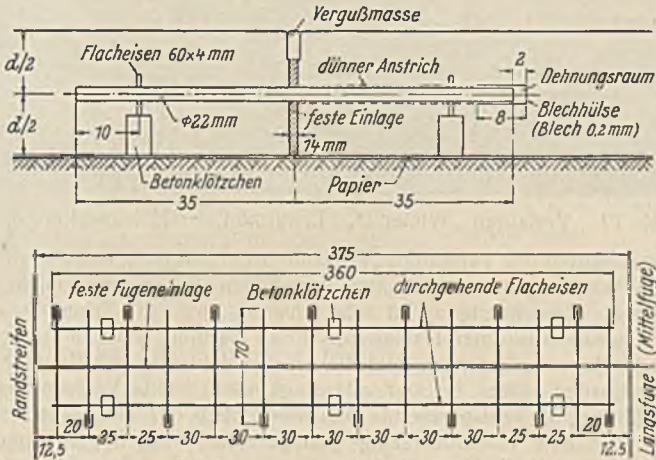


Abb. 6. Verdübelung der Querfugen.

Die gleichen Überlegungen wie für die Verankerung der Längsfugen gelten auch für die Verdübelung der Querfugen. Bei nachgiebigem und frostgefährlichem Untergrund werden die Querfugen grundsätzlich verdübelt. Die Dübel dienen zur Kraftübertragung an den Fugen und zur Sicherung der gleichmäßigen Höhenlage an den Plattenenden. Wenngleich zugegeben werden muß, daß die Ausgestaltung des augenblicklich bei den Reichsautobahnen üblichen Rundelsendübels (Abb. 6) noch nicht in allen Punkten befriedigt, so muß doch anerkannt werden, daß bisher bei Verwendung des Rundelsendübels Schäden irgendwelcher Art noch nirgends festgestellt werden konnten. Dagegen hat sich diese Verdübelung im Winter 1936/37 auf frostgefährdeten Strecken als sehr zweckmäßig erwiesen.

Die schlechten Erfahrungen im Winter 1936/37 auf einzelnen nicht verdübelten Betriebsstrecken geben zu erkennen, daß die Verdübelung auf frostgefährlichen Böden unbedingt erforderlich ist, sollen größere Schäden und Betriebsgefährdungen ver-

mieden werden. Den Rundelsendübels wird vielfach entgegengehalten, daß es schwierig sei, eine plangemäße Lage, d. h. genau in Neigung und Längsrichtung der Fahrbahn, beim Einbau und Verdichten des Frischbetons zu gewährleisten. Dieser Nachteil, der besonders bei dem in Deutschland üblichen trockenen Beton bestimmt vorhanden ist, dürfte jedoch wohl deshalb nicht von so großer Bedeutung sein, weil Deckenschäden infolge unsachgemäßen Dübeleinbaues bisher noch nirgends einwandfrei festgestellt werden konnten. Bei einigermaßen sorgfältigem Einbau können derartige Mängel auch bestimmt vermieden werden.

Sehr zweckmäßig ist der Einbau der Rundelsendübels in Verbindung mit räumlicher Randbewehrung, wie dies bei einzelnen Obersten Bauleitungen mit Erfolg durchgeführt wurde. Die Wirtschaftlichkeit muß dabei aber außer Betracht bleiben, um so mehr, als die Zweckmäßigkeit von Eiseneinlagen, besonders von räumlicher Randbewehrung, sehr umstritten ist.

Die Verwendung der in Abb. 6 gezeigten Flacheisen zur Befestigung der Dübelrundeisen befriedigt zweifellos noch nicht. Vor allem haben die zur Unterstützung eingebauten Betonklötzchen eine Schwächung gerade der am stärksten beanspruchten Plattenenden zur Folge. Eine einwandfreie Lage der Dübel kann nur durch Unterstützung jedes einzelnen Dübels erzielt werden, wie dies z. B. auch im amerikanischen Straßenbau geschieht. Es ist beabsichtigt, derartige eiserne Dübelstützen auch auf den Autobahnen versuchsweise einzubauen.

Neuerdings wurde festgestellt, daß bei nicht einwandfrei verdichtetem Planum nicht verdübelte Plattenenden unter dem Verkehr so starke Durchbiegungen erleiden, daß die Platten etwa 3 m von der Fuge entfernt brechen. Die Bauanweisung wird schon allein auf Grund dieser Beobachtungen dahingehend verschärft werden müssen, daß zukünftig sämtliche Betonfahrbahndecken der Reichsautobahnen verdübelt werden müssen.

III. Herstellung der Fugen.

Die nachstehend beschriebenen Fugenherstellungsverfahren werden im allgemeinen nur bei zwelagigem Deckeneinbau angewendet. Bei einlagigem Einbau, der auf den Autobahnen aus hier nicht näher zu erläuternden Gründen selten ausgeführt wird, ist die einwandfreie Fugenherstellung wesentlich schwieriger. Doch ist es bei Beachtung besonderer Maßregeln mit den nachstehend aufgeführten Verfahren durchaus möglich, auch bei einlagiger Bauweise gute Fugen herzustellen.

a) Raumfugen.

Wohl auf keinem Gebiete des Betonstraßenbaues gibt es so viele Verfahren wie bei der Fugenherstellung. Die meisten dieser Bauweisen müssen jedoch auf Grund der damit erzielten schlechten Erfahrungen als unzweckmäßig erkannt werden.

Dies trifft in erster Linie für jene Verfahren zu, bei denen auf die bleibende untere Fugeneinlage nach dem Verdichten der unteren Betonlage eine Fugeneinlage meist aus Eisen aufgesetzt wird, die nach dem Verdichten der oberen Betonlage aus dem Frischbeton wieder gezogen wird. Es muß zugegeben werden, daß einige Firmen, die über besonders eingübtes Stammpersonal verfügen, auch auf diese Weise einwandfreie Fugen herstellen. Dies bleibt jedoch auf Ausnahmefälle beschränkt. In der Regel wird beim Entfernen der oberen Fugeneinlage der bereits verdichtete Frischbeton derart aufgewühlt, daß auch bei sorgfältigster Nacharbeit eine Störung des vielfach bereits im Abbinden begriffenen Betongefüges verbleibt (Abb. 7). Das Ziehen der Fugeneinlagen aus dem Frischbeton ist deshalb auf den Baustellen der Reichsautobahnen nicht erlaubt.



Abb. 7. Mangelhafte Fugenherstellung.

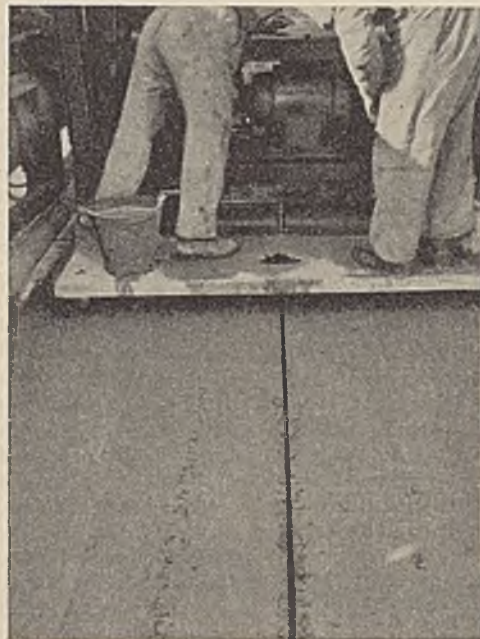


Abb. 8. Herstellung der Querfuge mit Fugenschneider „Müller“.

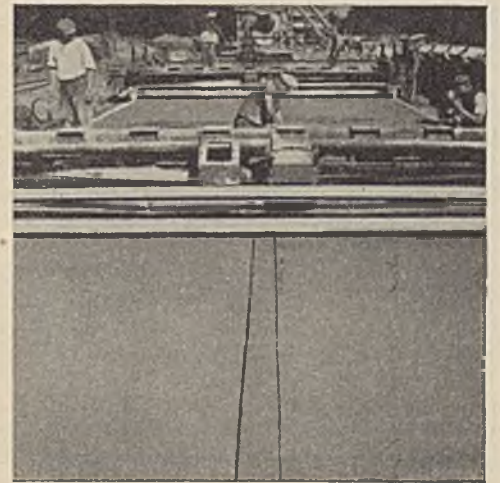


Abb. 9. Herstellung der Längsfuge mit Fugenschneider „Müller“.

Ein anderes Verfahren zur Herstellung von Raumfugen im Frischbeton ist das Einschneiden mit maschinellen Fugenschneidern. Auch bei dieser Bauweise ist in den meisten Fällen eine Störung des verdichteten Betons zu beobachten. Das Verfahren hat ferner den Nachteil, daß es schwierig ist, mit Sicherheit die untere Fugeneinlage zu treffen, so daß die Gefahr der Betonbrückenbildung im Fugenraum besteht. Zu weicher Beton läuft hinter dem Messer wieder zusammen; zu trockener Beton bricht aus oder läßt sich gar nicht schneiden. Als brauchbar erwiesen hat sich von dem zum Einschneiden der Fugen im allgemeinen üblichen Maschinen der Fugenschneider „Müller“, der aus einer rotierenden Schneidscheibe in Verbindung mit einer vibrierenden Walze zur Nachverdichtung der Fugenränder besteht. Je nach der Dicke der Schneidscheibe werden damit Quer- und Längsfugen geschnitten (Abb. 8 u. 9). Die Maschine schneidet die Fugen auf volle Deckendicke. Da zukünftig alle Fugen verdübelt bzw. verankert werden, ist dieses Verfahren, mit Ausnahme zur Herstellung von Scheinfugen, nicht mehr anwendbar.

Jene Fugenherstellungsverfahren, die bevorzugt verwendet werden sollen, unterscheiden sich von den erstgenannten Bauweisen darin, daß die oberen Fugeneinlagen aus dem erhärteten Beton gezogen werden.

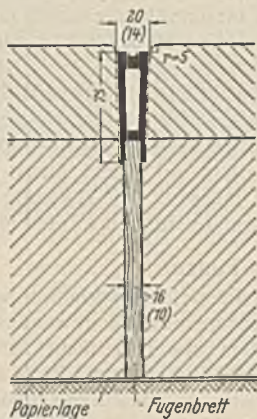


Abb. 10. Hohlfugeneisen nach Patent „Wieland“.

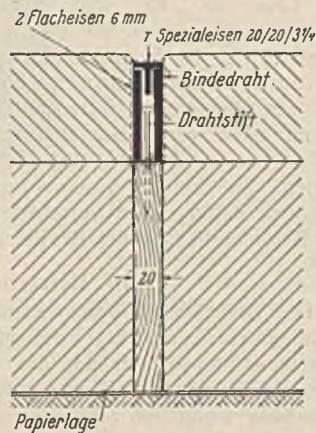


Abb. 13. Fugeneisen der Firma H. Butzer.

Bei einigermaßen sorgfältiger Ausführung gewährleisten diese Bauweisen durchweg einwandfreie Fugen.

Bisher haben sich drei Verfahren besonders bewährt: das Fugenherstellungsverfahren nach Wieland, das Verfahren der Firma H. Butzer sowie das Verfahren der Firma Moll.

Verfahren nach Wieland³⁾. Auf die untere Fugeneinlage wird ein hohles Fugeneisen, das vorher in Bitumen getaucht wurde, aufgesetzt (Abb. 10). Für die Herstellung der Querfugen werden 20 mm breite, für die Herstellung der Längsfugen 14 mm breite Hohlfugeneisen verwendet. Nach dem Verdichten der oberen Betonlage und Herstellung des Deckenschlusses wird die etwa 1 cm dicke Betonüberdeckung beseitigt, wobei gleichzeitig die Fugenränder abgerundet werden (Abb. 11). Nach zwei bis drei Tagen, je nach der Erhärtung des Betons, wird der beiderseitige Bitumenfilm dadurch erweicht, daß durch das Hohlfugeneisen etwa 1 min lang Dampf durchgeleitet wird (Abb. 12). Das Eisen kann dann mühelos gezogen werden.

Das Verfahren „Wieland“ wird bei der Herstellung der Raumfugen in den Betondecken der Reichsautobahnen in großem Umfange angewendet und hat sich gut bewährt. Dadurch machen sich auch die im allgemeinen etwas höheren Kosten für die „Wieland“-fuge bezahlt.

Das Verfahren „Wieland“ wird bei der Herstellung der Raumfugen in den Betondecken der Reichsautobahnen in großem Umfange angewendet und hat sich gut bewährt. Dadurch machen sich auch die im allgemeinen etwas höheren Kosten für die „Wieland“-fuge bezahlt.

³⁾ Vgl. die Zeitschrift Die Straße 1937, Heft 8; Georg Wieland, Die Herstellung von Fugen in Betonfahrbahndecken mit Hohlfugeneisen.

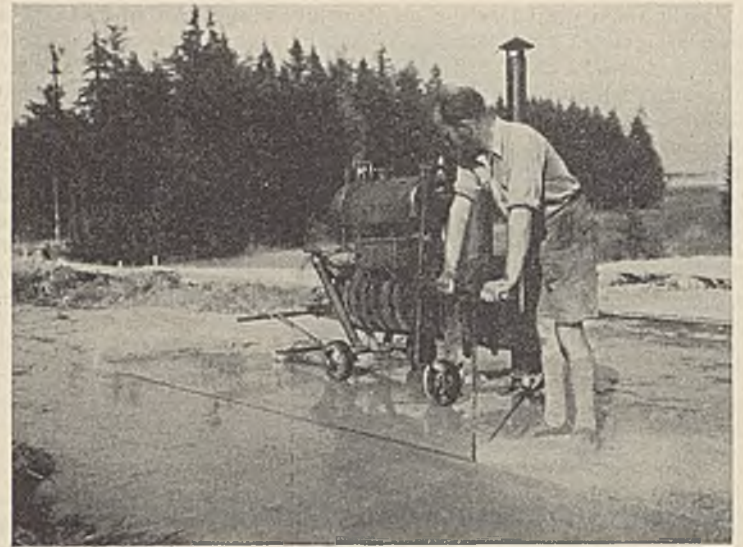


Abb. 12. Verfahren „Wieland“. Erwärmen der Hohlfugeneisen.

Als Nachteil des Verfahrens „Wieland“ ist anzuführen, daß die offenen, an den Wänden mit Bitumen versehenen Fugen sehr leicht verschmutzen. Eine Reinigung ist sehr schwierig, weil die Schmutzteilchen an dem weichen Bitumen festhaften. Dieser Nachteil läßt sich vermeiden, wenn die Fugen sofort nach dem Ziehen der Hohlisen mit Vergußmasse verfüllt werden. Dies bedingt allerdings wieder eine Verteuerung der Fugenfüllung, da entsprechend dem Fortschritt der Deckenherstellung jeweils nur eine verhältnismäßig geringe Anzahl von Fugen vergossen werden kann und die Vergußkolonne immer nur kurze Zeit eingesetzt ist.

Ein weiterer Nachteil ist darin zu erblicken, daß der Bitumenfilm, der gleichzeitig den Voranstrich ersetzen soll, manchmal nicht fest genug an den Fugenwänden haftet und beim Ziehen des Eisens stellenweise mit herausgerissen wird. Diese Stellen müssen nachträglich noch einen Anstrich mit einer Bitumenlösung erhalten, um eine gute Haftung der Vergußmasse am Beton zu gewährleisten. Um diesen Nachteil zu vermeiden, wurde versucht, die Hohlfugeneisen mit Bitumenemulsionen zu streichen. Neuerdings bringt die Colas G. m. b. H. eine kalt zu verarbeitende WF-Spezialemlusion in den Handel, die sich für die Vorbehandlung der Hohlfugeneisen besonders gut eignet.

Fugenherstellungsverfahren der Firma H. Butzer. Bei diesem Verfahren werden in das als untere Fugeneinlage verwendete Holzbrett etwa alle 50 cm Nägel eingeschlagen, daraufhin zwei Flacheisen von 6 mm Dicke aufgestellt und darüber ein T-förmiges Spezialeisen gelegt (Abb. 13 u. 14). Das Ganze wird mit Draht zusammengehalten, der an einem Nagel an der unteren Fugeneinlage befestigt ist. Die Flach- und T-Eisen werden vor dem Einbau eingeölt. Die Herstellung der Fuge geschieht in gleicher Weise wie bei dem Verfahren „Wieland“ durch Entfernen der Betonüberdeckung und Abrunden der Fugenkanten.

Nach zwei bis drei Tagen, wenn der Beton genügend erhärtet ist, wird der Bindedraht oben aufgeschnitten, und die einzelnen Teile werden vorsichtig aus der Fuge herausgezogen (Abb. 15). Mit genügend geschultem Personal können mit diesem Verfahren einwandfreie Fugen hergestellt werden. — Fugenherstellungsverfahren der Firma L. Moll. Hierbei verwendet man zur Herstellung der Fugen ein Reltterisen, das aus zwei kräftigen seitlichen Blechen besteht, die durch starke Abstandbolzen gehalten werden (Abb. 16). Das Reltterisen wird wie das Wielandeseisen so auf das untere Fugenbrett aufgesetzt, daß eine etwa 1 cm dicke Betonüberdeckung vorhanden ist.

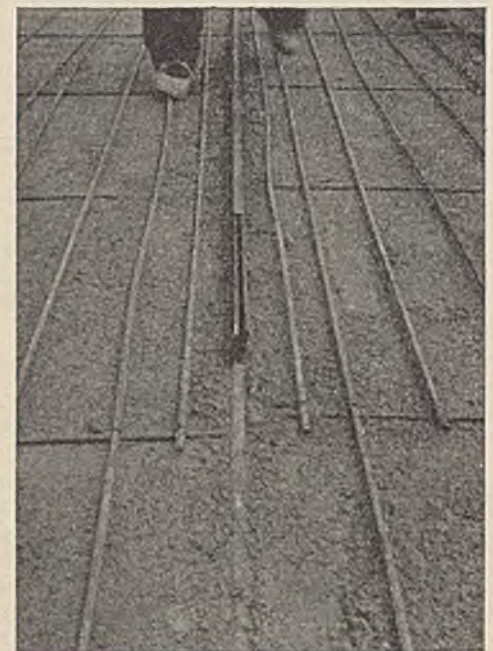


Abb. 14. Verfahren „Butzer“. Aufstellen der Fugeneinlagen.



Abb. 11. Verfahren „Wieland“. Bearbeiten der Fugenränder.

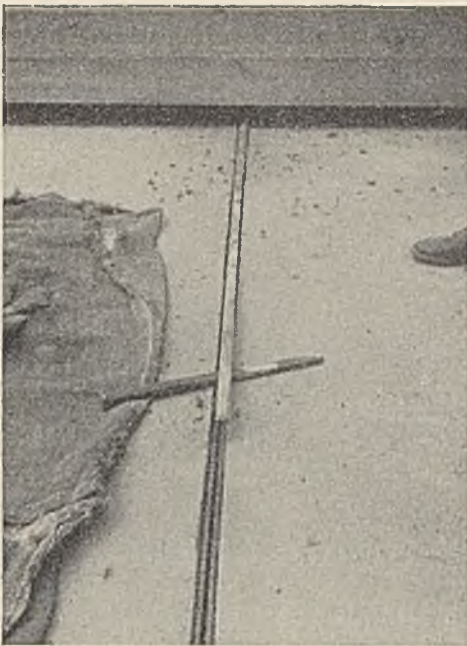


Abb. 15.

Entfernen der Fugenisen nach Butzer.

das Reiterisen im Frischbeton um 2 bis 3 cm angehoben. Das Eisen sitzt jedoch noch auf dem Fugenbrett, so daß eine Betonbrückenbildung im Fugenraum unmöglich ist. Daraufhin wird der Beton zu beiden Seiten des Eisens mit Handstampfer nochmals kräftig nachverdichtet, die Fugenränder werden mit Kantenhobeln sorgfältig beigearbeitet, wobei das Eisen als Führung dient.

Nach zwei bis drei Tagen wird das Eisen während der kühlen Morgenstunden, wenn es nur unter geringer Pressung liegt, aus dem erhärteten Beton gezogen. Die damit erzielte Fuge ist einwandfrei. Das Verfahren hat den Nachteil, daß das Ziehen der Eisen während der kühleren Jahreszeit mit großer Vorsicht geschehen muß, sollen Kantenbeschädigungen an den Fugen vermieden werden. Der Grund liegt darin,



Abb. 16.

Fugenisen nach Moll.

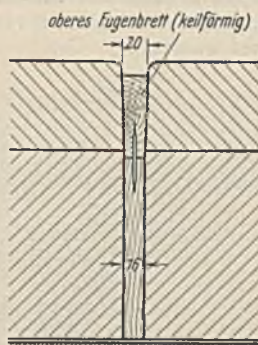


Abb. 17.

Fugenherstellung mit zweiteiligem Holzbrett.

weil es damit schwierig ist, einen einwandfrei geradlinigen Verlauf der Längsfuge zu erzielen.

Vielfach ist es üblich, zwecks leichteren Entfernens des 4 cm hohen oberen Teiles das Brett dreiteilig auszubilden. Dies ist jedoch nicht zweckmäßig, weil das dreiteilige Holzbrett zu wenig stabil ist und bei der Verdichtung des Betons zu leicht umgedrückt wird.

Zum Schluß bleibt noch das Einschneiden von Fugen in den erhärteten Beton zu erwähnen. Da jedoch dieses Verfahren zur Herstellung von Raumfugen aus wirtschaftlichen Gründen vorerst nicht in Betracht kommt, soll es nachstehend bei der Herstellung von Scheinfugen näher beschrieben werden.

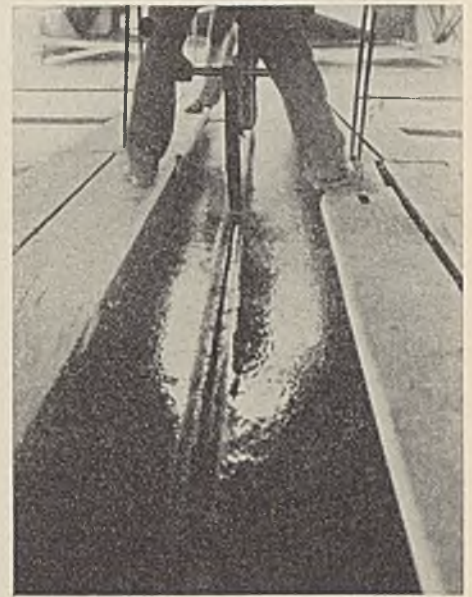


Abb. 18.

Einschlagen der Scheinfuge (Längsfuge).

b) Scheinfugen.

Zur Herstellung von Scheinfugen wurden bisher drei Verfahren angewendet, und zwar das Einschneiden in den Frischbeton mit rotierendem Fugenschneider, das Einschlagen in den Frischbeton und das Einschneiden in den erhärteten Beton.

Über die erstgenannte Bauweise ist alles Nähere bereits bei der Herstellung der Raumfugen mit dem Fugenschneider „Müller“ erwähnt. Der Unterschied besteht lediglich darin, daß der Fugenschneider in diesem Falle nur einen 5 bis 6 cm tiefen und 8 bis 10 mm breiten Fugenspalt in dem oberen Teil der frischen Betondecke herstellt.

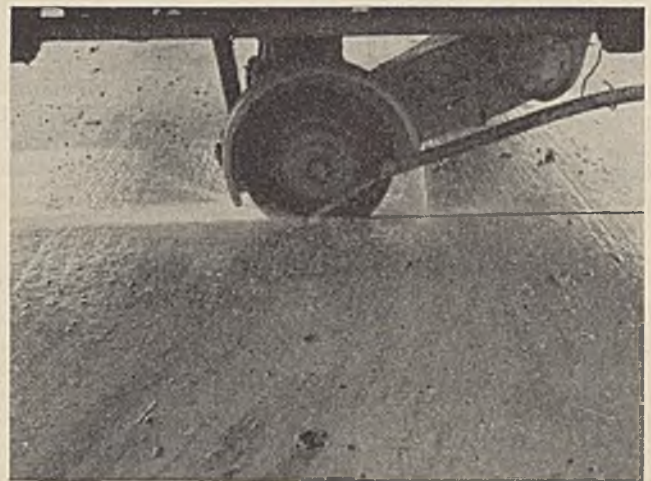


Abb. 19. Fugenschneider der Firma Streicher.

Beim Einschlagen der Scheinfugen wird ein keilförmiges (7:10 mm), etwa 10 cm hohes Eisen in den frischen Beton eingedrückt (Abb. 18). Die Fugenränder werden nachträglich mit Kantenhobeln beigearbeitet. Bei welchem Beton ist es meist erforderlich, in den frisch eingeschlagenen Fugenspalt eine Holzleiste einzulegen, um das Zusammenfließen des Betons zu verhindern. Wenn der Beton leicht „angezogen“ hat, wird das Brett vorsichtig wieder entfernt.

Zum Einschneiden der Scheinfugen in den erhärteten Beton wird die Fugenschneidmaschine der Firma Streicher, Stuttgart-Cannstatt, verwendet. Der Fugenspalt wird durch eine rotierende, mit Karborund besetzte Schneidscheibe eingeschnitten (Abb. 19). Der Verschleiß an Schneidscheiben ist, besonders bei der Herstellung von Scheinlängsfugen, in starken Krümmungen verhältnismäßig groß. Die mit dieser Maschine hergestellte Fuge ist einwandfrei. Die etwas hohen Anschaffungskosten der Maschine machen sich bei längerem Gebrauch bezahlt.

c) Preßfugen.

Preßfugen (Längsfugen) werden sehr selten und dann nur bei der halbseitigen Herstellung der Betondecke im Handbetrieb ausgeführt. In diesem Falle wird an der Schalung längs der späteren Mittelfuge eine Aussparungsleiste angebracht, die beim Betonieren einen oberen Fugenspalt von 5 cm Tiefe und 8 mm Breite freiläßt.

daß der Temperaturunterschied zwischen Einbau und Ziehen des Eisens bei der kühlen Witterung im Frühjahr und Herbst so gering ist, daß das Eisen beim Ziehen noch unter großer Pressung liegt.

Fugenherstellung mit zweiteiligem Holzbrett. — Bei diesem Verfahren wird auf das untere Fugenbrett nach der Verdichtung der unteren Betonlage eine zweite Holzleiste von der Höhe der oberen Betonlage aufgenagelt (Abb. 17). Nach der Verdichtung der oberen Betonlage und Herstellung des Deckenschlusses wird die etwa 1 cm hohe Betonüberdeckung unter gleichzeitigem Bearbeiten der Fugenränder beseitigt. Unmittelbar vor dem Fugenfüllen wird das obere Brett auf 4 cm Tiefe sorgfältig herausgearbeitet. Es empfiehlt sich, das obere Fugenbrett leicht keilförmig auszubilden und die Seitenflächen mit einem geeigneten Mittel (Seife, Öl, Fett, Bitumen) vorzustreichen, um das Entfernen des Brettes aus dem erhärteten Beton zu erleichtern.

Dieses Verfahren hat den Vorteil, daß die Fuge bis zur endgültigen Verfüllung vollkommen geschlossen bleibt und daher eine Verschmutzung und Beschädigung während des Baubetriebes vermieden wird. Ferner ist dieses Verfahren bei jeder beliebigen Höhe der Einbaulagen des Betons anwendbar, selbst bei Einbau in einer Lage.

Wegen der geringen Steifigkeit des Brettes ist allerdings dieses Verfahren zur Herstellung der schmalen Längsfugen weniger geeignet,



Abb. 20. Reinigen der Fugen mit Preßluft.

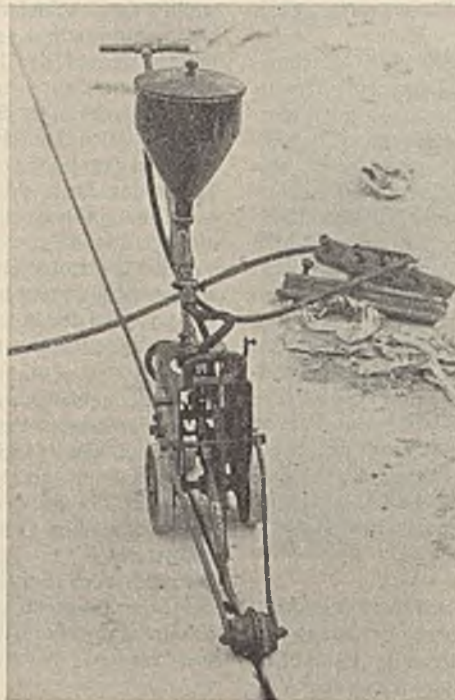


Abb. 22. Spritzgerät zum Aufbringen des Voranstrichs.



Abb. 23. Fugenverguß von Hand.

Bei allen vorstehend beschriebenen Fugenherstellungsverfahren, mit Ausnahme des Einschneidens der Fugen im erhärteten Beton, ist darauf zu achten, daß die Nacharbeiten an den Fugenrändern noch vor Abblindebeginn des Betons beendet sind. Andernfalls sind später Beschädigungen und Abplatzungen an den Fugenkanten durch den Verkehr unvermeidlich.

Die offenen Fugen sind bis zu ihrer endgültigen Verfüllung mit Vergußmasse stets mit Papier, Stricken und dergleichen zu verschließen, damit sich keine Fremdkörper (Steine, Eisenteile) zwischenklemmen können, die bei Dehnung der Betonplatten infolge von Temperaturerhöhung Kantenabsprengungen hervorrufen würden.

IV. Fugenfüllung.

Die sachgemäße und sorgfältige Verfüllung ist für den Bestand der Fugen und damit der Betondecke von besonderer Bedeutung. Leider wird diesem Umstande viel zu wenig Beachtung geschenkt. Die beste Vergußmasse muß versagen, wenn die Fuge vor der Verfüllung nicht sachgemäß vorbehandelt wird.



Abb. 21. Aufbringen des Fugenoranstrichs von Hand.

Als untere Fugeneinlage werden heute, soweit dies nach dem Fugenherstellungsverfahren überhaupt erforderlich ist, allgemein möglichst astfreie Weichholzbretter verwendet. Die Bretter werden vor dem Einbau kräftig im Wasser gequollen, einerseits, um einen Wasserentzug aus dem Frischbeton durch die Bretter zu verhindern, und andererseits, um nach Rückgang der Quellung für die Dehnung der Betonplatten einen freien Fugenraum zur Verfügung zu haben.

Früher wurden vielfach an Stelle der Holzbretter Preßfaserplatten verwendet. Doch eignen sich diese als Fugeneinlagen, die bereits bei der Deckenherstellung eingebaut werden, weniger, weil sie infolge ihrer geringeren Widerstandsfähigkeit, insbesondere im durchfeuchteten Zustande, durch die Verdichtungsmaschinen leicht zerschlagen werden.

Gegen die Verwendung von Holzbrettern wird häufig geltend gemacht, daß der Widerstand der Bretter gegen Zusammendrücken bei der Dehnung

der Platten zu Schäden an den Deckenrändern führen könnte. Diese Ansicht wird durch Versuche von Prof. Graf⁴⁾ widerlegt, durch die nachgewiesen wird, daß zur Erzielung der erforderlichen Zusammendrückungen höchstens Pressungen bis zu 80 kg/cm² notwendig sind. Derartige Pressungen kann jedoch guter Straßenbeton schon nach wenigen Tagen aufnehmen.

Auf Grund von neuen Beobachtungen scheint jedoch die Annahme berechtigt, daß die Fugenbretter schon nach wenigen Jahren durch den Zement zerstört werden. Die Folge davon ist ein allmähliches Absacken der darüberliegenden Vergußmasse, so daß Nachfüllungen erforderlich werden. Es wäre zu prüfen, ob durch entsprechende Vorbehandlung die Zerstörung der Bretter vermieden werden kann. Dem Absacken der Vergußmasse kann erforderlichenfalls auch durch eine entsprechend geformte, beiderseits im Beton verankerte Blecheinlage über dem Fugenbrett begegnet werden.

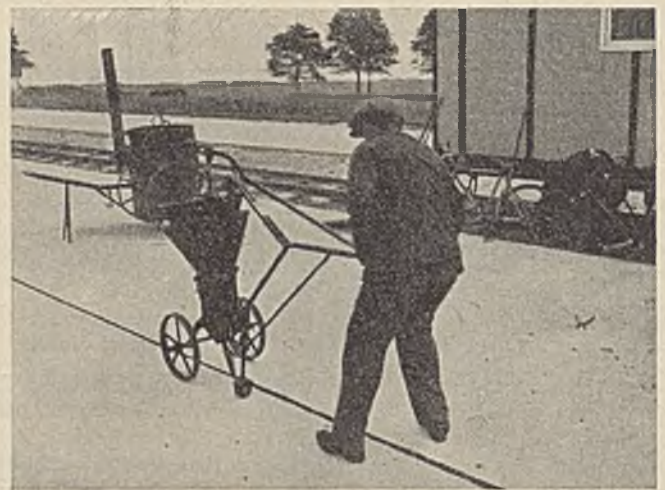


Abb. 24. Fugenvergußgerät.

Sowohl nach den angewendeten Fugenherstellungsverfahren ein freier Fugenraum von mehr als 4 cm unter Deckenoberfläche entsteht, wird dessen unterer Teil zur Ersparnis an teurer Fugenvergußmasse am zweckmäßigsten mit bituminiertem Gruben- oder Brechsand der Körnung 0 bis 3 mm ausgefüllt.

Vor dem Einbringen der eigentlichen Vergußmasse in die oberen 4 cm der Fuge muß diese sorgfältig gereinigt werden. Die Fugenwände müssen trocken und staubfrei sein. Unter Umständen ist es erforderlich, die Fugen mit Heißluft zu trocknen. Alle Betonreste im Fugenraum müssen sorgfältig herausgestemmt werden, sollen bei den Bewegungen der Platten Beschädigungen der Fugenkanten vermieden werden. Die Fugen-

⁴⁾ Vgl. Schriftenreihe der Forschungsgesellschaft für das Straßenwesen E. V., Arbeitsgruppe Betonstraßen, Heft 5, September 1936.

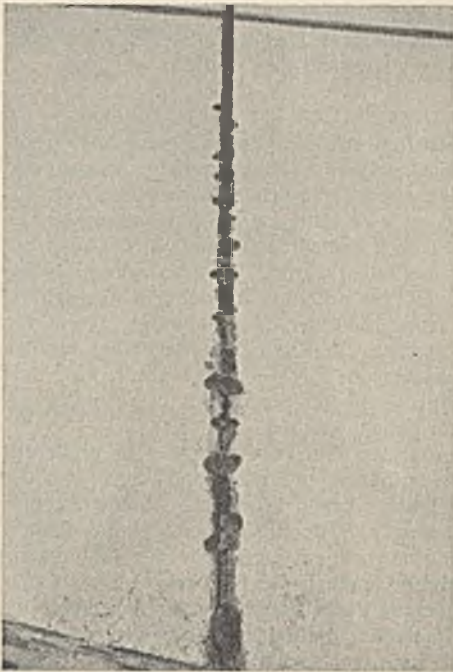


Abb. 25. Mangelhaft vergossene Fuge.

wände müssen abgebürstet und die kleineren, staubförmigen Verunreinigungen durch Ausblasen mit Preßluft aus dem Fugenraum entfernt werden (Abb. 20).

Von besonderer Bedeutung für die Haftung der bituminösen Vergußmasse am Beton ist der Voranstrich. Im allgemeinen werden hierzu Bitumenlösungen verwendet. Der Voranstrich kann entfallen, wenn bei den nach dem Verfahren „Wieland“ hergestellten Fugen die Wandungen mit einer gut haftenden Bitumenschicht bedeckt sind.

Der Voranstrich wird entweder von Hand aufgepinselt (Abb. 21) oder mit besonderen Apparaten unter Druck aufgespritzt (Abb. 22). Dem letztgenannten Verfahren ist sowohl aus wirtschaftlichen wie auch aus

technischen Gründen der Vorzug zu geben. Die Vergußmasse darf erst eingebracht werden, wenn der Voranstrich völlig trocken ist, d. h. nach dem Verdunsten des Lösungsmittels.

Die Fugenvergußmassen für die Betonfahrbahndecken auf den Reichsautobahnen erfordern ganz besondere Eigenschaften. Es werden daher nur solche Massen zugelassen, die den „Vorläufigen Lieferbedingungen für bituminöse Fugenvergußmassen“⁵⁾ genügen.

Die fertig angelieferte Vergußmasse wird in einem fahrbaren Kessel unter ständigem Umrühren aufgeschmolzen. Ihr Einbringen in den Fugenraum geschieht entweder von Hand mittels ungelöteter Ausgußgefäße (Abb. 23) oder unter Druck mit besonderen Fugenvergußgeräten (Abb. 24). Es steht außer Zweifel, daß der sorgfältig von Hand in zwei Lagen eingebrachte Verguß den Vorzug verdient, und zwar deshalb, weil immer nur eine verhältnismäßig kleine, auf gleich hoher Temperatur gehaltene Menge an Vergußmasse eingebracht wird. Bei den Vergußgeräten

⁵⁾ Bitumen 1936, Heft 5, S. 116.

besteht leicht die Gefahr, daß die Masse abkühlt und verdickt, so daß eine unregelmäßige Verfüllung entsteht (Abb. 25). Aus diesem Grunde werden auch heizbare Vergußgeräte verwendet, die diesen Mangel nicht aufweisen.

Die nach der Verfüllung überstehende Masse wird mit einem beheizten Glätteisen entfernt. Vielfach war es üblich, zum leichteren Entfernen der übergeflossenen Vergußmasse die Plattenränder beiderseits der Fuge mit einem Lehm-anstrich zu versehen (Abbild. 26). Dadurch wurde die Haftung der Vergußmasse am Beton unterbunden. Bei diesem Verfahren besteht jedoch die Gefahr, daß auch die senkrechten Fugenwandungen mit Lehm bestrichen werden, wodurch dann die Haftung der Vergußmasse in der Fuge selbst beeinträchtigt wird. Es ist deshalb schon besser, das kleinere Übel einer geringen Verschmutzung der Deckenoberfläche in der Nähe der Fugen in Kauf zu nehmen.

Um die während der wärmeren Jahreszeit auftretende Wulstbildung durch herausgequollene Vergußmasse auf ein Mindestmaß zu beschränken, empfiehlt es sich, während der kühleren Jahreszeit die Fugen nur bis etwa 1 bis 1,5 cm unter Deckenoberfläche zu verfüllen.

Besondere Aufmerksamkeit ist der Unterhaltung der Fugen auf den unter Betrieb liegenden Fahrbahndecken zu widmen. Da während der warmen Jahreszeit die Vergußmasse teilweise aus den Fugen herausgedrückt und breitgeföhrt wird, sind, soweit erforderlich, die Fugen im Herbst nachzufüllen. Nur dadurch ist es möglich, das Eindringen von Schmelzwasser in die undicht gewordene Fuge und damit umfangreiche Deckenschäden zu verhindern.



Abb. 26. Entfernen der überstehenden Vergußmasse (Lehmanstrich).

Alle Rechte vorbehalten.

Radwegbau.

Von Landesbaurat Großjohann, Düsseldorf.

I. Notwendigkeit der Schaffung von Radwegen.

Das in der Ausführung begriffene Straßenbauprogramm der nationalsozialistischen Staatsführung ist im großen Blickfelde gesehen ein wesentlicher Teil der Maßnahmen, die der nachhaltigen Erhöhung der Leistungsfähigkeit des deutschen Volkes dienen. Nur auf einem leistungsfähigen, den Erfordernissen des Kraftverkehrs vollkommen angepaßten Straßennetz, das mit den Reichsautobahnen auch die übrigen Durchgangsstraßen umfaßt, läßt sich die als notwendig erkannte Entwicklung des Kraftwagenverkehrs in Deutschland auf die Dauer aufbauen. Die bereits eingetretene starke Zunahme des Kraftfahrzeugbestandes und des Straßenverkehrs, die erst den Anfang der zu erwartenden Verkehrssteigerung bildet, hat einerseits die möglichste Entlastung der Straßen des allgemeinen Verkehrs vom Nichtkraftverkehr, andererseits die Schaffung von besonderen Verkehrsstreifen für diesen Verkehr auf den Straßen selbst oder abseits von ihnen zu einer dringenden Notwendigkeit gemacht. In den Städten wie auf den Landstraßen handelt es sich dabei in erster Linie um den Verkehr der Radfahrer, da für die Fußgänger in den Städten im allgemeinen seit alters her gesorgt ist und nur auf wenigen Landstraßenstrecken ein nennenswerter Fußgängerverkehr vorhanden ist.

Vor diesen mehr technischen Gesichtspunkt der Entlastung ist aber noch die große Verminderung der gegenseitigen Gefährdungsmöglichkeiten des Rad- und Kraftwagenverkehrs zu stellen, die durch Anlage besonderer Verkehrsstreifen für Radfahrer erreicht wird. Diese Gefährdung und entsprechend die Verminderung der Unfallziffern durch Anlegung von Radwegen ist in den Städten besonders groß. Nach Prof. Wolff entfielen im Berliner Straßenverkehr 1934 auf 1 km Straßenlänge durchschnittlich 25, auf 1 km Radweg dagegen nur 3 Radfahrerunfälle. Die sich allmählich herausbildende bessere Disziplin im Straßenverkehr und die scharfen polizeilichen Maßnahmen gegen leichtsinniges Verhalten haben wohl den Erfolg gehabt, daß in der allerletzten Zeit die Zahl der Verkehrsunfälle

trotz der Verkehrsvermehrung nicht erheblich gestiegen ist. Jedoch ist es immer nur ein Teil der Unfallursachen, der allmählich durch polizeiliches Eingreifen und durch Verkehrserziehung eingeschränkt werden kann; die durch unglückliche Zufälle und als Folge der durch Ermüdung herabgesetzten Aufmerksamkeit entstehenden Gefahrenmöglichkeiten kann man auf diesem Wege nicht beseitigen. Nichts läßt die Notwendigkeit, für den Radfahrerverkehr einen eigenen Verkehrsraum auf den Straßen bereitzustellen, besser erkennen als diese Tatsache und das oben angegebene Zahlenverhältnis der Unfallhäufigkeit auf Straßen ohne und mit Radwegen.

Für eine sozialistische Volksgemeinschaft und ein gleich gerichtetes Staatswesen sind ferner die sozialpolitischen Auswirkungen der Schaffung eines Radwegenetzes von ausschlaggebender Bedeutung. Das Fahrrad ist das billigste Beförderungsmittel. Prof. Wolff gibt die Beförderungskosten für die Verkehrsverhältnisse in Mitteldeutschland auf 0,53 bis 0,75 Pf. je Fahrrad/km an. In diesen Sätzen sind sämtliche Kosten für Beschaffung, Unterhaltung und Ersatz enthalten. Nicht zu unterschätzen ist auch der Vorteil der Benutzungsmöglichkeit von Haus zu Haus im Gegensatz zu den öffentlichen Beförderungsmitteln, die häufig längere Anmarschwege erfordern, und die Unabhängigkeit von einem starren Fahrplan. Daraus ergibt sich, daß das Fahrrad das Verkehrsmittel des minderbemittelten Teils des Volkes ist, also des weitaus größten Teils der schaffenden Menschen. Es dient aber nicht nur zur Beförderung zwischen Wohn- und Arbeitsstätte, sondern auch für Fahrten zu den Erholungs- und Ausflugsorten in näherer Entfernung. Dazu kommt die Benutzung durch die Jugend für den Weg zur Schule und schließlich der Wanderverkehr in weiter entfernte Gegenden.

Der Berufsradverkehr, zu dem auch der Schulverkehr zu rechnen ist, verdient nach seinem Umfange und nach dem Maß der Gefährdung, die hier meist besonders groß ist, eine bevorzugte Berücksichtigung. Die Zahl der Berufstätigen, die in der Regel das Fahrrad benutzen, wird

auf 10 Millionen geschätzt. Infolge des ziemlich gleichmäßigen Anfanges und Endes der Arbeits- und Schulzeit drängt sich dieser Teil des Radverkehrs auf kurze Zeiträume im Ausmaß von häufig nicht mehr als einer halben Stunde zusammen. Dadurch entstehen natürlich verstärkte Unfallgefahren. Die Folge ist, daß nach Feststellung des Verbandes der Berufsgenossenschaften 8,5% aller entschädigten gewerblichen Unfälle mit tödlichem Ausgang auf Radfahrer entfallen, die auf dem Wege von und zur Arbeit verunglücken. Von 100 Verkehrsunfällen auf dem Wege zwischen Wohn- und Arbeitsstätte entfallen nicht weniger als 53 auf Radfahrer. Für den Ausbau von Radwegen bedeutet diese Tatsache, daß in der Zeitfolge zunächst für den Berufsradverkehr zu sorgen ist.

Für die nähere Zukunft wird die Durchführung des Wohnungsbaues für die Arbeiter, der dem Besitzlosen ein eigenes Heim geben und ihn zum seßhaften, bodenverbundenen Stamarbeiter machen soll, die Bedeutung von Radwegen für den Berufsverkehr noch gewaltig heben. Denn da man gezwungen ist, aus den Städten aufs Land zu gehen, wird für die in den neuen Siedlungen ansässigen Menschen der Aufwand an Weg und Zeit erheblich größer als bisher. Das Fahrrad ist noch auf Entfernungen bis 10 km ein Verkehrsmittel, das die Freizeit nicht übermäßig verringert, sofern nur geeignete und gefahrlose Wege zur Verfügung stehen. Mit Einführung des motorisierten Fahrrades vergrößert sich diese Entfernung auf das Doppelte und gestattet die weiträumige Siedlung, die das ideale Ziel dieses wichtigen Teiles der Sozialpolitik ist.

Wie die Radwege für den Berufs- und Schulverkehr liegen auch die Verbindungen der Wohngebiete mit den Parks, Sportplätzen, Freibädern und Ausflugspunkten im allgemeinen im Bereich der großen Städte oder dicht besiedelter Industriegebiete. Wenn es gelingt, diese Wege durch Grünstreifen oder über weiträumige Ausfallstraßen oder Ringstraßenzüge zu führen, so dient schon die An- und Abfahrt der körperlichen und seelischen Entspannung der Menschen, weil dann die Staub- und Lärm-belästigung und die Unfallgefahr weitgehend ausgeschaltet sind. Radwege in größeren Waldgebieten in der Nähe der Großstädte — es sei hier auf die Eilenriede bei Hannover und den Stadtwald bei Frankfurt a. M. hingewiesen — ermöglichen den Bewohnern des Stadttinneren den Genuß der gesundheitsfördernden Wirkungen des Radfahrens an sich auf bequemste Weise.

Diese gesundheitlich günstige Wirkung durch vernunftgemäße Benutzung des Fahrrades, das als einziges Verkehrsmittel, wenn man von Wasserfahrzeugen absteht, eigene körperliche Betätigung des Benutzers verlangt, tritt in erhöhtem Maße ein bei den für die Erholung und körperliche Eräftigung so wertvollen Wanderfahrten mit dem Fahrrad in weiter entfernte, bisher dem Verkehr häufig kaum erschlossene Gegenden, deren Naturschönheiten auf diese Weise mit dem geringsten Aufwand an Geldmitteln für die Beförderung zugänglich gemacht werden können. Voraussetzung ist das Vorhandensein eines zusammenhängenden Netzes von Radwegen, das einmal diese Gegenden mit den großen Siedlungen verbindet, zum anderen sie durch Wege in einfachster Ausführung anschließt. Gerade abseits der großen Verkehrslinien liegende Naturschönheiten können auf diese Weise dem Radfahrer erschlossen und ihm Eindrücke vermittelt werden, die häufig dem Kraftwagenbenutzer versagt bleiben müssen.

Ein Vergleich des werdenden Reichsautobahnnetzes und des Ausbaues der Durchgangsstraßen für den Kraftverkehr mit der Anlegung von Radwegen erscheint abwegig. Der Ausbau und Neubau von Straßen für Kraftwagen hat eine so weitgehende, allgemeine volkswirtschaftliche Bedeutung, daß sie mit der Auswirkung des Radwegebaues gar nicht in Vergleich gestellt werden kann. Dabei soll nicht bestritten werden, daß zum Zwecke der Werbung für den Bau von Radwegen diese Gegenüberstellung von großer Wirkung ist. Trotzdem ist aber die Notwendigkeit, Radwege mit derselben Beschleunigung zu bauen wie das große Straßennetz, anzuerkennen.

Häufig wird die Meinung vertreten, durch den schnellen Fortschritt der Motorisierung werde die Benutzung des Fahrrades als Verkehrsmittel zurückgehen. Diese Ansicht ist irrig. In Deutschland ist der Bestand an Fahrrädern von 8 Millionen im Jahre 1924 auf 17 Millionen im Jahre 1936 gestiegen. Ein Vergleich des Ergebnisses von Verkehrszählungen in England in den Jahren 1931 und 1935 ergibt, daß in diesem Lande, in dem der Kraftverkehr sich schon erheblich früher als in Deutschland entwickelt hat, die Zahl der Fahrräder im Verkehr um 95%, also auf das Doppelte zugenommen hat, während die Zahl der Personenkraftwagen in diesem Zeitraume sich nur um ein Drittel vergrößert hat.

Es kommt hinzu, daß das mit einem leichten Motor versehene Fahrrad, das schon vor 25 Jahren in allerdings unzulänglicher Ausführung entstanden ist, neuerdings infolge des Fortschritts in der Herstellung leichter, aber leistungsfähiger und zuverlässiger Motoren eine vielversprechende Entwicklung erfahren hat. Derartige Fahrzeuge werden infolge niedriger Beschaffungs- und Betriebskosten wahrscheinlich schon bald in großer Zahl auf den deutschen Straßen erscheinen. Denn ein billiges Verkehrsmittel, das eine Geschwindigkeit von 30 km/h mit einem Betriebsstoffaufwand von 1,5 l für 100 km zuläßt, ist bei günstiger

Wirtschaftsentwicklung der weitesten Verbreitung sicher. Für das geringe Gewicht und die mäßige Geschwindigkeit des motorisierten Fahrrades sind Radwege, wie sie jetzt gebaut werden, ohne weiteres geeignet.

II. Frühere und jetzige Organisation des Radwegebaues.

Der Wunsch, für Erholungsfahrten mit dem Fahrrad geeignete eigene Wege zu besitzen, machte sich geltend, sobald größere Kreise der Bevölkerung nach Ersetzung des alten gefährlichen Hochrades durch die jetzige Form des Fahrrades und nach Verbilligung der Anschaffungskosten infolge der Massenherstellung sich dem Radfahren zuwandten, das zunächst nur als Sport und zur Erholung betrieben wurde. Die älteste Vereinigung zur Herstellung von Radwegen ist aus privatem Antriebe in Magdeburg entstanden. Dort wurde im Jahre 1899 der „Magdeburger Verein für Radfahrwege e. V.“ ins Leben gerufen. In enger Zusammenarbeit mit der Stadtverwaltung sind seit Bestehen des Vereins 2,15 Mill. RM aufgewandt und dafür 400 km Radwege in der Stadt und ihrer Umgebung bis auf Entfernungen von 25 km gebaut worden.

Für den Berufsverkehr wurde das Fahrrad erst später in größerem Umfange nutzbar gemacht. Die vorhandenen Straßen und Wege genügten diesem Verkehr zunächst. Lediglich wurden in manchen Städten ebene Fahrfächen an den Fahrbahnändern, z. B. durch Verlegung einiger Reihen Mansfelder Kupferschlackensteine mit engen Fugen, für den Radverkehr angeordnet. Erst mit der stärkeren Zunahme der Kraftwagen machte sich das Bedürfnis nach Abtrennung eines Verkehrsstreifens für Fahrräder von der Fahrbahn und damit zur Herstellung besonderer Radwege, zuerst auf städtischen Straßen, bald aber auch auf Landstraßen geltend. Dieses Bedürfnis ist örtlich ganz verschieden. Es entsteht in erster Linie dort, wo neben starker Entwicklung des Kraftverkehrs infolge günstiger Gelände-verhältnisse das Radfahren bequem ist und daher bei dichter Besiedlung ein lebhafter Radverkehr vorhanden ist. Solche Verhältnisse liegen vielfach in ausgesprochenen Industriegebieten vor. Die rheinische Provinzialverwaltung beschloß schon 1927 die Herstellung von Radwegen in Form eines, wenn auch nicht vollkommen zusammenhängenden Netzes an den verkehrsreichen Provinzialstraßen vor allem im nördlichen Teile der Provinz. Nach anfänglich guten Fortschritten mußte unter dem Druck der schwierigen Finanzlage der Bau von Radwegen, dessen Notwendigkeit jedoch stets anerkannt wurde, stark eingeschränkt werden. Die Provinz Westfalen förderte schon früh den Radwegebau durch Zuschüsse. Auch der Siedlungsverband Ruhrkohlenbezirk, in dessen Gebiet sich gleichfalls durch starkes Anwachsen des Kraftwagenverkehrs unhaltbare Zustände auf vielen Straßen herausbildeten, stellte ein Programm für die Herstellung von Radwegen auf und leistete finanzielle Beihilfen für die Verwirklichung. Für den Bereich des Regierungsbezirks Düsseldorf bildete sich 1929 unter Leitung des Regierungspräsidenten ein Ausschuß zur Herstellung von Radwegen, der besonders auf die zahlreichen Großstädte in diesem Bezirk stark fördernd für die Anlegung von Radwegen eingewirkt hat.

Alle diese Bemühungen haben aber nicht zu einer organischen Entwicklung des Radwegebaues geführt, wenn auch bis 1934 insgesamt gegen 4000 km Radwege, davon 3000 km für den Berufsverkehr, entstanden sind. Nicht zum wenigsten lag das an der Zersplitterung des Straßenwesens und der Straßenverwaltung, der 1933 durch Einsetzung des Generalinspektors für das deutsche Straßenwesen zur einheitlichen Führung des gesamten Straßenbaues ein Ende bereitet wurde. Dazu kam die für den Radwegebau nicht minder wichtige Bildung der Reichsgemeinschaft für den Radwegebau im Sommer 1934. Das überwiegende Interesse der berufstätigen Volksgenossen führte Anfang 1936 zur Übernahme der Reichsgemeinschaft auf die Deutsche Arbeitsfront, von der die Reichsbetriebsgemeinschaft „Steine und Erden“ mit der Leitung und der Durchführung der erforderlichen Maßnahmen betraut wurde. Durch diesen Zusammenschluß werden die Werbemöglichkeiten der Deutschen Arbeitsfront und ihre Unterstützung mit der technischen Sachkenntnis der bisherigen Reichsgemeinschaft gemeinsam für die Förderung des Radwegebaues eingesetzt. Die örtliche Arbeit wird von 16 Gaustellen der Reichsgemeinschaft für Radwegebau geleistet. Daß die NS.-Gemeinschaft „Kraft durch Freude“ innerhalb der Arbeitsfront besonderes Interesse am Erholungsverkehr auf dem Fahrrad und an dem Ausbau eines für diesen Verkehr zweckmäßigen Radwegennetzes hat, ist selbstverständlich.

Die Finanzierung und der Bau der Radwege an den Reichsstraßen geschieht durch das Reich, für die Wege an den übrigen Straßen durch die Länder, Gemeindeverbände und Gemeinden. Auch für Radwege abseits der Straßen, die geeignet sind, diese zu entlasten, werden vielfach von den Trägern der Straßenbaulast für die Durchgangsstraßen Zuschüsse gewährt. Schwieriger ist die Beschaffung der Geldmittel zum Bau von Radwegen für den Erholungsverkehr, soweit diese der Verbindung zu entlegeneren Gegenden und zur Anschließung dieser Gebiete selbst dienen. Hier werden Mittel der Reichsgemeinschaft eingesetzt werden müssen. Nicht gelöst ist bisher die Frage der Unterhaltung dieser Wege und der Wege abseits der Straßen, da sie von den ordentlichen Trägern der Straßenunterhaltung wegen der abseitigen Lage nicht übernommen werden kann. Soweit die Belegenheitsgemeinden auch bei Gewährung

von Zuschüssen finanziell oder, was häufig der Fall sein wird, technisch nicht in der Lage sind, die Unterhaltung der Radwege durchzuführen, wird die Aufstellung und der Einsatz fliegender Unterhaltungskolonnen, sei es durch die Reichsgemeinschaft, sei es, vielleicht zweckmäßiger, durch die Gebietsstraßenverwaltung, in Erwägung zu ziehen sein. Bei technisch richtiger Anlage der Radwege wird die Unterhaltung nur geringe geldliche Aufwendungen erfordern, dagegen eine gute Aufsicht und regelmäßige Besichtigung der auftretenden kleinen Schäden.

Für die Berücksichtigung der Radwege und ihre Einordnung in das gesamte Verkehrsnetz bei der Planung sorgen die Landesplanungsstellen der Reichsstelle für Raumordnung. Auf diese Weise ist die Vorbereitung eines vernünftigen und allen Erfordernissen genügenden Radwegenetzes auch planungstechnisch gesichert.

In der kurzen Zeit der Wirksamkeit der zentralen Organisation für den Radwegebau sind bereits etwa 3500 km Radwege für den Berufs- und für den Erholungsverkehr geschaffen. Insgesamt waren am 31. März 1936 vorhanden 5180 km Radwege und 2047 km Radfahrstreifen. So beachtenswert dieses Ergebnis erscheint, kann es doch nur als bescheidener Anfang angesehen werden; denn nach einer Rundfrage des Generalinspektors wird der vordringliche Bedarf an Radwegen in Deutschland auf 40 000 km bemessen.

III. Die allgemeine Planung der Radwege.

Eine wichtige Unterlage für die richtige Planung von Verkehrswegen ist die Ermittlung des vorhandenen und die Beurteilung des zu erwartenden Verkehrs. Besonders für den Berufsradverkehr muß die Reihenfolge des Ausbaues neben dem Grade der Gefährdung, der vom Umfange des Kraftverkehrs und vom Straßenzustande abhängt, in erster Linie nach der Zahl der Benutzer bestimmt werden, denen der in Aussicht genommene Radweg dienen wird. Für den Erholungsverkehr in der näheren Umgebung großer Städte kann die Zahl der vorhandenen Fahrräder als Anhalt zur Beurteilung der Notwendigkeit dienen.

Zählungen des Radverkehrs sind bisher nur in einzelnen großen Städten durchgeführt, ferner im Gebiete des Siedlungsverbandes „Ruhrkohlenbezirk“. Die Grundlagen waren aber nicht einheitlich, so daß nur eine unvollkommene Vergleichsmöglichkeit besteht. Um wenigstens für die Groß- und Mittelstädte und ihr Einflußgebiet einwandfreie Unterlagen zu erhalten, ist vom Generalinspektor unter Mitwirkung des Deutschen Gemeindetages eine Zählung des Radverkehrs in 180 Städten bis zu 30 000 Einwohnern herab angeordnet und zur Zeit in der Durchführung begriffen. Diese Zählung wird die Stärke des Radverkehrs für die einzelnen Stadtgebiete insgesamt wie für die einzelnen Straßenstrecken erfassen. Die früheren Einzelzählungen haben ergeben, daß auch der Radverkehr wie der übrige Verkehr im Bereich der Großstädte bei zeichnerischer Darstellung in Form von Verkehrsbändern eine Verkehrsspinne bildet, indem in der Nähe des Stadtkerns der Verkehr am dichtesten ist und in radialer Richtung mit der Entfernung vom Mittelpunkt abnimmt. Ein stärkerer Radverkehr in Richtung des Umfanges (Ringverkehr) bildet sich nur dort heraus, wo in den Außengebieten große Industriestandorte und größere Siedlungen einen solchen Verkehr erzeugen. Bei der Zählung werden die Verkehrsziffern stundenweise ermittelt, da neben dem Bedarf an Radwegen auch ihre Breite nicht nach dem Tagesdurchschnitt, sondern nach dem Stundenhöchstverkehr bestimmt werden muß.

Wie für die Städte wird auch in vielen Gebieten Deutschlands eine Zählung des Radverkehrs auf den Landstraßen sich als notwendig erweisen. Wohl werden jetzt schon von einzelnen Straßenbaudienststellen örtliche Zählungen veranstaltet, um die Notwendigkeit des Baues einzelner Radwege zu begründen. Diese vereinzelt und nicht nach einheitlichem Plane durchgeführten Zählungen reichen aber natürlich in keiner Weise aus, um die Planung des Radwegenetzes außerhalb der Städte auf eine sichere Grundlage zu stellen.

Die jährlichen Erzeugungsziffern der Fahrrad- und Fahrradreifenindustrie können nur einen allgemeinen Überblick geben. Sie zeigen wohl die Vermehrung des Bestandes an Fahrrädern, geben in der Zahl der erzeugten Bereifungen auch einen Anhalt über das Maß der Benutzung der vorhandenen Fahrräder, lassen aber nicht die Verteilung auf die einzelnen Verkehrsgebiete oder gar auf die Straßenstrecken erkennen. Eine Fahrradbestandsaufnahme, die bisher in Deutschland allgemein noch nicht durchgeführt wurde, gibt wohl ein Bild über die gebietsmäßige Verteilung, aber nicht über die Benutzung und die Belastung des Straßennetzes im einzelnen.

In vielen Fällen läßt sich in Großbetrieben feststellen, wie groß der Anteil der Radfahrer unter der Belegschaft ist und welche Strecken von ihnen benutzt werden. Durch Anwendung dieser Anteilsätze auf ganze Betriebsgruppen kann man einen gewissen Überblick über den Umfang und die Richtung des Berufsradverkehrs eines größeren Industrieviertels gewinnen. Ähnlich kann man bei größeren Schulen verfahren. Als Umgrenzung eines einheitlichen Planungsgebietes, etwa einer Großstadt für die Radwegeplanung für den Berufs- und Schulverkehr, kann man eine Linie annehmen, die von den Hauptstandorten der Industrie und von der

Grenze des Stadtkerns etwa 10 km entfernt ist, entsprechend einem Zeitaufwand von 40 bis 45 min für den Radfahrer.

In den „Technischen Richtlinien für den Radwegebau“ (Bearbeiter: Dr.-Ing. Schacht), die von der Reichsgemeinschaft für Radwegebau 1936 herausgegeben sind und deren vorläufige Anwendung vom Generalinspektor empfohlen ist, werden die nachstehend aufgeführten Unterlagen für die Planung von Radwegenetzen als zweckmäßig bezeichnet:

1. Darstellungen von Radverkehrszählungen, die einen Überblick über Zielpunkte und Umfang des augenblicklichen Radverkehrs und die Belastung durch die anderen Verkehrsarten der einzelnen Straßenzüge geben;

2. Darstellungen des Pendelberufsverkehrs zwischen Wohn- und Arbeitsstätten; diese Karten erfüllen behelfsweise den Zweck der Darstellung 1, wo die Radverkehrszählung fehlt;

3. Übersichtskarten, in denen Ausgangs- und Zielpunkte des Radverkehrs besonders herausgehoben sind, z. B. Industriestandorte, Wohngebiete mit Kennzeichnung der Wohndichte, Schulen, Großbehörden, Sportplätze, Ausflugspunkte und Ausflugsgebiete, Jugendherbergen;

4. Arbeitswegzonenpläne unter besonderer Berücksichtigung des Radverkehrs;

5. Übersichtskarten über die Möglichkeiten der Benutzung vorhandener Wege für den Radverkehr. Besonders kenntlich zu machen sind starke Steigungen und Verkehrsstraßen, deren starke Belastung oder Verkehrsart den Radverkehr fernzuhalten gebietet.

Diese Darstellungen geben einen Überblick über Ausgangs- und Zielpunkte und Stärke des Radverkehrs, über die erforderlichen Wegeabkürzungen, Wegeverlegungen, um Steigungen zu vermeiden, also über die zweckmäßige Linienführung der Radwege.

Die Notwendigkeit zur Anlage von Radwegen wird nach den „Richtlinien“ in folgenden Fällen als gegeben angesehen:

1. zwischen den hauptsächlichsten Wohn- und Industriestandorten eines Siedlungsgebietes, deren Entfernung die Benutzung eines Verkehrsmittels von der Leistungsfähigkeit des Fahrrades erforderlich macht, besonders im Berufsverkehr, andererseits aber die Grenze dieser Leistungsmöglichkeit nicht übersteigt;

2. nach allen größeren Erholungspunkten, z. B. Waldgebieten, Bädern, Sportplätzen, Kleingärten, Jugendherbergen, Parkanlagen, Seen und Flüssen, Ausflugsorten;

3. in Richtung der Reichsstraßen und Landstraßen I. Ordnung, die des Kraftverkehrs und der Verkehrssicherheit halber die Herausnahme des Radverkehrs fordern, auch wenn dieser zahlenmäßig noch nicht stark ist;

4. im Zuge der Verkehrsstraßen, die eine Spitzenbelastung von 100 Radfahrern in der Stunde und darüber haben;

5. im Zuge der Landstraßen mit einer täglichen Verkehrsbelastung von 800 t und darüber;

6. im Zuge der städtischen Hauptverkehrsstraßen, wenn genügend Platz für die Anlage von Radwegen zur Verfügung steht;

7. im Zuge aller neu anzulegenden Stadt- und Landstraßen, die dem Durchgangsverkehr dienen;

8. beim Umbau städtischer Straßen, besonders von Ausfall- und Ringstraßen.

Zu den Empfehlungen unter 4 und 5 ist zu sagen, daß Radwege an Verkehrsstraßen wohl erst dann als notwendig anzusehen sind, wenn ein stündlicher Radverkehr von 100 Personen mit einer Verkehrsbelastung von mindestens 800 t/Tag zusammentritt. Auch die Forderung unter 8 ist nur unter der Voraussetzung berechtigt, daß ein lebhafter Radverkehr zu erwarten ist. Vielfach wird es genügen, den Platz für Radwege zu sichern, mit dem Ausbau aber zu warten, bis sich das Bedürfnis zeigt.

In dem Entwurf für „Vorläufige Richtlinien für die Anlage von Radwegen“ vom 9. Juli 1936, der von der Arbeitsgruppe „Planung, Straßengestaltung und Verkehr“ der Forschungsgesellschaft für das Straßenwesen bearbeitet ist, werden Begriffsbestimmungen für Radwege und Radfahrstreifen, die kürzer als Radstreifen bezeichnet werden, gegeben. Radwege sind nur für Radfahrer bestimmt, für jeden anderen Verkehr dagegen verboten. Sie können als selbständige Wege völlig getrennt von Straßen oder als Bestandteil von Verkehrsstraßen in unmittelbarer räumlicher Verbindung mit ihnen angelegt werden. Radstreifen sind zwar überwiegend für den Radverkehr bestimmt; sie können aber bei Bedarf, besonders aber in Gefahrfällen auch von den auf der Fahrbahn verkehrenden Fahrzeugen in Anspruch genommen werden, obwohl diese sich in der Regel auf die Fahrbahn zu beschränken haben. Radstreifen bieten daher im Gegensatz zu den von der Fahrbahn durch andere Höhenlage oder durch Trennstreifen vollkommen getrennten Radwegen dem Radfahrer keinen vollen Schutz, auch wenn sie optisch (durch andere Färbung, Farbstriche oder Verkehrsnägel) oder durch Leitsteine in größeren Abständen bezeichnet sind. Wo die Möglichkeit besteht, sind bei lebhafterem Radverkehr daher Radwege vorzuziehen.

IV. Einzelheiten der Radwegeplanung.

Kurze Radwegestrecken, die mit dem übrigen Radwegenetz nicht zusammenhängen, sind im allgemeinen wertlos. Unterbrechungen durchgehender Radwege, z. B. auf Brücken oder in Straßenebenen, sind für die glatte Abwicklung eines lebhaften Radverkehrs stark hemmend. Bei stärkerem Radverkehr sind, wenn irgend möglich, beiderseitige Radwege für Richtungsverkehr vorzusehen. Nur bei geringerem Verkehr, wie er auf Landstraßen vielfach vorhanden ist, sind einseitige Radwege für beide Fahrtrichtungen zulässig. Diese sollen dann aber in möglichst langer Erstreckung auf derselben Straßenseite liegenbleiben. Sind Seitenwechsel, die immer mit Behinderungen und Gefährdungen des Verkehrs verbunden sind, nicht zu vermeiden, so sollen sie nur an Straßenkreuzungen stattfinden. Müssen einseitige Radwege mit starkem Verkehr Hauptverkehrsstraßen kreuzen, so kommt die Anlegung von Unter- oder Überführungen für den Radweg in Frage. Dabei können die Rampen durch Treppen ersetzt werden, an deren Seiten Bohlen angebracht werden, die das Hinaufschließen oder Hinunterfahren der Räder ohne Kraftanstrengung ermöglichen. Auf Straßen, die an nicht anbaufähigen Flächen, wie Flüssen, Bahnanlagen, Parks oder Grünflächen, entlangführen, sind einseitige Radwege, und zwar neben diesen Flächen, nicht zu beanstanden. Für Radfahrer und Fußgänger gemeinsam bestimmte Verkehrsstreifen sind im allgemeinen wegen der gegenseitigen Behinderung unpraktisch. Nur bei geringem Verkehr und beschränkter Straßenbreite können sie als zulässig angesehen werden. Dann soll aber die Breite des Verkehrsraumes nicht weniger als 1,50 m, des befestigten Streifens nicht unter 1,25 m betragen.

In den Stadtgebieten sind vor allem die radial gerichteten Ausfallstraßen mit Radwegen zu versehen, diese durch geeignete Querverbindungen zu einem zusammenhängenden Netz zu verbinden und dabei möglichst weit in den Stadtkern hineinzuführen. Die letzte Forderung ist nicht immer zu erfüllen, weil die Straßen der alten Stadtteile meist zu schmal sind. Geschäftsstraßen mit starkem Halteverkehr sind für die Aufnahme von Radwegen wegen des Querverkehrs zwischen Fahrbahn und Bürgersteig ungeeignet; zudem werden die Radfahrer durch die aufschlagenden Wagentüren gefährdet. Die Lage der Radwege zwischen Fahrdamm und den für die Fußgänger bestimmten Verkehrsstreifen läßt diese Behinderung und Gefährdung als besonders unangenehm erscheinen. Indes ist diese Lage die günstigste und ist auch der zu beiden Seiten eines Mittelstreifens vorzuziehen, weil in diesem Falle die häufigen Kreuzungen mit den Fahrbahnen gefahrbringend sind, sofern es sich nicht um ausgesprochenen kreuzungslosen Raddurchgangsverkehr handelt.

Häufig lenkt man den Radverkehr zweckmäßig auf weniger verkehrsreiche Parallelstraßen ab, besonders wenn sie nur für den Verkehr in einer Richtung zugelassen sind. Straßenbahngleise sind beim Befahren in der Längsrichtung und bei spitzwinkligen Kreuzungen für Radfahrer gefährlich; die Haltestellen bedingen Unterbrechungen des Radverkehrs. Man soll daher auch Straßen mit Straßenbahnen möglichst vom Radverkehr freihalten. Von verkehrsreichen Straßenkreuzungen und gefährlichen Verkehrsknotenpunkten soll man die Radfahrer gleichfalls durch Verweisung auf gleichlaufende Seitenstraßen nach Möglichkeit fernhalten. Ist aber die Kreuzung an solchen Stellen nicht zu vermeiden, so ist es notwendig, durch einen Kreis-Richtungsverkehr mit ausreichendem Halbmesser und durch Verbreiterung der Fahrstreifen für den Radverkehr vor der Kreuzung, die das Aus- und Einfädeln in den Verkehr erleichtern, die Behinderungen und Gefährdungen herabzumindern.

Neue Durchbrüche durch alte, eng bebauete Stadtteile sollten regelmäßig mit Verkehrsstreifen für Radfahrer versehen werden. Wenn dabei die Möglichkeit geschaffen werden kann, daß das gesamte Stadttinnere ohne Gefährdung von den Radfahrern durchquert werden kann, so ist darin ein besonderer Vorteil zu erblicken. In diesem Zusammenhang ist auch die Anlegung von Parkgelegenheiten für Fahrräder an den Rändern der Innenstadt ins Auge zu fassen, wenn bei besonders ungünstigen Verhältnissen ein Fahrverbot für Teile oder für den gesamten Stadtkern oder nur ein Aufstellverbot für Fahrräder notwendig wird. Solche Abstellmöglichkeiten für die Räder verschaffen dem Radfahrer die Möglichkeit, die meist kurzen Wege in der Innenstadt zu Fuß zurückzulegen, was besonders für den gewerblichen Radverkehr von großem Nutzen ist.

An Landstraßen ist bei starkem Rad- und sonstigem Verkehr wie in den Städten die Anordnung beiderseitiger Radwege zweckmäßig. Einseitige Wege sollten immer möglichst durch Baumreihen oder durch Grünstreifen mit Hecken oder Gebüschgruppen von der Fahrbahn getrennt liegen, weil im Landstraßenverkehr die gegenseitige Gefährdung infolge der Blendwirkung der Kraftwagenscheinwerfer und lichtstarker Fahrradlaternen sehr erheblich ist. Diese Gefährdungsursache spielt in den Städten mit ihren beleuchteten Straßen keine Rolle. Liegen die Radwege außerhalb des Straßenplanums und der Straßengraben, so sind sie in der Höhenlage nicht an die Höhe der Straße gebunden, sondern können dem Gelände angepaßt werden (Abb. 1). Die normale Planumbreite der Reichsstraßen und Landstraßen I. Ordnung von 10 m genügt nicht, um Radwege innerhalb der Baumreihen unterzubringen. Vielmehr sind dann nur Radstreifen im Anschluß an die Fahrbahn möglich. Bei größerer Breite, die

auf alten Straßen aber nicht immer ohne Schwierigkeiten erreichbar ist, können Radwege angelegt werden, bei denen die Trennung von der Fahrbahn wie auf städtischen Straßen durch erhöhte Randsteine hergestellt wird. Diese Anordnung erfordert weniger Raum, bereitet aber Schwierigkeiten für die Entwässerung und beeinträchtigt die Ausnutzung der vollen Fahrbahnbreite durch die Kraftwagen, da diese einen gewissen Abstand von erhöhten Randsteinen einhalten. Nur wenn Seitengraben vorhanden sind oder die Straße neben einem Vorfluter verläuft, kann durch einfache Straßeneinläufe mit Stichrohren das Wasser ohne weiteres abgeleitet werden; sonst ist ein Entwässerungskanal notwendig. Daher wird diese Lösung in der Regel nur in Ortsdurchfahrten, die entweder Entwässerungsleitungen haben oder auch aus anderen Gründen mit ihnen versehen werden müssen, möglich sein. Bei Radwegen in Höhe und im Quergerade der Fahrbahn kann das Wasser über die Wegefläche ohne wesentliche Nachteile abfließen.

Bei selbständigen Radwegen kann man die Linienführung mehr oder weniger frei bestimmen. Zweckmäßig paßt sie sich möglichst dem Gelände an, schon damit größere Erdarbeiten vermieden werden. Das ist meist auch ohne weiteres möglich, weil man im Grundriß Krümmungen ziemlich kleinen Halbmessers ohne Nachteil einlegen kann, wie überhaupt eine gekrümmte Linienführung für Radwege durchaus erwünscht und zweckmäßig ist. Lange gerade Strecken über freies Gelände sind für den Radfahrer ermüdend und langweilig; dagegen sind Radwege an Waldrändern, Flußufern und an Hängen in Tälern oder mit abwechslungsreichen Blickpunkten besonders für den Radwanderverkehr von großem Reiz.



Abb. 1.

Im Längenschnitt sollen Steigungen von mehr als 5%, im Flachlande von mehr als 4% vermieden werden, wenn auch stärkere Steigungen in größeren Abständen auf kurzen Strecken nicht unbedingt zu verwerfen sind, selbst wenn sie das Schieben des Rades notwendig machen. Dabei ist jedoch darauf zu achten, daß am Fuße der Gefällstrecken nicht stärkere Krümmungen anschließen oder Kreuzungen mit Verkehrsstraßen liegen, weil dann Verkehrsgefährdungen eintreten. Längere Gefällstrecken in der Geraden verleiten die Radfahrer leicht zu übermäßig schnellem und daher gefährlichem Fahren.

Die Anpassung an die Landschaft wird im allgemeinen bereits durch Beachtung der vorstehenden Gesichtspunkte erreicht. Immerhin ist bei der Wahl der Linienführung neben der Eignung der Linie für den Radverkehr vor allem auf gute Einfügung in die Landschaft und darüber hinaus auf ihre Anschließung durch Schaffung von Aussichtspunkten und Ausblicken in Täler, auf Berge und in weiträumige Landschaften Bedacht zu nehmen. Die Anpassung an die nähere Umgebung durch Bepflanzung der Wegeränder kann sich in engen Grenzen halten, da die schmalen Wege wohl nie in erheblichem Maße auf das Landschaftsbild einwirken. Die Anpflanzung von Hecken auf den Kanten von Böschungen oder steilen Abhängen dient zum Schutze; lockere Gebüschpflanzungen sind geeignet, an geraden freien Strecken für die Fahrer Abwechslung zu schaffen. Für Radwanderwege ist die Einrichtung geeigneter Rasplätze, für die in erster Linie Aussichtspunkte zu wählen sind, mit Sitzplätzen und einfachen Schutzhütten nützlich. An solchen Plätzen kann die Bepflanzung reichhaltiger sein und mit Vorteil durch einzelne große Bäume ergänzt werden.

Feuerschutzflächen an Eisenbahnen, verlassene Bahnkörper, Delchkronen, Uferwege und Leinpfade können nicht selten ohne große Kosten als Radwege ausgebaut werden.

V. Breitenbemessung der Radwege.

Für die Breitenbemessung der Radwege und Radstreifen wird im Entwurf: „Vorläufige Richtlinien für die Anlage von Radwegen“ eine Spurbreite von 0,75 m und ein Abstand von 0,25 m beim Begegnen und Überholen sowie gegen feste Gegenstände, wie Bäume, Geländer,

Leitsteine und erhöhte Randsteine, zugrunde gelegt. Es ist zu unterscheiden zwischen der Breite des Verkehrsraumes und der befestigten Wegfläche. Die erstgenannte ist bei Radwegen größer als die letztere; bei Radstreifen sind sie in der Regel gleich. Für mehr als zweispurige Radwege kann angenommen werden, daß zwei Radfahrer nebeneinander fahren und von ihnen der Abstand von 0,25 m aus Sicherheitsgründen eingehalten werden muß. Dagegen ist der Breitenzuschlag von 0,25 m zur Breite der Befestigung zwischen jenen und der dritten Spur zum Ausweichen und Überholen nicht notwendig, weil die breitere Fläche des dreispurigen Weges besser ausgenutzt werden kann. Der Verkehrsraum soll aber in jedem Falle die volle Breite erhalten, weil von festen Begrenzungen besonders bei schnellem Fahren ein größerer Abstand eingehalten zu werden pflegt.

Demgemäß werden folgende Normalbreiten für Radwege empfohlen:

Zahl der Fahrspuren	Breite der Befestigung des Radweges m	Breite des Verkehrsraumes des Radweges m
1	0,75	1,25
2	1,75 (1,50)	2,25 (2,00)
3	2,50 (2,25)	3,25 (3,00)
4	3,50	4,25

Die eingeklammerten Maße können bei schwierigen Verhältnissen und für Radwege angewendet werden, die nur stoßweise in einer Richtung starken Verkehr aufzunehmen haben wie die meisten für den

Berufsverkehr bestimmten Wege. Durch Vergrößerung der Abstände über 0,25 m hinaus, höchstens jedoch bis zu 0,50 m wird die Sicherheit des Radverkehrs erhöht. Meist wird man auf eine spätere Verbreiterung aber wohl nur beim Grunderwerb Rücksicht nehmen können und die Verbreiterung der Wege selbst dem später sich etwa einstellenden Bedürfnis überlassen. Der Bedarf an Radwegen ist so groß und die verfügbaren Mittel sind vorläufig noch so gering, daß man jedes Zuviel an Anlagekosten vermeiden muß.

Vierspurige Radwege werden nur in Ausnahmefällen erforderlich sein, besonders für außergewöhnlich lebhaften Ausflugsverkehr in der Nähe von Großstädten. Wie der Berufsverkehr spielt sich auch dieser Verkehr zeitlich getrennt überwiegend in einer Richtung ab. Überhaupt soll man sich hüten, die Breite der Befestigung auf Radwegen übermäßig groß zu wählen, weil das Befahren der gesamten Fläche für die Erhaltung der Dichte der Oberfläche bei den meisten Befestigungsarten günstig wirkt und die Unterhaltung erleichtert. Ist die Befestigung, wie das besonders bei weniger befahrenen Wegen häufig vorkommt, aus einer mit Lehm gebundenen Kies- oder Ascheschicht hergestellt, so wird der Aufwuchs von Unkraut am sichersten gleichfalls durch gleichmäßige Benutzung der ganzen Fläche verhindert.

Trennstreifen zwischen Fahrbahn und Radweg, auf denen Leitsteine oder Hecken gesetzt werden sollen, müssen 0,80 m, Seitenstreifen an Auftragsböschungen von mehr als 2 m oder an steilen Abhängen, die Schutzvorrichtungen aufzunehmen haben, 0,50 m Mindestbreite erhalten. (Schluß folgt.)

Alle Rechte vorbehalten.

Einfluß der Straßenbauart auf Geschwindigkeit und Brennstoffverbrauch von Fahrzeugen.

Ein Bericht über Versuche zur Feststellung des Einflusses der Straßenbauart auf die Geschwindigkeit und den Brennstoffverbrauch der Fahrzeuge erschien kürzlich als Technischer Bericht Nr. 5¹⁾ der Straßenbau-Kommission des Staates Oregon. Der Hauptzweck der Untersuchung war, die Wirkung von Steigungen auf den Brennstoffverbrauch festzustellen. Bevor jedoch tatsächliche Prüfungen durchgeführt werden konnten, mußte der Bereich der Arbeit ausgedehnt werden auf Versuche über die Wölbung und Oberflächenbeschaffenheit der Straße, um solche veränderliche Einflüsse soweit als möglich auszuschalten.

Da der Brennstoffverbrauch einen großen Teil der Gesamtbetriebskosten eines Fahrzeuges ausmacht, ist es offensichtlich wichtig, über die Umstände, die einen Einfluß darauf haben, Klarheit zu bekommen. Von diesen Umständen sind Geschwindigkeit und Steigung bei weitem die wichtigsten.

Der Bericht gibt die Ergebnisse von Versuchen, die innerhalb von 1½ Jahren mit Personenwagen und schwereren Fahrzeugen ausgeführt wurden, und zwar im Betriebe in der Praxis und unter gestellten Bedingungen. Nur eine beschränkte Anzahl von Fahrzeugen wurde geprüft; die Ergebnisse dienen dazu, den Weg zu einer genaueren Aufgliederung des Einflusses der Straßenbauart auf die Betriebskosten der Fahrzeuge zu zeigen. Diese Untersuchungen lieferten nachstehende Schlußfolgerungen:

I. Waagerechten-Steigungsgleichwerte (Level road equivalents).

1. Die Theorie der potentiellen Energie, die bisher bei Fragen der Steigungsverminderung angewandt wurde, bietet insofern nicht ein zuverlässiges Verfahren zur Feststellung der einer ebenen (waagerechten) Straße entsprechenden Gleichwerte (level road equivalents), als bei diesem Verfahren der Verlust aufgespeicherter Energie bei der Talfahrt (Bergabfahren) nicht in Betracht gezogen ist.

2. Bei Ermittlungen dieser Art muß sowohl die Berg- wie die Talfahrt in Betracht gezogen werden, wobei richtiger die Gesamtbetriebskosten als nur jene des Brennstoffverbrauchs zugrunde gelegt werden. Die Ergebnisse solcher Prüfungen lieferten das folgende allgemeine Verhältnis für die üblichen Motorfahrzeuge:

a) Bei neuzeitlichen Personenwagen schwankt der Steigungsgleichwert der Waagerechten je 1 Fuß (= 0,305 m) Steigung zwischen 2,28 Fuß (= 0,679 m) und Werten unter 1 Fuß (= 0,305 m). Er kann deshalb im allgemeinen für Fragen der Steigungsverminderung vernachlässigt werden.

b) Bei schwereren Fahrzeugen sind die Gleichwerte (level road equivalents) für die gleichmäßige Straßensteigung wesentlich größer. Sie erhöhen sich mit dem Hundertsatz der Steigung, hauptsächlich durch die Notwendigkeit des Gangwechsels auf Steigungen, die bei den Steigungen, die der Untersuchung zugrunde gelegt wurden, für Personenwagen nicht bestand. Zum Beispiel wurden für einen Lastwagen von 45 000 lb. (20 400 kg) Bruttogewicht nebenstehende Gleichwerte für die gleichmäßige Straßensteigung ermittelt.

Steigung in %	Waagerechten-Gleichwert je Fuß Steigung
1	2,20 Fuß
2	4,45 "
3	6,65 "
4	8,90 "
5	12,00 "
6	15,20 "

¹⁾ Auszug in Public Roads 1937, Bd. 18, Nr. 8, woraus nachstehendes entnommen ist.

c) Im allgemeinen können die Gleichwerte für die gleichmäßige Straßensteigung für Kraftfahrzeuge aller Gewichtsklassen aus den Gleichungen und Kurven, die in der Urschrift angegeben sind, errechnet werden, wenn

	Werte von C =
Für ebene Strecke	0,000 128 3 W ^{0,712}
• Steigung 1%	0,000 117 9 W ^{0,723}
• " 2 "	0,000 095 4 W ^{0,750}
• " 3 "	0,000 073 1 W ^{0,785}
• " 4 "	0,000 054 2 W ^{0,825}
• " 5 "	0,000 037 3 W ^{0,876}
• " 6 "	0,000 026 0 W ^{0,928}

3. Die vorstehenden Gleichwerte für gleichmäßige Straßensteigung berücksichtigen sowohl die Berg- als auch die Talfahrt. In den ziemlich ungewöhnlichen Fällen, wo es nötig wird, die Gleichwerte für die gleichmäßige Straßensteigung je 1 Fuß Steigung nur für die Bergfahrt zu errechnen, geben die Zahlentafeln und Gleichungen der Urschrift nähere Anhaltspunkte.

II. Brennstoffverbrauch bei leichten Fahrzeugen.

4. Bei dem durchschnittlichen neuzeitlichen Personenwagen erhöht sich der Brennstoffverbrauch bei gleichem Gang auf ansteigenden Strecken bis zu 6% Steigung nach einer einheitlichen Regel mit jedem % Steigungszunahme.

5. Bei dem durchschnittlichen neuzeitlichen Personenwagen ist der Brennstoffverbrauch bei gleichem Gang der Talfahrt bei Steigungen bis zu 6% in den niedrigen Gängen eine Zeitfrage, die von den Verzögerungsvorrichtungen des Fahrzeuges abhängt. Bei allen Geschwindigkeiten, bei denen die Drosselklappe geöffnet werden muß, ermäßigt sich der Brennstoffverbrauch nach einem fast einheitlichen Satze mit jedem % Steigungszunahme.

6. Für den durchschnittlichen Personenwagen erhöht sich der Brennstoffverbrauch bei gleichem Gang auf verschiedenen Steigungen, d. h. bei Berg- und Talfahrt mit jedem % Steigungszunahme, wobei die Verbrauchserhöhung etwas größer auf den steileren Strecken ist. Der Mehrverbrauch an Brennstoff bei dieser Art Fahrzeug ist jedoch unwesentlich, wenn nicht der Verkehr ungewöhnlich dicht ist. Aus diesem Grunde können Steigungsverminderungen unter 6% im allgemeinen nur gerechtfertigt werden, wenn ein beträchtlicher Verkehr mit schweren Lastwagen besteht oder zu erwarten ist.

III. Brennstoffverbrauch bei schweren Fahrzeugen.

7. Bei schweren Kraftfahrzeugen ist der Brennstoffverbrauch unterschieden eine Frage des Hundertsatzes oder des Grades der Steigung auf Grund der besonderen Geschwindigkeit und des Ganges, der auf jeder einzelnen Steigung verwendet wird.

8. Der Brennstoffverbrauch schwerer Wagen ändert sich bei der Talfahrt innerhalb weiter Grenzen je nach Geschwindigkeit, Länge, Kurven und Wetterbedingungen.

9. Im allgemeinen steigt der Brennstoffverbrauch für schwere Wagen mit jedem % zuzügl. Steigung. Keine nennenswerte Ersparnis ist jedoch möglich durch Steigungsverminderung von 2% oder weniger. Dies bezieht sich auf benzinbetriebene Lastwagen; die Ergebnisse von Prüfungen mit einer beschränkten Anzahl von Diesel-getriebenen Lastwagen zeigen, daß die Ersparnis durch Steigungsverringern proportional die gleiche ist.

10. Im allgemeinen ist der Brennstoffverbrauch auf einer Strecke, die mehrere verschiedene Steigungen hat, der gleiche wie auf derselben Länge einer gleichbleibenden Steigung derselben durchschnittlichen Art mit Ausnahme der Wirkung senkrechter Kurven, die aber nur gering ist, vorausgesetzt, daß die gleichen Bedingungen für Gang und Brennstoffmischung beibehalten werden.

11. Die Zeitersparnis, die durch Steigungsermäßigung im Falle von Steigungen bis zu 6% erreicht wird, ist ohne praktischen Wert bei leichten Personenwagen, wirkt sich aber auf Lastwagenbetrieb bei Steigungen von mehr als 2% aus. Das Verhältnis zwischen Geschwindigkeit und Bruttogewicht für die besonders schweren Fahrzeuge, die bei diesen Prüfungen hinzugezogen wurden, kann wie folgt ausgedrückt werden:

bei Bergfahrt:

$$\text{Geschwindigkeit (Meilen/h)} = 60 - 0,5 W - 4,33 G,$$

für Berg- und Talfahrt:

$$\text{Geschwindigkeit (Meilen/h)} = 60 - 0,5 W - 1,5 G,$$

wobei W das Bruttogewicht des Fahrzeugs in Tonnen und G den Hundertsatz der Steigung bedeuten.

IV. Straßenbauart.

12. Der Energieaufwand und dementsprechend der Brennstoffverbrauch bei leichten Fahrzeugen wird durch Straßenkrümmungen (-kurven) von weniger als 6° nicht nennenswert beeinflusst, wenn die Kurven richtig überhöht sind.

13. Der Unterschied in der Zweckmäßigkeit zwischen einer Betonstraße und einer neuzeitlichen Bitumendecke ist bezüglich des Brennstoffverbrauchs sehr gering.

14. Die vorstehenden Schlußfolgerungen beziehen sich auf Umstände, bei denen die tatsächlichen Steigungen und Neigungen verringert worden sind. Steigungsverminderungen, bei denen die tatsächliche Steigungs- und Gefällhöhe nicht vermindert worden ist, ergeben keine wesentlichen Brennstoffersparnisse bei leichten Personenwagen, bewirken aber einige Ersparnis bei schweren Lastfahrzeugen.

V. Über Diesel-Lastwagen.

15. Die Prüfungsergebnisse von hundert im Betriebe befindlichen Fahrzeugen zeigten, daß der Diesel-Brennstoffverbrauch (in Gallonen/Meile

ausgedrückt) in verhältnismäßig ebenem Gelände um 40%, in bergigem Gelände um 45% geringer ist als bei mit Benzin betriebenen Wagen.

16. Die Steigungsermäßigung, die sowohl bei schweren als auch bei leichten Fahrzeugen eine Brennstoffersparnis bewirkt, ergibt größere Brennstoffersparnis auf der Basis der t/Meile für schwerere Fahrzeuge als für leichtere Wagen.

VI. Kraftwagenausrüstung im allgemeinen.

17. Die Betriebskosten eines Personenwagens hängen in der Hauptsache von der Vergaser- und Zündungseinstellung ab.

18. Der Brennstoffbedarf selbst zeigt schon bei einer beschränkten Anzahl von Fahrzeugen weitgehende Änderungen entsprechend den einzelnen Eigenschaften der Fahrzeuge.

19. Der Benzinverbrauch als eigentlicher Kraftzeuger ändert sich allgemein innerhalb weiter Grenzen; das Luft-Brennstoff-Verhältnis kann einen sehr starken Einfluß auf das Ausmaß dieser Änderung ausüben.

20. Jede Ermäßigung im Verhältnis von Luft zu Brennstoff, die besonders bemerkbar wird bei hohem und bei niederem Energieverbrauch bei gleicher Geschwindigkeit, beeinflusst den Brennstoffverbrauch wesentlich.

21. Die bei den Versuchen angewendete Aufgliederung des Auspuffgases erwies sich als unentbehrlich für den Vergleich der Ergebnisse und für die Bestätigung der Richtigkeit dieser bei Benzin-Verbrauchsversuchen leichter Fahrzeuge.

22. Die Gesamtwärmeleistung durchschnittlicher Personenwagen nahm mit einer Erhöhung der Motorbelastung entweder durch eine Erhöhung der Geschwindigkeit oder durch Betrieb auf steilem Gelände oder durch beides zu. Die beste Leistung wurde bei einer verhältnismäßig hohen Geschwindigkeit auf einer starken Steigung erreicht. Motoreigenarten können die Leistung vermindern, wenn der Motor durch Geschwindigkeit und Steigung überanstrengt wird.

23. Die Betriebseigenarten schwerer Motorfahrzeuge auf Steigungen ändern sich beträchtlich, sie sind vom Motortyp, den Eigenarten, der Treibkraft/Tonne sowie dem Bruttofahrzeuggewicht abhängig.

24. Schwere Fahrzeuge, die bei einer praktisch gleichbleibenden Motorgeschwindigkeit fahren, haben bestimmte charakteristische Geschwindigkeiten auf der Straße entsprechend dem Hundertsatz der Steigung und der Treibkraft/Tonne.

25. Es ist anzunehmen, daß die Ergebnisse der Versuche mit schweren Wagen, die unter praktischen Betriebsbedingungen durchgeführt wurden und diesen angepaßt waren, ein besseres Urteil ermöglichen als Versuche, die bei gleicher Geschwindigkeit in jedem einzelnen Gang vorgenommen wurden.

Dr.-Ing. Dr. rer. pol. Haller VDI.

Vermischtes.

Die heutigen Probleme im Betonbau. Im „Lehrgang über Baustofffragen im Vierjahresplan“ der „Deutschen Gesellschaft für Bauwesen“, Berlin, trug Prof. Dr.-Ing. Disinger am 21. 10. etwa folgendes vor: Durch die gewaltige Entwicklung des Bauwesens, besonders des konstruktiven Ingenieurbauwesens, seit dem Umbruch und die Notwendigkeit, im Rahmen des Vierjahresplanes mit den uns zur Verfügung stehenden Stahlmengen sparsam umzugehen, wurden die Eisenbetoningenieure vor eine Fülle neuer Aufgaben gestellt. Diese von uns zu lösenden Aufgaben hängen eng zusammen mit anderen großen Aufgaben unserer Zeit, dem Bau von Autostraßen, dem Aufbau unserer Flugplätze, den Bauten für Heer und Marine und den großen Fabrikbauten, die für den Vierjahresplan benötigt werden. Es werden immer weiter gespannte Brücken und Hallen erforderlich, und besonders für Großversammlungen und Sportveranstaltungen werden in Zukunft Hallenbauten notwendig werden, deren Ausmaße weit über alles Bisherige hinausgehen.

Bei diesen Großbauwerken hat der Eisenbeton gegenüber dem Stahl unzweifelhaft den Nachteil des größeren Eigengewichts. Doch wir können ihn einigermaßen ausgleichen, wenn wir die Vorteile des monolithischen Eisenbetons ausnutzen und überall die räumliche Kräftewirkung in Rechnung stellen. Mit den zunehmenden Spannweiten der Eisenbetonträger wächst aber nicht nur das Eigengewicht sehr stark, sondern es zeigen sich auch weitere Nachteile. Diese bestehen in den zahlreichen Haarrissen, bedingt durch die Massierung der Eisen in den Zugquerschnitten. Durch diese Haarrisse wird die Lebensdauer von weitgespannten Konstruktionen beeinträchtigt. Hier können wir uns durch eine Vorspannung der Eisenbetonkonstruktion helfen. Damit werden wir in die Lage versetzt, nicht nur die Haarrisse im Beton auszuschalten und damit die Lebensdauer der Bauwerke zu erhöhen, sondern wir können auch wesentlich größere Spannweiten bei stark vermindertem Eigengewicht bewältigen.

In enger Beziehung zu dem besprochenen Problem der Vorspannung steht ein weiteres, nämlich das Kriechen des Betons¹⁾. Jeder dauerbelastete Beton verkürzt sich, nicht nur elastisch, d. h. im Zeitpunkt des Aufbringens der Last, sondern auch noch plastisch während der Zeit der Dauerbelastung. Dieses Kriechen des Betons erstreckt sich über mehrere Jahre. Die durch das Vorspannen des Betons erzeugten Betondruckspannungen werden durch diese plastische Verkürzung des Betons wesentlich beeinflusst, und wir müssen deshalb danach streben, diese schädliche Wirkung möglichst wieder auszuschalten. Durch das Kriechen

des Betons wird auch der Spannungszustand von nicht vorgespannten Konstruktionen, wie Gewölbe, Säulen und Rahmen, stark beeinflusst.

Damit sind nun die drei wichtigsten Aufgaben des heutigen Eisenbetonbaues gekennzeichnet. Diese sind:

1. das genaue Erfassen des räumlichen bzw. zweidimensionalen Spannungszustandes unserer monolithischen Eisenbetonkonstruktionen,
2. eine weitgehende Anwendung von Vorspannungen,
3. genaue Untersuchungen über den Einfluß des Kriechens und Schwindens, um Klarheit über den tatsächlichen Spannungszustand in unseren Konstruktionen zu erhalten.

Auf einem Sondergebiete des Eisenbetons, dem der Schalenbau, wird schon seit einem Jahrzehnt die räumliche Kräftewirkung voll ausgenutzt. Wir sind dadurch in die Lage versetzt worden, auch bei den größten Spannweiten von Hallen gegenüber Stahlkonstruktionen wettbewerbsfähig zu bleiben. Im Gegensatz zu den üblichen Eisenbetonkonstruktionen nimmt bei den Schalenbauten das Eigengewicht mit der Größe der Spannweiten nur in begrenztem Maße zu. Dadurch war es möglich, sehr große Spannweiten herzustellen; wir besitzen heute schon Trägerhallen in Schalenbauweise mit 75 m und Bogenhallen bis zu 100 m Spannweite.

Bei den weitgespannten Balkenbrücken ist das Gewicht der Fahrbahnplatten fast unabhängig von der Spannweite; hier hängt die Zunahme des Gewichts im wesentlichen von der mit der Spannweite zunehmenden Trägerhöhe ab. Wir können hier an Gewicht nur sparen, wenn wir die Anzahl der Hauptträger einer Brücke möglichst bis auf zwei vermindern. Damit ergeben sich aber sehr große Spannweiten für die Platten. Die Untersuchungen zeigen, daß sich bei kreuzweise bewehrten Platten Spannweiten bis etwa 12×12 m erreichen lassen. Auf einer derartig großen Platte können aber fünf Lastkraftwagen nebeneinander Platz finden, und für eine genaue Berechnung ist es notwendig, die Einflüsse dieser vielen Radlasten für jeden Punkt der Platte zu ermitteln. Für die freiaufliegenden und eingespannten Rechteckplatten ist diese Aufgabe durch Dr. Pucher gelöst und damit dem weiteren Fortschritt der Weg gebahnt.

Mit der Zunahme der Plattenspannweite gewinnt aber noch ein weiteres Problem wesentliche Bedeutung. Das ist die mitwirkende Breite der Platte bei den als Plattenbalken wirkenden Trägern, die nach unseren heutigen Bestimmungen nur mit der zwölffachen Plattendicke zuzüglich der Voutenbreiten eingesetzt werden darf. Wenn wir nur zwei Hauptträger bei unseren Brücken anordnen wollen, dann ist diese mitwirkende Breite zu gering, um die Biegedruckkräfte unter Einhaltung der zulässigen Betondruckspannungen aufzunehmen. Tat-

¹⁾ Vgl. auch Bautechn. 1937, Heft 44 u. 47.

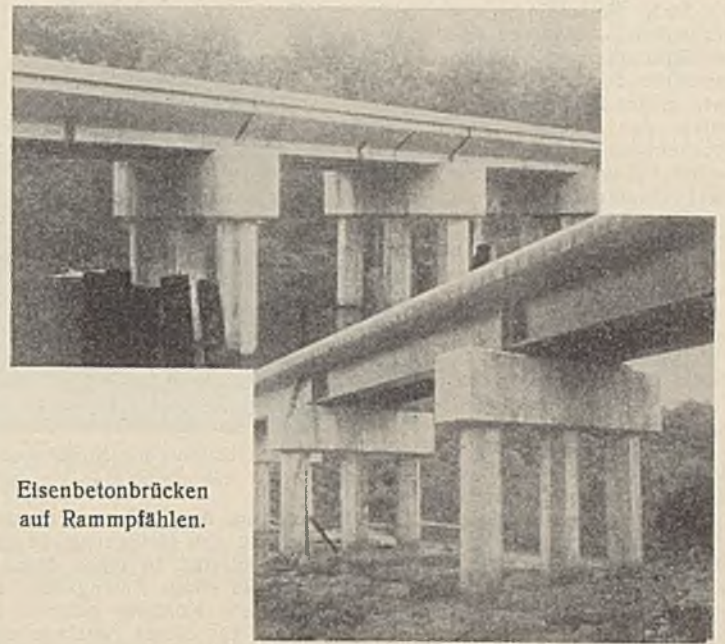
sächlich ist aber bei den weitgespannten Plattenbalken die mitwirkende Breite wesentlich größer als in unseren Bestimmungen angegeben ist. Daraus geht hervor, daß derartige Brückenkonstruktionen erst möglich werden, wenn das Problem der mitwirkenden Breite in einer solchen Form gelöst ist, daß wir neue Bestimmungen darauf aufbauen können.

Über vorgespannte Eisenbetonbalken hat schon der Altmeister des Eisenbetons, Koenen, Versuche durchgeführt; er benutzte dabei die Schalungen als Widerlager für die vorzuspannenden Eisen. Nach dem Einbringen und Erhärten des Betons löste er dann die Vorspannanker von den Schalungen und ließ die Vorspannkkräfte auf den Beton einwirken. Er mußte aber sehr bald feststellen, daß die Vorspannkkräfte wieder verloren gingen, und zwar infolge der Verkürzung des Betons durch Schwinden. Tatsächlich war aber die Hauptursache das in jener Zeit noch unbekanntes Kriechen des Betons. Freyssinet, der sich große Verdienste um die Erforschung des Kriechvorganges erworben hat, zog aus diesen Erkenntnissen die notwendigen Folgerungen und schlug vor, Eisen mit hoher Streckgrenze für die Vorspannung zu verwenden. Er erreichte damit, daß der Spannungsabfall in den vorgespannten Eisen infolge des Kriechens und Schwindens im Verhältnis zu der ursprünglichen Vorspannkraft in erträglichen Grenzen bleibt, besonders weil er durch eine geeignete Betonbehandlung die Kriechmaße wesentlich herabsetzt²⁾. Von dem gleichen Gedanken geht auch Hoyer aus, der den Beton durch eine große Anzahl dünner Stahldrähte von über 20000 kg/cm² Streckgrenze und sehr hoher Festigkeit vorspannt. Diese beiden Verfahren der Vorspannung des Betons mit geraden Eisen oder Drähten sind besonders für die Herstellung von Fabrikwaren sehr geeignet. Für die Herstellung von vorgespannten Bauwerken an Ort und Stelle, wie Brücken usw., ergeben sich gewisse Schwierigkeiten, weil es mit geraden Eisen nicht ohne weiteres gelingt, sich den wechselnden Biegemomenten der Konstruktionen anzupassen. Auch haben diese hochwertigen Eisen den Nachteil, daß das Stoßen durch Schweißen oder andere Hilfsmittel kaum möglich ist. Durch meinen Vorschlag, für die Vorspannung hängewerkartige Zuganker zu verwenden, werden diese Schwierigkeiten beseitigt, und die Vorspannung wird auch ohne Verwendung von Sonderstählen möglich. Die Hängewerke erhalten eine solche Form, daß sie sich dem Verlauf der Momentenlinie vollständig anpassen; sie werden erst in Spannung gesetzt nach dem Erhärten der Betonkonstruktion. Durch diese Art der Vorspannung läßt es sich erreichen, daß in den Brücken bei Eigengewichtsbelastung nur mittlere Druckspannungen auftreten, und daß die Biegemomente aus Verkehr nur durch eine Umlagerung der Druckspannungen unter Ausschluß von wesentlichen Zugspannungen aufgenommen werden. Haarrisse können damit vollständig ausgeschaltet werden. Die Wirkungen des Kriechens werden beseitigt durch mehrmaliges Nachspannen der Anker. Die erste Brücke, und zwar die weitgespannteste Balkenbrücke der Welt, wurde 1936 nach dieser Bauart hergestellt. Bei 69 m Stützweite hat sie nur eine Konstruktionshöhe von 1,90 m³⁾.

Wir sind heute auch in der Lage, und zwar nach dem System Finsterwalder, vorgespannte Fachwerkträger großer Stützweiten herzustellen. Hierbei werden die gezogenen Stäbe erst nach dem Ausrüsten einbetoniert, so daß Zugspannungen und Haarrisse in dem Beton ausgeschaltet werden. Viele derartige Träger sind heute schon ausgeführt, mit Stützweiten bis zu 75 m. Sie haben sich in jeder Beziehung bewährt.

Bei Bogenbrücken in Eisenbeton dürfen wir, ebenso wie bei den Stahlbrücken, insbesondere bei geringer Knicksicherheit den Einfluß der elastischen Verformung nicht vernachlässigen. Bei den Betonbrücken kommt aber hierzu noch der Einfluß der plastischen Verformung infolge des Kriechens und Schwindens. Die Folge davon ist, daß sich im Gegensatz zu den üblichen Näherungsberechnungen die Biegemomente aus der Bogenzusammendrückung und dem Schwinden im Scheitel wesentlich vergrößern, dafür gehen aber bei den eingespannten Gewölbten die großen negativen Momente an den Kämpfern stark zurück, und in Grenzfällen können sie sogar ihr Vorzeichen wechseln. Eine genaue, den tatsächlichen Spannungszustand erfassende Berechnung ist nur möglich, wenn wir den Einfluß des Kriechens und des Schwindens ermitteln⁴⁾.

Eisenbeton und Stahl ersetzen Holzbrücken. Bei dem Ersatz der alten amerikanischen hölzernen Eisenbahnbrücken durch die neue Eisenbeton-Bauart (Eisenbetonplatten oder Stahlträger auf Böcken aus Eisenbeton) mußte weitgehende Rücksicht auf die Aufrechterhaltung des Betriebes auf dem Brückengleis genommen werden, und aus dieser Forderung ergab sich, wie Railway Age, Bd. 99, Nr. 24, S. 783, berichtet, eine Bauart für die Brückenjoche aus drei Rammpfählen, von denen einer in der Mitte des Gleises steht, während die beiden anderen rechts und links von der alten Brücke angeordnet sind. Der mittlere Pfahl kann dabei zwischen den Schwellen eingetrieben werden, was ebenso wie das Einrammen der beiden Seitenpfähle von einer auf dem Gleis fahrenden Ramme geschieht. Für die Pfähle wird als Baustoff im allgemeinen Eisenbeton gewählt, und zwar haben die Pfähle achteckigen Querschnitt mit 61 cm Durchm. Die drei Pfahlköpfe eines Bocks werden durch eine Kopfschwelle aus Eisenbeton verbunden. Zu ihrer Herstellung dienen



Eisenbetonbrücken auf Rammpfählen.

zerlegbare Schalungen, zu deren Stützung Winkeleisen mit Krampen an die Pfähle befestigt werden. Sie werden von einem fahrbaren Mischer aus mit Beton gefüllt. Auf die Kopfschwelle kommt entweder eine tragartige Eisenbetonplatte zur Aufnahme des Gleisbettes zu liegen, oder das Tragwerk der Fahrbahn wird von Stahlträgern gebildet. Die Eisenbetonplatten werden fern von der Baustelle hergestellt und als fertige Einheit mit Hilfe eines fahrbaren Kranes verlegt.

Die Eisenbetonpfähle werden meist mit Spitze versehen; wenn aber fester Fels unter geringer Überdeckung ansteht, kann es zweckmäßig sein, die Spitze abzustumpfen, damit der Pfahl auf einer größeren Fläche auf dem Fels aufsteht. Liegt der Fels unmittelbar unter der Erdoberfläche, so werden die Pfähle nicht eingerammt, sondern in eine Betongründung eingesetzt.

Bei der Verwendung von Eisenbetonplatten als Tragwerk und Fahrbahn für das Gleis macht man diese Platten im allgemeinen 4,6 bis 5,8 m lang, und bei Überbrückung des Raumes zwischen den Böcken mit Stahlträgern geht man mit deren Länge, bei 6,1 m beginnend, bis 8,25 m. Bei diesen größeren Weiten kann man den Böcken der alten Brücke aus dem Wege gehen. Es besteht kein Hindernis, die Öffnungen einer Brücke dieser Bauart verschieden weit zu machen, und man kann daher die Böcke an den Stellen errichten, wo dies mit den geringsten Schwierigkeiten möglich ist. Auch für schiefe Brücken ist die hier beschriebene Bauart geeignet.

Bei größerem Abstände der Böcke verwendet man für die Träger breitflanschtige Formeisen.

Neuerdings werden für die Böcke statt der Eisenbetonpfähle auch Stahlträger eingerammt. Wegen ihres dünnen Querschnitts eignen sie sich besonders zur Verwendung in festem Boden, z. B. fest geschichtetem Kies, weil sie nicht soviel Boden zu verdrängen brauchen wie ein Holz- oder ein Eisenbetonpfahl. Solche Pfähle werden meist so tief eingetrieben, daß sie auf dem festen Fels aufsitzen.

Die Missouri Pacific-Eisenbahn, die ein Netz von 11 830 km Länge betreibt, hat gegen Ende 1932 mit der Erneuerung ihrer hölzernen Bockbrücken begonnen und mittlerweile 5000 Eisenbetonpfähle von 61 cm Durchm. gerammt und damit Holzbrücken von über 8 km Länge durch Brücken der vorstehend beschriebenen Bauart ersetzt. Die Beschaffung der nötigen Geräte erfordert zwar einigen Aufwand, dafür ist aber die Ausführung der Arbeiten mit verhältnismäßig geringen Kosten verbunden. Wkk.

Selbstfahrende Mischmaschine zum Herstellen bituminöser Straßendecken. Beim Herstellen bituminöser Decken nach dem Heißverfahren wurden die Trocken- und Mischanlagen meist in einiger Entfernung von der Baustelle errichtet; das Heißgut brachte man in wärme-geschützten Fahrzeugen nach der Einbringstelle. Durch den Förderweg besteht aber die Gefahr, daß sich die bituminösen Stoffe abkühlen und eine Entmischung eintritt. In Anlehnung an das Vorbild beim Zementbetonstraßenbau ist daher ein auf Schienen fahrendes Gerät für bituminöse, heiße Straßenbaustoffe entstanden (von Ed. Linnhoff), das unmittelbar an der Einbringstelle das Gemisch erzeugt und über die Straßenbreite verteilt. Eingesetzt wurde es auf einer Baustelle der Reichsautobahn bei Kassel.

Das Gerät (s. Abb.) setzt sich aus zwei Brückenfahrgeräten, auf denen die Arbeitsbühnen mit den Maschinen in drei Punkten statisch bestimmt abgestützt sind, und dem angehängten Verteilgestell zusammen. Das waagerechte Ausrichten der Bühnen auf den Fahrgeräten mit je vier Rädern und 7,9 m Spurweite geschieht durch Druckwasserzylinder mit Kolben, die durch eine Pumpe gespeist werden. Auf der einen Bühne (links in der Abb.) befinden sich die Trockentrommel mit einem Kaltlaufzug, der Antriebmotor für die Trommel und das Fahrwerk, der Staubsammler und eine Lichtanlage für die Beleuchtung bei Nacht. Der längs der Strecke verteilte Steinschlag wird von Hand in den Aufgabetrichter des Aufzuges geschaufelt oder bei Anfuhr auf Plattformwagen unmittelbar in den Trichter gekippt. Ferner ist eine Plattform für

²⁾ Über die von Freyssinet herrührenden Neuerungen wird demnächst ein kurzer Bericht in der „Bautechnik“ erscheinen.

³⁾ Gemeint ist hier die neue Straßenbrücke in Aue (Sachsen), worüber einiges in dem Buche „Neues Bauen“, Berlin 1937, Zementverlag, zu finden ist.

⁴⁾ Vgl. hierzu Dischinger, Untersuchungen über die Knicksicherheit, die elastische Verformung und das Kriechen des Betons bei Bogenbrücken, Bauing. 1937, Heft 33/34, 35/36 u. 39/40.

100 Säcke Füller (je 50 kg) vorhanden. — Auf der anderen Bühne sind die Mischmaschine mit dem Heißaufzug, der freitragend bis unter den Auslauf der Trockentrommel reicht, ein weiterer Antriebmotor und zwei Bitumenkocher von je 1500 l Inhalt aufgebaut. Die beiden Kocher stehen rechtwinklig zueinander, so daß Platz zum Aufstellen von Fässern mit einem Gesamtgewicht bis 5 t bleibt.

Beide Bühnen werden durch den Motor für die Trockentrommel mit der Arbeitsgeschwindigkeit von 2 km/h verfahren. Die Bühne mit dem Mischer läßt sich aber auch abkuppeln und für sich durch eine Handkurbel auf den Schienen bewegen.

Der erwärmte Steinzuschlag gelangt durch den Heißaufzug in eine Steleinrichtung und fällt nach Körnungen getrennt in einen darunter liegenden dreiteiligen Bunker, aus dem er in einen Aufzugkübel abgezogen wird. In dem Kübel kann man jede Körnung getrennt für sich wiegen. Außer der Gesteinswaage sind auf dieser Plattform eine Bitumenwaage, eine selbsttätig schaltende Meßuhr zum Beobachten der Mischzeit, die Hebel für die Schieberauslässe des dreiteiligen Bunkers und die Schaltung für die Bitumpumpe untergebracht. Aus der Lage der einzelnen Einrichtungen zueinander folgt die niedrige Bauhöhe des ganzen Gerätes, die es gestattet, daß das Gerät ohne weiteres unter Brücken hindurchfahren kann. Der Aufzugkübel hat außerdem eine zusätzliche Tasche, in die der Füller aus dem gegenüber liegenden Lager zugegeben und in der er gewogen wird. Der gefüllte Kübel wird über eine Schrägstrecke hochgezogen und der Inhalt selbsttätig in den Mischer entleert, in den gleichzeitig das abgewogene Bindemittel durch Düsen eingespritzt wird, so daß es sich rasch und innig mit dem Gestein mischt. Aus dem Mischer fällt die Mischung in einen Zwischenbunker, von dem sie in den quer verfahrbaren Abgabeboden des Verteilers abgezogen wird.

Geheizt werden die einzelnen Einrichtungen (Trockentrommel, Bitumenkocher, Bitumpumpe usw.) durch Öfen durch Ölfeuerungen für Leichtöl und schweres Teeröl, bei denen die Zufuhr von Luft und Öl an einem gemeinsamen Handgriff einstellbar sind. — Die einzelnen Maschinen sind keine besonderen Bauarten; sie sind die üblichen Ausführungen, jedoch ohne Fahrgestelle, auf die sie aber jederzeit wieder aufgesetzt werden können, so daß sie auch für andere Arbeiten verwendbar bleiben.

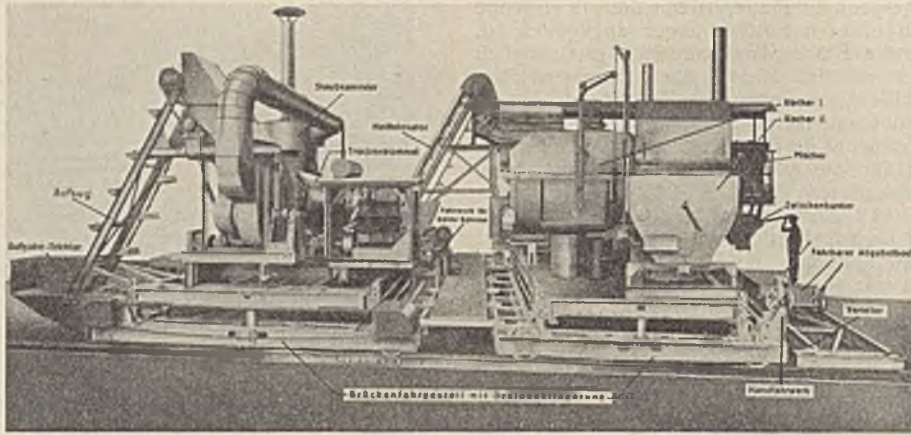
F. Riedig.

Personalmeldungen.

Deutsches Reich. Deutsche Reichsbahn. Betriebsverwaltung: In den Ruhestand getreten: Reichsbahndirektionspräsident Lohse, Präsident der RBD Stettin; Vizepräsident Professor Ferdinand Grimm in Karlsruhe; Direktor bei der Reichsbahn Pappmeyer, Abteilungsleiter der RBD Hannover; die Reichsbahnoberräte Kurt Heidrich und Prater, Dezenten der RBD Dresden, Hennich, Vorstand des Betriebsamts München 5, Hammann, Dezent der RBD Saarbrücken, Hermann Fischer, Vorstand des Betriebsamts Dresden 1, Bühnen, Vorstand des Betriebsamts Kiel, Wilhelm Hennig, Vorstand des Betriebsamts Riesa, Ruder, Vorstand des Betriebsamts Chemnitz 1, Kalweit, Dezent der RBD Halle (Saale), Eugen Baumann bei der RBD Stuttgart, Fahl, Vorstand des Betriebsamts Salzwedel, Raute, Vorstand des Betriebsamts Dessau; die Reichsbahnräte Ritzhaupt bei der RBD Karlsruhe, Dr.-Ing. Karl Zimmermann, Vorstand des Betriebsamts Bad Salzungen, Menge bei der RBD Köln, Rieger, Vorstand des Betriebsamts Bayreuth, und Martin Herrmann beim RZA Berlin.

Preußen. Ernann: Regierungs- und Baurat (W) Mannsdorf bei der Wasserbaudirektion Königsberg zum Oberregierungs- und -baurat; die Regierungsbauräte (W) Jürgens, Vorstand des Wasserbauamts Celle, und Seemann bei der Oderstrombauverwaltung in Breslau zu Regierungs- und Bauräten.

Versetzt: Regierungs- und Baurat (W) Fischbach von der Regierung in Schleswig an die Elbstrombauverwaltung in Magdeburg; die Regierungsbauräte (W) Fichtner vom Wasserbauamt Brieg an die Oderstrombauverwaltung in Breslau, Liebsch vom Wasserbauamt Gleiwitz an das Wasserbauamt Brieg als Vorstand, U. Hoffmann vom Maschinenbauamt Minden an die Wasserbaudirektion Stettin, Seggelke vom Neubauamt Kanalabstieg Magdeburg an das Neubauamt Lingen als Vorstand, Geldmacher, bisher im Reichs- und Preußischen Verkehrsministerium, an das Wasserbauamt Duisburg-Meiderich, Böhler, bisher im Reichs- und Verkehrsministerium, an das Kanalbauamt Halle (Saale), Köhler, bisher im Reichs- und Preußischen Verkehrsministerium, an die Wasserbaudirektion Kurmark in Berlin, W. Niebuhr vom Wasserbauamt Gleiwitz nach Berlin zur kommissarischen Beschäftigung im Reichs- und Preußischen Verkehrsministerium, Krämer vom Kanalbauamt Halle (Saale) nach Berlin zur kommissarischen Beschäftigung im Reichs- und Preußischen Verkehrsministerium, Bothmann vom Wasserbauamt Potsdam nach Berlin zur



Selbstfahrende Straßenbaumaschine für bituminöse Decken.

Leistung bei Decken 12 t/h, bei Bindern 8 t/h. (Bauart Linnhoff.)

kommissarischen Beschäftigung im Reichs- und Preußischen Verkehrsministerium; die Regierungsbaussessoren (H) Märtens von Kassel nach Sagan, Paul von Berlin nach Beeskow, Karl Schäfer von Hannover nach Nienburg, Heinz Schmidt von Hannover nach Stade, Spieß von Ilfeld nach Neuzelle und Vollmar von Stralsund nach Kassel; die Regierungsbaussessoren (W) Ruschenburg vom Wasserbauamt Duisburg-Meiderich an das Wasserbauamt Bernburg an das Kanalbauamt II Braunschweig; Beiche vom

Wasserbauamt Rheine an das Neubauamt Lingen, Heuer vom Neubauamt I Münster an das Wasserbauamt Rheine.

Zu Bauamtsvorständen sind bestellt: die Regierungsbauräte (W) Wiener beim Wasserbauamt Duisburg-Rhein, Dormann beim Wasserbauamt Berlin-Köpenick, Behrends beim Neubauamt Emden.

Unter Übernahme in den Staatsdienst überwiesen: die Regierungsbaussessoren (W) Linz dem Wasserbauamt Gleiwitz, Weiland dem Wasserbauamt Hoya, Brasch dem Wasserbauamt Wittenberge, Gieseler dem Wasserbauamt Potsdam, Willutzki dem Wasserbauamt Eberswalde, Köhler dem Kanalbauamt Bernburg.

Auf Antrag aus dem Staatsdienst ausgeschieden: Regierungsbaurat (W) Dr.-Ing. Hansen beim Wasserbauamt Wesermünde; Regierungsbaussessor (H) Klingbell in Frankfurt a. M.; die Regierungsbaussessoren (W) Wollin beim Neubauamt II Münster und Menze beim Wasserbauamt Berlin.

In den Ruhestand getreten: Oberregierungs- und -baurat (W) Timm bei der Elbstrombauverwaltung in Magdeburg; Regierungs- und Baurat (W) Möhring bei der Regierung in Lüneburg; die Regierungsbauräte (W) Grochtmann, Vorstand des Wasserbauamts Duisburg/Rhein, und Scheel-hase beim Kanalbauamt I Braunschweig; Regierungs- und Vermessungs-rat Dziedzeck bei der Wasserbaudirektion Kurmark in Berlin.

Preußen. Kulturbauverwaltung. Befördert: Regierungs- und Baurat Bartholdi beim R. P. in Liegnitz zum Oberregierungs- und -baurat; die Regierungsbauräte Humburg in Stolp, Badke in Stettin und Sagemüller in Meppen zu Oberbauräten, Greiff beim R. P. in Arnsberg, Lehde beim R. P. in Stade und Lorenzen beim O. P. in Kiel zu Regierungs- und Bauräten; die Regierungsbaussessoren Cludius in Kottbus, Engelke in Frankfurt a. O., Keil in Hagen, Meyer in Stade, Schnuhr in Helde und Schultz in Husum zu Regierungsbauräten.

Versetzt: die Regierungs- und Bauräte Gieseler vom R. P. in Gumbinnen zum R. P. in Stettin, Liczewski vom R. P. in Königsberg i. Pr. zum O. P. in Breslau; die Regierungsbauräte Gies vom Kulturbau-beamten in Trier zum Kulturbau-beamten in Lippstadt, Griesert vom Kulturbau-beamten in Breslau zum R. P. in Königsberg i. Pr., Herbst vom Kulturbau-beamten in Gumbinnen zum Kulturbau-beamten in Osterode i. Ostpr., Dr. Konietzky vom Kulturbau-beamten zum R. P. in Frankfurt a. O., Mithoff vom Kulturbau-beamten in Kassel zum R. P. in Düsseldorf, Roeder vom Kulturbau-beamten in Osterode i. Ostpr. zum Marschenbauamt (Kulturbauamt) in Husum, Schultze vom Kulturbau-beamten in Lüneburg zum R. P. in Trier, Soldan vom Marschenbauamt (Kulturbauamt) in Husum zum Kulturbau-beamten in Neuruppin, Starkowski vom Kulturbau-beamten in Meppen zum Kulturbau-beamten in Lüneburg, Zincke vom R. P. Frankfurt a. O. zum R. P. in Arnsberg; die Regierungsbaussessoren Keiler vom Kulturbau-beamten in Charlottenburg zum Kulturbau-beamten in Stolp, Schultz vom Kulturbau-beamten in Neuruppin zum Marschenbauamt (Kulturbauamt) in Husum.

In den Staatsdienst übernommen unter gleichzeitiger Ernennung zum Regierungsbaurat die Bauassessoren Hendricks in Fulda, Hochegger in Oppeln, Roenspies in Breslau.

In den Ruhestand versetzt: die Oberregierungs- und -bauräte Mayburg beim R. P. in Lüneburg und Niemeier beim R. P. in Stettin.

Verstorben: Oberregierungs- und -baurat Frank beim R. P. in Marienwerder.

Versuchsanstalt für Wasserbau und Schiffbau. Befördert: Regierungs- und -baurat Ehrenberg zum Oberregierungs- und -baurat als Abteilungsleiter.

INHALT: Der Kraftwagen und seine Bewegungsvorgänge als Grundlage der Straßengestaltung. — Neue Erfahrungen über Straßenbau im Moor. — Maßnahmen zur Hemmung senkrechter Verschiebungen der Platten in Betonfahrbahnen. — Die Fugen in den Betonfahrbahndecken der Reichsautobahnen. — Radwegbau. — Einfluß der Straßenbauart auf Geschwindigkeit und Brennstoffverbrauch von Fahrzeugen. — Vermischtes: Die heutigen Probleme im Betonbau. — Eisenbeton und Stahl ersetzen Holzbrücken. — Selbstfahrende Mischmaschine zum Herstellen bituminöser Straßendecken. — Personalmeldungen.

Verantwortlich für den Inhalt: A. Laskus, Geh. Regierungsrat, Berlin-Friedenau.

Verlag von Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin.

Druck der Buchdruckerei Gebrüder Ernst, Berlin.