

# DIE BAUTECHNIK

19. Jahrgang

BERLIN, 23. Mai 1941

Heft 22

Alle Rechte vorbehalten.

## Hubbrücke über einen Kanal.

Von Oberregierungs- und -baurat Pfeiffer.

Innerhalb einer Stadt wird ein Kanal durch eine Fernverkehrsstraße mit sehr starkem Verkehr gekreuzt. Die Zugbrücke (Abb. 1), die vor dem Umbau vorhanden war, hatte nur eine Breite von 6 m für Fahrbahn und Fußgänger. Sie genügte auch nicht den Anforderungen der Lastklasse I. Ferner lag sie nicht im Zuge der Straßenachse, so daß sie in jeder Beziehung ein Verkehrshindernis bildete. Der Kanal wird nur

schädigende Anrampungen erforderlich gemacht hätte. Eine Zugbrücke nach Art der alten Brücke wäre für die vergrößerten Abmessungen und die notwendige Schiefe der Ausführung wenig geeignet gewesen. Auch hätte sie sich schlecht in das Stadtbild eingefügt. Es ist deshalb eine Hubbrücke ausgeführt worden.

Die Brücke verlängert geradlinig die auf der Nordseite auf den Kanal treffende Straße. Durch Beseitigung eines Hauses auf dem Südufer hat die Stadt die geradlinige Fortführung der Straßen- und Brückenachse und ihren Anschluß in flachem Bogen an die Fortführung der Straße ermöglicht (Abb. 2). Die Breite der Fahrbahn entspricht etwa der Breite der von Norden kommenden Straße, sie ist mit 8,5 m dreispurig. Außerhalb der Hauptträger befinden sich zwei 2,25 m breite Fußwege. Um den Fußgänger-verkehr bei gehobener Brücke aufrechtzuerhalten, ist ein 2,25 m breiter fester Fußsteg 4 m über HHW angeordnet, der durch Treppen zu erreichen ist.

Der Baugrund besteht aus Schichten von Geschiebemergel und mehr oder minder tonhaltigen Schluff- und Sand-schichten, die unter dem südlichen Widerlager 4 m und unter dem nördlichen Widerlager 8 m mächtig sind. Unter diesen undurchlässigen Schichten steht Sand an, in dem das Grundwasser artesische Spannung hat, die bis 1,5 m über den Regelwasserstand des Kanals reicht. Die alte Brücke war offenbar zur Ver-

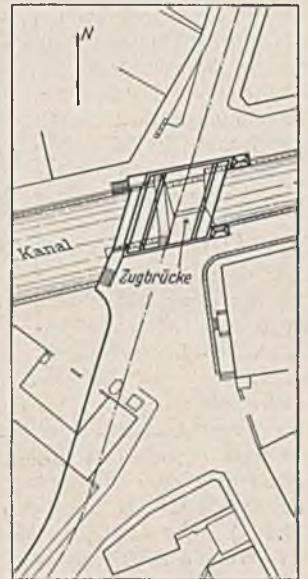


Abb. 2. Lageplan.



Abb. 1. Alte Zugbrücke.

für den Ortsverkehr mit Kähnen von etwa 200 t Tragfähigkeit und von Flößen befahren. Die Brücke braucht deshalb nur selten geöffnet zu werden. Es war daher nicht erforderlich, die bewegliche Brücke durch eine feste zu ersetzen, die für die anschließenden Straßen außerordentlich

die anschließenden Ufermauern auf kurzen Pfählen gegründet. Bei der Gründung des neuen Bauwerks wurde auf Pfähle verzichtet, um eine Durchlöcherung der bindigen Schichten zu vermeiden. Es bestand die Gefahr, daß hierdurch dem gespannten Grundwasser Zutritt zur Baugrube und zum Kanal geschaffen wurde. Daher wurde eine Flachgründung vorgesehen und auch die Länge der Umschließungswand entsprechend beschränkt (Abb. 3). Durch diese Gründungsart sollten auch die hohen Kosten vermieden werden, die bei Rammen von Pfählen in Schluff und tonhaltigen Sanden wegen des großen Widerstandes entstehen, zumal durch das dabei auftretende Stauchen der Pfähle der Wert ihrer Tragfähigkeit zweifelhaft wird.

Die für die Beurteilung des Baugrundes zugezogene Deutsche Forschungsgesellschaft für Bodenmechanik hatte bei dem nördlichen Widerlager aber auf die Möglichkeit einer starken Setzung infolge der Beschaffenheit des Untergrundes hingewiesen. Da die errechnete Bodenpressung von 2,44 kg/cm<sup>2</sup> trotz des verhältnismäßig breiten Widerlagergrundbaues an der flußseitigen Vorderkante erheblich höher war als an der Hinterkante, bestand die Gefahr, daß sich das Widerlager auf der Flußseite vorneigte. Hierdurch hätte eine Störung in den Bewegungs-vorrichtungen der Hubbrücke hervorgerufen werden können. Es wurde deshalb eine Gitterwandübergangsplatte der Bauart Schroeter<sup>1)</sup> an-

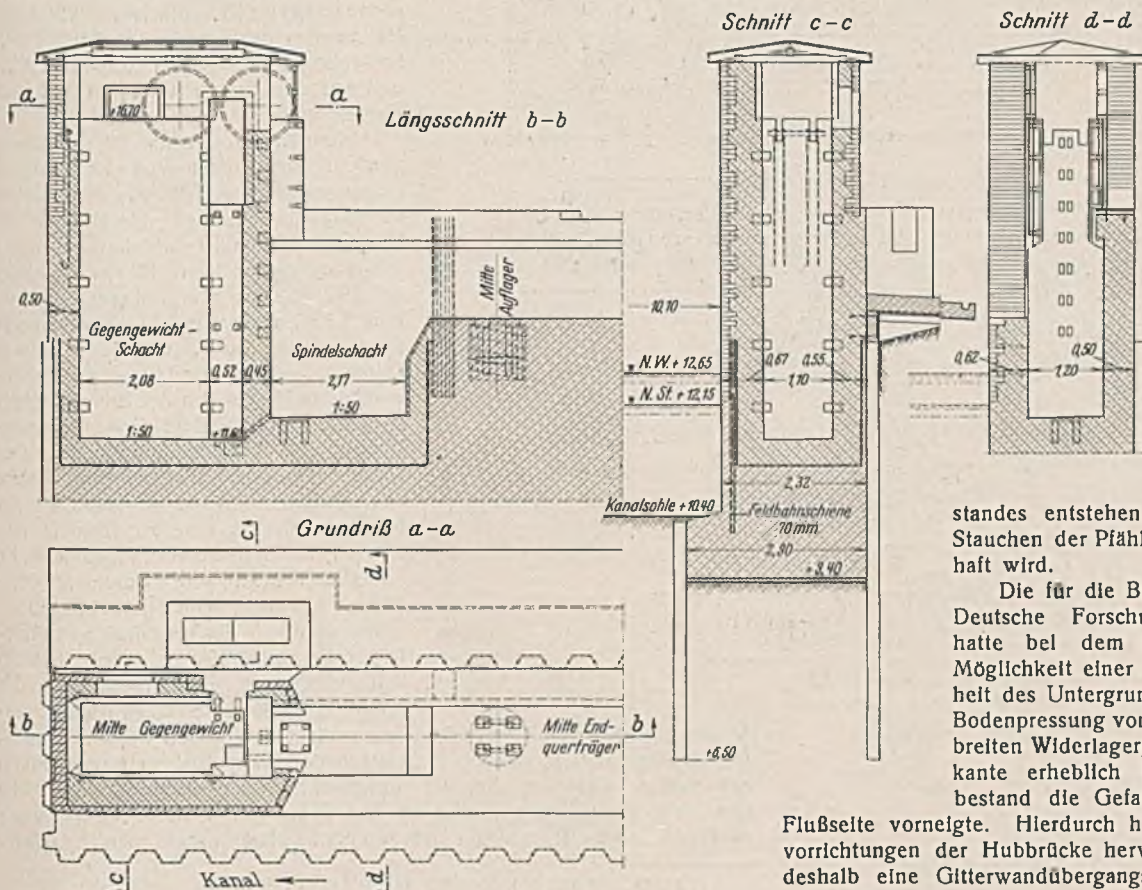


Abb. 3. Widerlager mit südöstlichem Hubturm.

<sup>1)</sup> DRP. 561 822. B. u. E. 1935, S. 222.

geordnet (Abb. 3). Hierdurch wurde eine ziemlich gleiche Bodenpressung unter der Bausohle erzielt, die nicht viel über 1 kg/cm<sup>2</sup> liegt. Setzungserscheinungen konnten demgemäß auch bisher nicht beobachtet werden. Durch die Anbringung der Schroeterschen Platte wird auch erreicht, daß die Schüttung unter dem Pflaster unmittelbar hinter dem Widerlager geringer wird und daß dadurch bei Setzungen anstatt eines Sprunges ein allmählicher Übergang von der Brücke zur Straße geschaffen wird. Die bauliche Ausbildung der Einzelheiten des Grundbaues der Widerlager und Hubtürme ist aus Abb. 3 zu ersehen, in der der südöstliche Hubturm nebst Widerlager als Beispiel dargestellt ist.

Die Baugruben sind durch eine Larssen-Spundwand, Größe II, umschlossen. Im Hinblick auf die oben begründete geringe Tiefe der Spundwände mußte die Baugrube in zwei Ebenen abgesteift werden. Da die Sohle des Gegengewichtskellers unter den Regelstau zu liegen kommt, ist auf dem eigentlichen Grundmauerwerk eine Dichtungsschicht von zwei Lagen getränkter Wollfilzplatte mit drei Bitumenanstrichen aufgebracht, die senkrecht bis über den höchsten Wasserstand hinaufgezogen ist (Abb. 4). Der Grundbau und das aufgehende Mauerwerk, das wegen der geringen Stärke der Wand auch die Ziegelverblendung aufzunehmen hat, ist, soweit erforderlich, durch Eiseneinlagen gesichert. Es ist aus

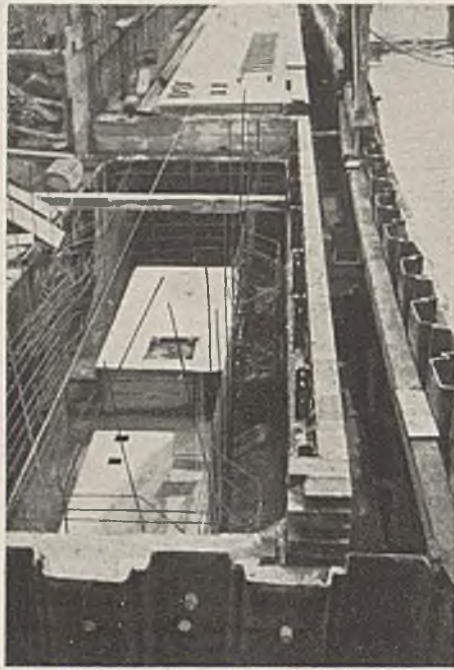


Abb. 4. Dichtung und Eiseneinlagen eines Gegengewichtschachtes.

weichem Beton von einem Raumteil Zement und sechs Raumteilen Kies sand hergestellt. Für die 2,10 m breiten Auflagerbänke für die Brücke ist ein stark bewehrter Eisenbeton im Verhältnis von einem Raumteil Zement zu vier Raumteilen Kies ausgeführt, wobei für den letzteren zwei Raumteile mit einem größeren Korndurchmesser und ein Raumteil mit einem kleineren Korndurchmesser als 7 mm vorgeschrieben waren.

Die Ansichtflächen der Pfeiler und Türme haben Klinkerverblendung erhalten, die in der Gegend heimisch ist und dem Ganzen ein gutes Aussehen gibt. Die westlichen Hubtürme sind durch die Fußgängerbrücke überdeckt, die östlichen Türme haben flache Ruberoiddächer erhalten, so daß sie die Gesamtwirkung der Brücke nicht beeinträchtigen (Abb. 10). Unter der südlichen Brückentreppe sind Betriebsräume eingebaut. Da die Brückentreppen nicht mit auf dem Hauptgrundbau untergebracht werden konnten, mußten sie, um ein Setzen zu verhindern, zum Teil auf kurze Pfähle gesetzt werden.

Der Überbau der Hubbrücke, dessen Einzelheiten aus Abb. 5 zu ersehen sind, besteht aus St 37 und ist bei zum Teil geschweißten Stäben genietet. Um das Eigengewicht möglichst gering zu halten, ist für die Fahrbahn ein Trägerrost unter ebenen Blechen vorgesehen; auf dem gemäß dem Patent des Geheimrats Dr.-Ing. e. h. Schaper<sup>2)</sup> Stahldrahtgewebe aufgeschweißt ist. Auf dem Quadratmeter sind 12 Punktschweißungen ausgeführt, dabei sind zwischen Blech und Gewebe Eisenklötzchen von 15 x 23 x 40 mm zwischengeschaltet (Abb. 6). Auf das Blech ist eine 4 cm starke Asphaltbetonschicht aufgebracht, die sich mit dem Stahldrahtgewebe verbindet. Nach ihrem Erkalten ist sie mit einer 3 cm starken Hartgußasphaltschicht überdeckt worden. Die Fußwege haben nur eine 2 cm starke Gußasphaltschicht über 10 cm starkem Eisenbeton erhalten. Die Fahrbahn hat sich im Betriebe sehr gut bewährt.

Die Querträger sind winkelmäßig zu den Hauptträgern und die Längsträger gleichlaufend dazu angeordnet. Wegen der Schiefe der Brücke mußten als Verbindung der Auflagerpunkte der Hauptträger schräge Endquerträger eingebaut werden, die die Enden der Längsträger und in ihrer Mitte einen halben Querträger aufzunehmen haben. Der Endquerträger (Abb. 7) besteht aus zwei Blechbalken, die in 340 mm Abstand mit senkrechten und waagerechten Blechen miteinander verbunden sind. Die Stehbleche sind seitlich über die Fußwege hinaus so weit auskragend verlängert, daß an ihnen die Seitlöcher der beiden Tragselle angreifen können und zwischen ihnen das Auflager der Brücke auf der Spindelschraube gefaßt wird.

Unter den Hauptträgern befinden sich die Lager zur Aufnahme der Verkehrslasten und des unten angegebenen Übergewichts. Sie bestehen aus Stahlgußlagern mit quadratischem ebenen Lagerstuhl, auf dem die Lagerplatte mit einer Kugelfläche von 2200 mm Halbmesser ruht, indem sie ihn bei den beweglichen Auflagern mit zwei Backen und bei den festen Auflagern mit vier Backen umfaßt.

Für den Hubvorgang ist das Eigengewicht der Brücke von 102 t durch Gegengewichte aus gußeisernen Platten so ausgeglichen, daß die Brücke ein Übergewicht von 3 t hat. Jedes Gewicht wiegt durchschnittlich 25 t und hängt an zwei Seilen von 38 mm Durchm. und 1,75 mm Drahtstärke, die über je zwei Seilrollenpaare von je 1138 mm Durchm. geführt sind, an den oben erwähnten Kragenden der Endquerträger angreifen und in dem Gegengewichtschacht auf- und abgleiten können. Der Durchmesser der Seilrollen ist das 30fache des Seildurchmessers. Es ist dies ein Mindestmaß, um eine zu schnelle Abnutzung der Seile zu vermeiden (Abb. 8).

Die Brücke wird durch Spindeltrieb gehoben. Die Spindeln sind an überkragenden Enden der Seilrollenträger in einem Kugelabschnitt beweglich aufgehängt. Das untere Ende der Spindeln ist längsverschieblich in Spurlagern gefaßt, die mit Stellschrauben seitlich verschoben werden können.

Die Auflagerplatten, die die Kragenden der Endquerträger tragen, ruhen auf einem von der Spindel durchbohrten Kugelabschnitt. Neben den drei beweglichen Auflagern der Brücke sind unter dem Kugelabschnitt noch Rollenlager vorgesehen. Die untere Auflagerplatte

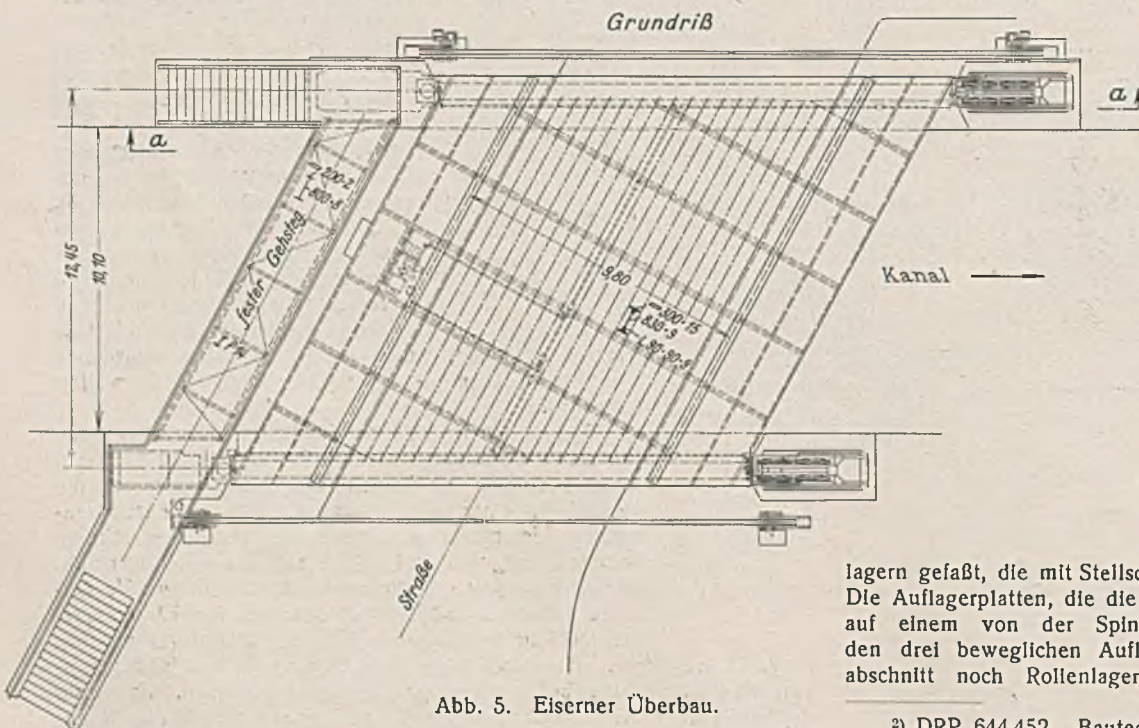
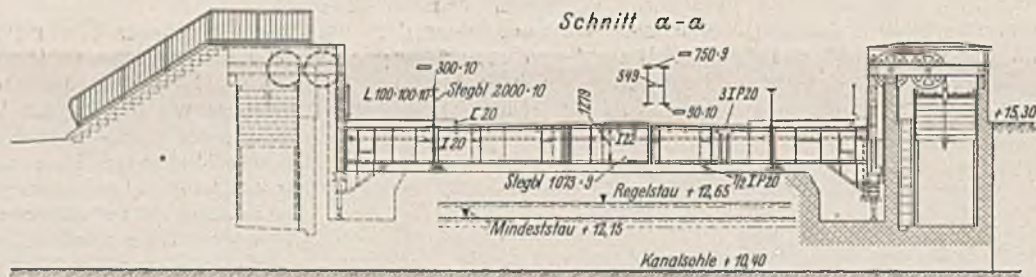


Abb. 5. Eiserner Überbau.

<sup>2)</sup> DRP. 644 452. Bautechn. 1938, Heft 45, S. 612.



Abb. 6. Aufschweißen des Baustahlgerüsts.

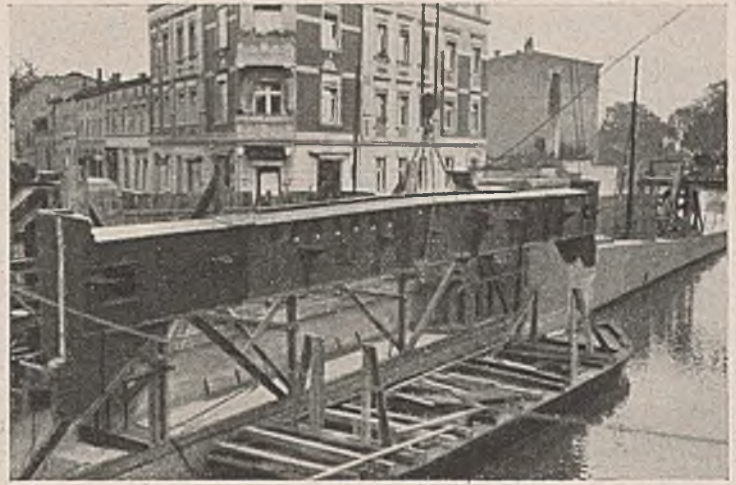


Abb. 7. Herausheben des Endquerträgers aus einem Prahm.

überträgt ihre Last in beiden Richtungen der Achse mit Kugellagern auf die bronzene Spindelmutter. Die Spindeln können bei 100 mm Kerndurchmesser bei abgehängten Gegengewichten die ganze Last der Brücke aus Eigengewicht aufnehmen. Das selbsthemmende Gewinde wird oberhalb der Mutter durch ausziehbare Rohre gegen Verschmutzen geschützt (Abb. 8).

Beim Heben wird die Brücke durch die Spindelmutter nach oben gedrückt. Bei Belastung mit Schnee oder Straßenschlamm ist das Übergewicht der Brücke größer als die Reibung. Sie ist daher bestrebt, die unterste Lage anzunehmen. Nur bei Trockenheit, also bei Fehlen jeder Belastung, muß die Brücke mit geringer Kraft nach unten gezogen werden. Bei Erreichen der untersten Stellung können sich dann die Spindeln

etwas anheben, da sie oben durch Federn befestigt sind. Hierdurch wird erreicht, daß die Verkehrslasten nur die Hauptlager beanspruchen.

Die Brücke ist in 80 sek um 2,4 m zu heben. Außer dem Übergewicht der Brücke von 3 t ist eine Schneelast von 25 kg/m<sup>2</sup> und ein Winddruck von 50 kg/m<sup>2</sup> in Richtung der Kanalachse für die Führungsrollenreibung berücksichtigt. Dabei errechnet sich als erforderliche Höchstleistung eine Kraft von 17,7 PS. Hierfür ist ein Gleichstrommotor der Bauart SSW mit 13 kW Leistung, 1055 Umdrehungen in der Minute und 400 V Spannung als Antrieb unter dem westlichen Fußsteg eingebaut. Er arbeitet auf ein in einem gußeisernen Getriebekasten in Öl laufendes Stirnradvorgelege, und zwar über eine Rutschkupplung, die mittels Backenbremse als Bremsscheibe ausgebildet ist. Durch vier Kegelradvorgelege ist die Antriebswelle über eine Stichwelle zur Verbindungswelle in der Brückenachse und über die Wellen im Endquerträger mit den senkrechten Wellen neben den Spindeln verbunden (vgl. Abb. 5 u. 9). Diese vier Wellen sind an den Brückenstützen und in festen Mutterlagern der Spindel befestigt. Sie übertragen mit Stirnrädern die Bewegung auf die Spindelschraube, auf die Stirnräder aufgesetzt sind. Die Verbindung aller Wellen untereinander bewirkt eine gleichmäßige Bewegung der Brückenecken (Abb. 9). Die Anpassung der Wellen an die Wärmeausdehnung der Brücke wird durch Pendelrollenlager und bewegliche Klauenkupplungen ermöglicht. Die Querführungsrollen für den Brückenhub sind auf der einen Längsseite der Brücke fest und auf der anderen Seite wegen der Wärmeausdehnung gefedert angebracht. Wegen der größeren Ausdehnung in der Längsrichtung sind die Längsführungsrollen nur auf der südlichen Brückenseite, also an zwei Ecken angebracht.

Endschalter begrenzen den Brückenhub in den Endstellungen.

Von Hand wird die Brücke in der Mitte der Fahrbahn von zwei Mann durch einen Tummelbaum bewegt. Die Hebung dauert dabei etwa 22 Minuten. Bei Belastung durch Schnee erhöht sich diese Dauer nur unwesentlich.

Auf dem Widerlager der Brücke sind für jede Verkehrsrichtung besondere Schranken ähnlich den bei den Bahnübergängen zur Sperrung des Straßenverkehrs während der Hebung der Brücke aufgestellt. Jeder Schrankenbaum hat einen besonderen patentierten Antrieb, der elektrisch und von Hand bedient werden kann. Durch ihn wird er in geschlossener Stellung gegen Hochheben und in aufgerichteter Stellung gegen Sturm selbsttätig und zwangsläufig verriegelt. Bei Schließung werden zunächst die verkehrsseitigen Schrankenbäume und nach Räumung der Brücke die anderen Schrankenbäume geschlossen. Die letzteren sind mit Verblockungsschaltern ausgerüstet, die verhindern, daß der Motor für die Bewegung der Brücke vor ihrem Schluß Strom erhält.

Der Hauptschalter für den elektrischen Strom befindet sich in dem Aufenthaltsraum für den Brückenwärter unter der Fußwegtreppe. Erst nach seiner Einschaltung schaltet der Wärter die Antriebe für die Schranken und für die Brücke an dem Schaltschrank an dem westlichen Fußweggeländer ein, von wo er

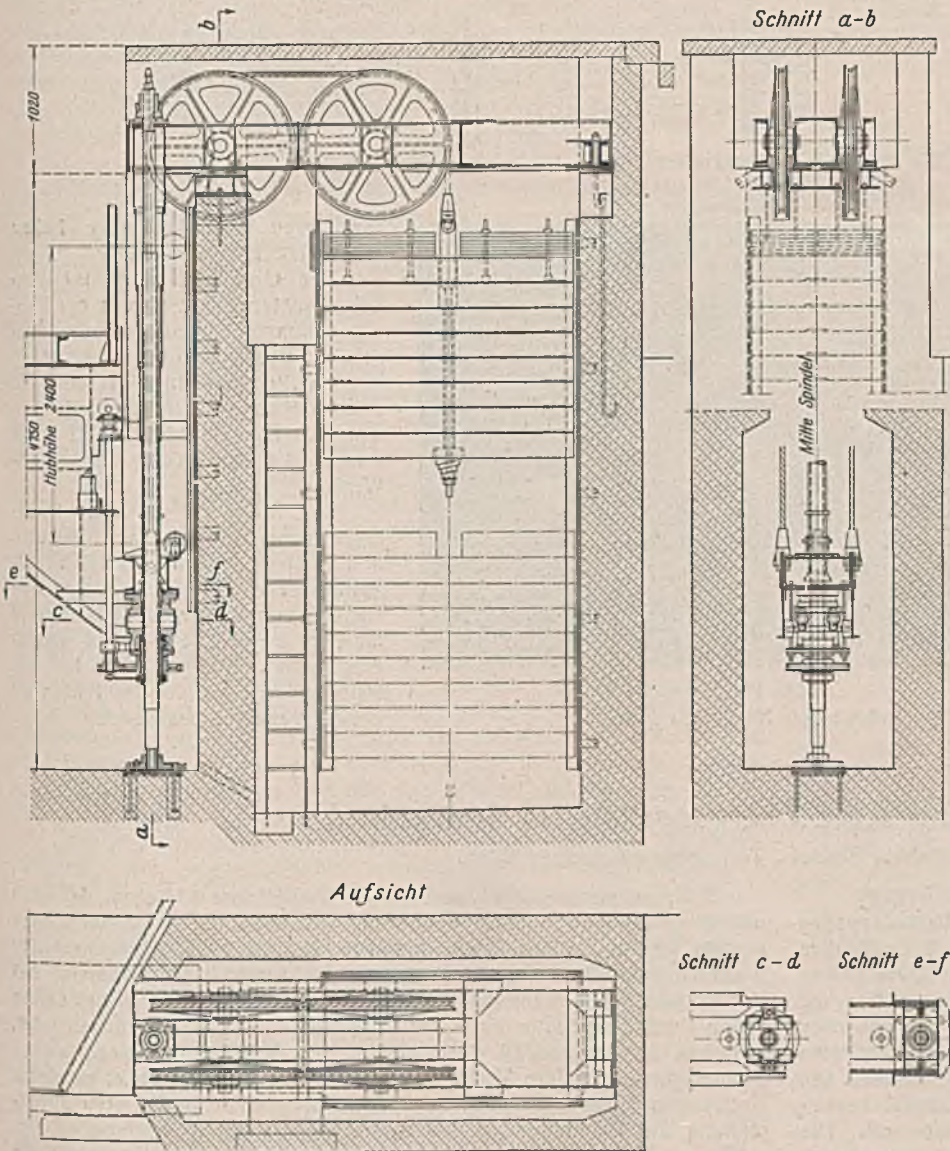


Abb. 8. Spindeltrieb und Gegengewichtsaufhängung.

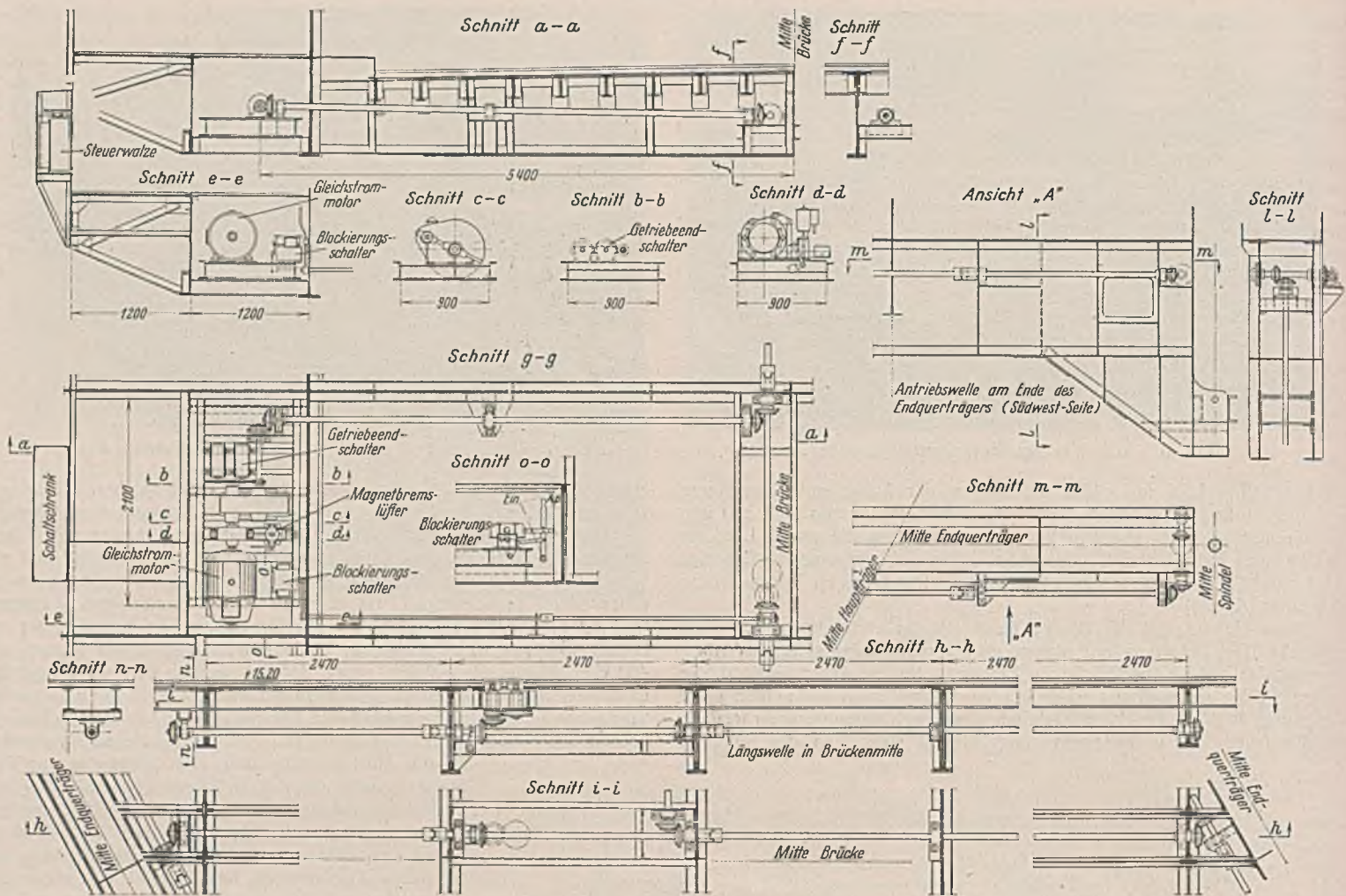


Abb. 9. Antrieb der Hubbrücke.

die einzelnen Bewegungen gut übersehen kann.

Für das Aufstellen des Eisen-tragwerks der Brücke, das in möglichst großen, im Werk fertiggearbeiteten Teilen hergebracht wurde, wurde ein Derrlikran verwendet.

Der Bau ist am 1. September 1936 begonnen. Die Brücke konnte am 4. Februar 1938 dem Verkehr übergeben werden. Abb. 10 gibt die fertige Brücke wieder.

Für die Gründung und die Hubtürme waren 700 m<sup>3</sup> Eisenbeton und Ziegelverblendung erforderlich. Für die Brücken einschließlich der Auflager sind 97 t Stahl, für die Maschinenteile, Drahtseile usw. 27 t Stahl und für die Gegengewichte 73 t Gußeisen verwendet worden. Die Ge-



Abb. 10.  
Fertige Brücke von Nordosten gesehen.

samtkosten der Hubbrücke haben rd. 223 000 RM betragen.

Der Grundbau und das aufgehende Mauerwerk ist von der Bauunternehmung Lamm & Sohn ausgeführt. Das Brückentragwerk und die maschinelle Ausrüstung ist von den Ardetwerken geliefert und aufgestellt worden. Der elektrische Teil dafür stammt von den Siemens-Schuckert-Werken.

Der Entwurf ist von Oberregierungs- und -baurat Steude und Regierungsaurat Jensen aufgestellt. Die Ausführung lag in den Händen von Regierungs- und Baurat Dr.-Ing. Schumacher und Regierungsaurat Willutzki. In der Mittelbehörde wurde der Bau vom Berichtsverfasser bearbeitet.

Alle Rechte vorbehalten.

## Der Kreisbogen und seine Übergangslinie im Straßenbau.

Von Professor Robert Findeis, Technische Hochschule Wien.

### A. Zusammensetzung der Linie aus Geraden und Bogen.

Seit jeher ist man gewohnt, die Linienführung von Verkehrswegen durch Anelnderreihung von Geraden und Bogen zu bilden, wobei außerdem noch der Bogen aus einer (geometrischen) Kreislinie mit an ihrem Anfang und Ende angeschlossenen Übergangslinien bestehen soll. Über die Notwendigkeit solcher Übergangslinien, die im älteren Straßenbau noch nicht eingeführt waren, besteht heute wegen der Anwendung der höheren Fahrgeschwindigkeiten beim Kraftwagenverkehr wohl kein Zweifel mehr. Die Gerade erschien für die älteren Straßen und die Eisenbahn als kürzester Weg, als das natürlich Gegebene und daher als anstrebenswert. Die Zwischenschaltung von Bogen ist aber durch die Geländegestaltung bedingt und daher nicht zu vermeiden.

Während nun bei der Eisenbahn die Verhältnisse so liegen, daß man unbedingt dann eine Gerade ausführen wird, wenn die Möglichkeit dazu besteht, ist das bei den heutigen, vornehmlich für den Kraftwagenverkehr einzurichtenden Straßen nicht ebenso selbstverständlich. Während bei der Eisenbahn die Lenkung der Fahrzeuge durch den Lauf auf einem festen Gleis bestimmter Form hervorgerufen und somit erzwungen wird, bestehen für das gemäß dem Willen des Wagenlenkers gesteuerte Straßenfahrzeug andere Verhältnisse. Hier erfordert die Fahrt in einem Kreisbogen ebenso die möglichste Einhaltung einer bestimmten Mittelstellung des Lenkrades (so daß der tatsächlich jeweils bestehende Einschlag der Vorderräder um einen gewissen mittleren Wert schwankt) wie beim Lauf des Fahrzeuges in der Geraden. Ein eigentlicher Lenkvorgang

findet also weder im Kreisbogen noch in der Geraden statt. Lediglich der Übergang erfordert eine Veränderung des Einschlages der Lenkvorrichtung und somit eine Zu- oder Abnahme der Krümmung der Fahrspur nach noch festzustellenden Bedingungen, und dies ist als der eigentliche Lenkvorgang anzusehen.

Flache Krümmungen ( $R > 200$  m) haben, wie schon an anderen Stellen<sup>1)</sup> dargelegt wurde, den Vorteil der verbesserten Sicht auf die vorausfahrenden (bei den Autobahnen) oder entgegenkommenden Kraftwagen (bei Reichs- und Landstraßen). Durch die teilweise seitliche Sicht auf die anderen sich auf der gleichen Fahrbahn bewegendem Wagen kann deren Geschwindigkeit besser beobachtet und geschätzt werden, was für die Ausführung einer Wagenbegegnung (Kreuzung oder Überholung) günstigere Verhältnisse schafft, als in der Geraden. Macht man dann außerdem im sanften Bogen, wie es ja folgerichtig ist, die Querneigung der Fahrbahn einseitig über die ganze Straßenbreite (und nicht, wie es in der Geraden üblich ist, dachförmig gesattelt), so gerät ein überholender, somit schnellfahrender Wagen niemals auf eine unrichtig geneigte Fahrbahn. Schließlicht ist es für alle Wageninsassen angenehmer, wenn der geradeaus gerichtete Blick nicht immer nur auf den Fahrbahnstreifen fällt. Die Landschaft wird beim Fahren in sanfter Krümmung mehr wie ein am Beschauer langsam vorübergleitendes Bild wirken. Auch wird sich eine sanft gekrümmte Straße zwangloser, somit „natürlicher“ ins Gelände einfügen, so daß der Kunstkörper der Straße sich nicht als Störung des Naturbildes auswirkt.

Flache Krümmungen sind also im Straßenbau fahrtechnisch günstig, auch kann bei ihnen von einer wesentlichen Verlängerung der Fahrbahn nicht die Rede sein. Es spricht also ziemlich alles dafür, längere betonte Geraden, wie sie bisher sich nicht selten finden (Alleen), im Straßenbau zu vermeiden und durch schwache Krümmungen in wechselnder Folge zu ersetzen.

Für die praktische Linienführung sind daraus die folgenden Schlüsse zu ziehen. Für den ersten Entwurf wird man zunächst in gewohnter Weise die Kreisbogen dadurch wählen, daß man zeichnerisch durch Versuch ihre Lage (mittels Kreislehren) in einem Plan festlegt und die sich ergebenden Tangenten bestimmt. Ergeben sich längere Zwischengeraden, so wird man den Entwurf durch Wahl anderer Krümmungsverhältnisse, Schwenken der Tangenten oder Einschalten sanfter Bogen statt längerer Geraden derart abändern, daß nur kurze Zwischengeraden von etwa 20 m Länge verbleiben. Die Querneigung wird dann im Bogen einseitig auszuführen und bis ungefähr in die Mitte der Geraden fortzusetzen sein. Dachförmige Ausführung wäre am besten ganz zu vermeiden.

Als Rundmaße für die Kreisbogen wählt man in der Regel die bekannten abgerundeten Zahlen (25, 30, 40, 50 usw.), weil man für sie in den Absteckbüchern die nötigen Angaben findet und weil man für das Zeichnen im Lageplan (Schichtenplan) nur gewisse Kreisbogenlehren vorrätig hat. Andere Maße sind nur ganz ausnahmsweise anzuwenden. Dann muß man sich eben durch Berechnung der zunächst bloß geometrisch gegebenen Größen helfen. Die Führung der Linie wird aber auch weiter stets eine Kunstfertigkeit bleiben, die niemals durch Anwendung starrer Regeln ersetzt werden kann. Durch Kenntnisse und Erfahrungen wird diese Kunstfertigkeit erworben.

Bei der Bemessung des Krümmungshalbmessers bestand bisher die Sorge, daß die Fliehkraftwirkung bei höherer Fahrgeschwindigkeit und bei begrenzter Querneigung der Fahrbahn sich wegen des Abgleitens bei schlüpfriger Oberfläche gefährlich auswirken könnte. Durch Anordnung von „Leitstreifen“ am Außenrand der Fahrbahn<sup>2)</sup> kann aber die Bogenfahrt auch für schärfere Krümmungen hinreichend sicher gestaltet werden, so daß man in der Wahl des Krümmungsmaßes bei der Planung von Straßen größere Freiheit hat, als bisher angenommen wurde. Es besteht nun im scharfen Bogen infolge der verminderten Sicht zweifellos ein gewisses Bedürfnis nach Herabminderung der Fahrgeschwindigkeit. Diese Notwendigkeit ergibt sich aber nicht aus der Fahrt im reinen Kreis, sondern hauptsächlich aus den Vorgängen und Verhältnissen, die sich beim Einfahren und Ausfahren aus dem Kreise, das heißt im „Übergang“ ergeben.

Über die zugehörige Übergangslinie von der Geraden zu einem Kreisbogen von gewähltem Krümmungsmaß besteht aber in Fachkreisen noch nicht eine so vollkommene Klarheit, wie sie für die sichere Anwendung der bereits gewonnenen Erkenntnisse notwendig ist. Auch müssen diese Erkenntnisse noch in so einfacher Form zusammengefaßt werden, daß das Ergebnis im Gedächtnis haften bleibt und jede einschlägige Aufgabe ohne neuerliches Durcharbeiten des Schrifttums gelöst werden kann.

Die nachfolgenden Ausführungen stellen einen Versuch zu einer solchen Zusammenfassung dar.

<sup>1)</sup> Dr. Hanke r, Zur Linienführung der Großkraftwagenstraßen. Verkehrstechn. Woche 1934, S. 257.

<sup>2)</sup> Findeis, Anregungen für den Ausbau von Gebirgsstraßen. Bau-techn. 1940, Heft 21, S. 241.

## B. Erforderliche Länge des Übergangsbogens.

### α) Allgemeine Verhältnisse.

Für den Übergang von einer Geraden in eine nach einem Kreisbogen geformte Fahrbahn ist, wie schon ausgeführt wurde, ein gewisser Lenkvorgang notwendig, der sich auf eine bestimmte Fahrbahnlänge ( $l$ ) und eine dazugehörige Fahrzeit ( $t$ ) bezieht und schon im Übergangsbogen mit einer auch im reinen Bogen einzuhaltenen Fahrgeschwindigkeit ( $v$ ) vorgenommen werden muß. Da aber auf der anderen Seite des Kreisbogens wieder ein gleicher Übergang für die Ausfahrt angewendet werden muß, um dort den umgekehrten Lenkvorgang zu bewerkstelligen, ist die Fahrgeschwindigkeit ( $v$ ) bis zum Eintritt in die Gerade beizubehalten. Der Lenkvorgang selbst besteht aus der Herstellung eines „Einschlages“ der Vorderräder, der dem Verdrehen des Lenkrades der Steuerung entspricht. Er bewirkt eine Bogenfahrt von einem entsprechenden Rundmaß ( $\rho$ ).

Wird die Änderung der Krümmung nach der Zeit in einem Schaubild dargestellt, so erhält man das sogenannte „Krümmungsbild“ (Abb. 1). Die geradlinige Krümmungszunahme entspricht einer gleichbleibenden Winkelgeschwindigkeit beim Drehen des Lenkrades.

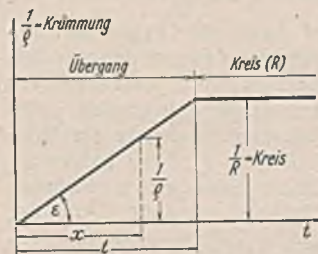


Abb. 1. Krümmungsbild.

Über Kräftewirkungen bei der Fahrt im Übergang von der Geraden zum Kreis geben Abb. 2a u. 2b Aufschluß. Mit zunehmender Krümmung ( $\frac{1}{\rho}$ ) entsteht bei der Fahrt mit einer Geschwindigkeit ( $v$ ) eine Fliehkraft ( $F$ ) von der bekannten Größe

$$F = \frac{M v^2}{\rho}$$

Setzt man sie mit dem Wageneigengewicht ( $G$ ) zusammen, so entsteht eine Mittelkraft ( $\mathfrak{H}$ ), die unter dem Winkel  $\gamma$  gegen die Lotrechte geneigt ist. Nimmt also im Übergang die Krümmung von  $\frac{1}{\infty}$  bis  $\frac{1}{R}$  zu, so pendelt die Mittelkraft aus der Lotrechten in eine schiefe Stellung gemäß dem Winkel  $\gamma$ . Wird nach Abb. 2a die volle Fliehkraftwirkung durch Schiefstellen des Wagens aufgenommen, dann erhalten die Wagenräder gleichmäßigen Druck, und es findet keine besondere Einwirkung auf Insassen oder Wagenladung statt. Kann aber die Schiefstellung des Wagens nach Abb. 2b gemäß dem Winkel  $\beta$  nur einem Teil der Fliehkraft entgegenwirken, dann bleibt ein Fliehkraftrest ( $F_r$ ), der sich in einem Zusammendrücken der Wagenfedern an der Bogenaußenseite, einem Anpressen der Wageninsassen oder der Ladung an die Wagenwand und schließlich einer quer zur Fahrbahn wirkenden Kraft, die

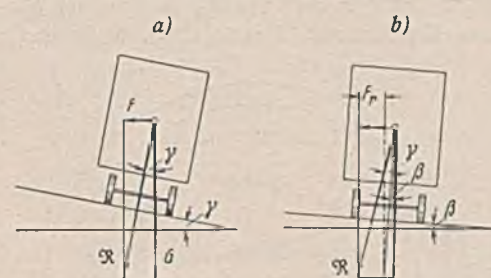


Abb. 2.

durch die Fahrbahnreibung aufgehoben wird, auswirkt. Dabei entsteht auch eine unerwünschte Verformung der Radreifen.

Die gesamte Fliehkraftwirkung kommt aber jedenfalls durch die Größe des Winkels  $\gamma$  zum Ausdruck. Hierbei wird es eine stärkste Schiefstellung der Mittelkraft geben, die als noch erträglich empfunden wird ( $\gamma$ ). Ferner wird es sich darum handeln, ob das Auspendeln der Mittelkraft aus der Lotrechten sehr rasch vor sich geht, oder nicht, weil sich danach die Möglichkeit der Abwehrbewegung der Insassen richtet. Es wird also auch auf das Maß ( $\varphi$ ) der sekundären Abweichung von  $\mathfrak{H}$  gegen die Lotrechte ankommen. Die Größe von  $\gamma$  und  $\varphi$  ist nun wohl nach Bauart des Wagens und Unterbringung der Ladung verschieden. Große Spurweite und tiefe Schwerpunktlage wirken hierbei günstig; Beförderung stehender Personen oder lebender Tiere ungünstig. Es können als Maße für  $\gamma$  etwa 20 bis 30% und für  $\varphi$  etwa 8 bis 10% gelten. Besonders geübte Fahrer (Sportler) werden jedoch auch noch 40% oder 12% als angemessene Größen empfinden. Für den Ausbau von Straßen sind die unteren Grenzen ( $\gamma = 20\%$  und  $\varphi = 8\%$ ) als vorsichtig gewählte Größen anzusehen.

Es bestehen nachfolgende Beziehungen, wenn  $M$  = Masse des Fahrzeuges und  $g = 9,81$  m/sek die Fallbeschleunigung ist:

$$\frac{M v^2}{R} = M g \cdot \operatorname{tg} \gamma.$$

$$(1) \quad \gamma = \operatorname{tg} \gamma = \frac{v^2}{g R}$$

$$\varphi = \frac{\gamma}{t} = \frac{\gamma v}{l} \quad l = v t = \frac{\gamma v}{\varphi}$$

und mit Gl. (1)

$$(2) \quad l = \frac{1}{\varphi g} \cdot \frac{v^3}{R}.$$

β) Zunehmende Übergangslängen.

Gl. (2) besagt, daß die Länge der Übergangslinie, die entsprechend einer mäßigen und daher erträglichen sekundlichen Auspendelung ( $\varphi$ ) der Mittelkraft ( $R$ ) gegen die Lotrechte erforderlich ist, von  $v^3$  und  $R$  abhängig ist, während  $\left(\frac{1}{\varphi g} \sim \frac{100}{80}\right)$  ein unechter Bruch von bestimmter

Größe ist. Die Fahrgeschwindigkeit  $v$  wird durch die „Fahrweise“ bestimmt, die sich daraus ergibt, daß der Fahrer im Bogen den vor ihm liegenden Fahrbandrand unausgesetzt beobachten muß, um daraus den Rückschluß auf die zu durchfahrende Krümmung ziehen zu können. Wird zunächst angenommen (Abb. 4), daß das Fahrzeug (1) sich in der Mitte des Fahrbandstreifens von der Breite  $b$  befindet, so wird der Fahrer die Wahrnehmung machen, daß sein geradeaus in der jeweiligen Fahrtrichtung verlaufender Blick den Fahrbandrand im Punkt 2 schneidet. Aus der Länge der „Sichtstrecke“ ( $S = 12$ ) und durch Vergleich dieser Geraden mit dem Fahrbandrand kann er nach Augenmaß und gemäß seiner Fahrgeschicklichkeit einen sicheren Schluß auf die Krümmung ziehen, die er im nächsten Augenblick zu durchfahren hat.

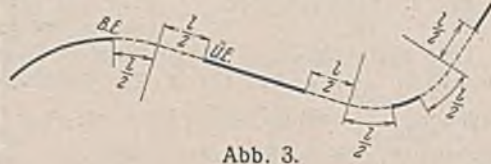


Abb. 3.

Er wird auch nicht auf den Punkt 2 losfahren, sondern seinen Einschlag beibehalten, damit er um  $\frac{b}{2}$  rechts von 2 zum Punkt R kommt. Über R hinaus fehlt ihm aber eine genaue Vergleichsmöglichkeit der Fahrbahn, auch wenn er sie noch übersieht, weil sie dann schon stark schräg — also förmlich quer — zu seiner Blickrichtung liegt. Die Strecke  $1R$  ist für ihn „fahrtechnisch erkundet“ oder „gesichert“. Würde somit die Fahrbahn vom Punkt R eine andere Krümmung als die bisher befahrene haben, so müßte er von diesem Punkt R ab seinen Einschlag ändern. Dies kann er aber nur dann, wenn er bei der Fahrt in der noch gesicherten Strecke  $1R$  bereits die eingetretene Verkürzung der „Sichtstrecke“ von  $S_R$  in das Maß  $S_r$  während einiger Zeit ( $t_e$ ), der Entschlußzeit (Reaktionszeit), beobachtet hat. Diese Zeit wird für jeden Fahrer nach seiner Beobachtungsgabe (Reaktionsfähigkeit) ein bestimmtes Ausmaß haben. Versuche darüber sind kaum vorhanden, doch ist es berechtigt, um überall die gleiche Fahrsicherheit zu gewährleisten, die „Entschlußzeit“ stets mit dem gleichen Wert  $t_e$  anzusetzen.

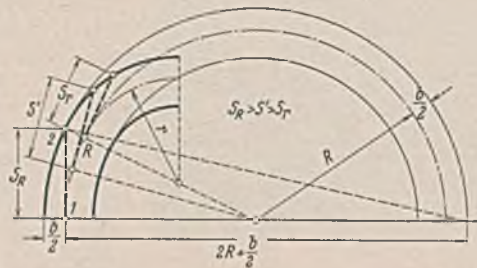


Abb. 4. Länge der Sichtstrecke.

Dann ist die Länge der „Sichtstrecke“ aus Abb. 4:

$$S = \sqrt{\frac{b}{2} \left( 2R + \frac{b}{2} \right)}$$

und da  $\frac{b}{2}$  gegen  $2R$  vernachlässigt werden kann,

$$S = \sqrt{b} \cdot \sqrt{R}.$$

Die Zeit ( $t$ ) zum Durchfahren dieser Strecke ist

$$t = \frac{S}{v} = \frac{\sqrt{b}}{v} \cdot \sqrt{R}$$

$$(3) \quad v = \frac{\sqrt{b}}{t_e} \cdot \sqrt{R} = a \sqrt{R} \text{ m/sek}$$

$t = t_e$  (geschätzt 1 bis 1,5 sek)

$$(4) \quad V = \frac{3,6 \sqrt{b}}{t_e} \cdot \sqrt{R} \text{ km/h}$$

z. B. Fahrstreifenbreite  $b = 4$  m,  $t_e = 1,4$  sek.

$$(5) \quad V = 5 \sqrt{R}.$$

Gl. (3) besagt, daß die zulässige Fahrgeschwindigkeit auf einer kreisförmigen Bahn verhältnismäßig mit  $\sqrt{R}$  zu regeln ist, damit überall genug Entschlußzeit zur Veränderung des Einschlags gegeben ist, wobei die Fahrt außerdem um so langsamer auszuführen ist, je kleiner die zur Verfügung stehende Fahrbandbreite ist; oder anders gesagt, je näher das Fahrzeug bereits an den Straßenrand herangekommen ist. Tatsächlich kann man mit einem Fahrzeug (z. B. einem Omnibus) nicht mit Sicherheit auf einem Weg fahren, dessen Fahrbandbreite bloß gleich der Spurweite wäre, weil man den Straßenrand immer nur seitlich der geraden Blickrichtung sieht.

Diese Erkenntnisse stimmen mit der Erfahrung hinreichend gut überein, um annehmen zu können, daß die hier versuchte mathematische Erfassung der Beobachtungsverhältnisse zutreffend ist. Außerdem ist eine solche Fahrweise nach Gl. (3), da sie vom Willen des Fahrers beeinflusst wird, ohne weiteres möglich. Eine Anpassung der Fahrgeschwindigkeit nach  $\sqrt{R}$  bedeutet eine „mäßige“ Abänderung, da sich die Quadratwurzeln der aufeinanderfolgenden Zahlen weniger rasch ändern als diese selbst.

Faßt man nunmehr Gl. (2) u. (3) zusammen, so erhält man

$$(6) \quad l = \frac{1}{\varphi g} \cdot \frac{a^3 R \sqrt{R}}{R} = \frac{a^3}{\varphi g} \cdot \sqrt{R} = Q \sqrt{R}.$$

Die notwendigen Übergangslängen nehmen also gleichfalls mit  $\sqrt{R}$  zu. Da diese Beziehung meistens praktisch ausführbare Übergangslängen ergeben wird, weil es wahrscheinlich ist, daß in einem Gelände, wo größere Halbmesser  $R$  anwendbar sind, auch größere Längen  $l$  oder  $\frac{l}{2}$  untergebracht werden können (Abb. 3), so wird man für die den Rundmaßen ( $R$ ) zugeordneten Übergangslängen ( $l$ ) Zahlenwerte annehmen, die ebenfalls mit  $\sqrt{R}$  steigen, solange für die (kleineren und kleinsten) Halbmesser noch das Gesetz  $v = a \sqrt{R}$  gilt.

Da aber aus Gl. (2) ohne weiteres zu ersehen ist, daß sie immer erfüllbar ist, wenn man mit der Geschwindigkeit ( $v$ ) auf jenen Wert heruntergeht, der der Auflösung der Gl. (2) entspricht:

$$(7) \quad V = \sqrt[3]{\varphi g l R},$$

so kann man für die Übergangslängen ( $l$ ) feste Werte annehmen und gemäß Gl. (6) für  $Q$  einen abgerundeten Wert annehmen. Ein vorsichtiger Fahrer wird eben bei der Einfahrt in einen Bogen nach seinem Willen die Geschwindigkeit vermindern und gefühlsmäßig imstande sein, der Länge des vorhandenen Übergangs entsprechend zu fahren. Tatsächlich können geübte Lenker auch sogar auf ganz unregelmäßig angelegten Wegen mit entsprechender Sicherheit und unter Erzielung genügend erträglicher Fahrverhältnisse fahren. Man braucht sich somit keineswegs sklavisch an die bloß als Anhaltspunkte angegebenen Beziehungen nach Gl. (6) halten.

γ) Abnehmende Übergangslängen.

Bei zunehmender Verflachung eines Bogens braucht die Geschwindigkeitsverminderung nach dem Gesetz der Gl. (3) jeweils geringer zu sein, und es wird schließlich einen Halbmesser ( $R_1$ ) geben, durch den man bereits mit uneingeschränkter Höchstgeschwindigkeit fahren kann. Darüber würde zwar auch Gl. (4) oder (5) Aufschluß geben. Man kann jedoch auch noch auf andere Weise zu einem solchen Grenzwert von  $R$  gelangen.

Die Höchstfahrgeschwindigkeit wird durch jenen Wert ( $\gamma$ ) gekennzeichnet, der das größte Auspendeln der Mittelkraft ( $R$ ) gegen die Lotrechte darstellt. Aus Gl. (1) ergibt sich:

$$\gamma = \frac{v^2}{g R} = \frac{20}{100}$$

$$V_{gr} = \sqrt{2} \sqrt{R}$$

$$(8) \quad V_{gr} = 3,6 \sqrt{2} \sqrt{R} = 5 \sqrt{R}.$$

Dies wäre etwa derselbe Wert, wie ihn Gl. (5) ergibt, da aber der Wert für  $\gamma$  mit  $\frac{20}{100}$  nicht für alle Wagenarten den genau gleichen Wert hat, so werden auch Werte von

$$V_{gr} = 5 \sqrt{R} \text{ bis } 7 \sqrt{R}$$

berechtigt sein. Es wird jedoch der Vorsicht entsprechen, für die auf längere Strecken einzuhaltenen Höchstgeschwindigkeit das kleinere Maß  $V_{gr} = 5 \sqrt{R}$  nach Gl. (8) festzusetzen.

Für  $R = 250$  m ergibt sich  $V_{gr}$  mit  $5 \cdot 15,8 = 79,0$  km/h, was für gewöhnlich als die Höchstgeschwindigkeit auf Straßen mit gemischtem Verkehr anzusehen sein wird. Bei allen flachen Bogen ( $R > 250$  m) ist

$v$  somit als gleichbleibend anzusetzen, da es nicht mehr möglich ist, sich diesen Krümmungen durch weitere Steigerung der Geschwindigkeit anzupassen.

In dem Bereich  $R > 250$  m folgt daher aus Gl. (2) für  $R > 250$  m:

$$(9) \quad l = \frac{1}{(\varphi g)} \cdot \frac{v^3}{R} = \left(\frac{v^3}{\varphi g}\right) \frac{1}{R} = \frac{K}{R}$$

Die Übergangslängen werden also umgekehrt verhältnismäßig mit dem Rundmaß abnehmen. Beim Rundmaß  $R = 600$  ist die Übergangslänge nur noch 20 m und die Ausmaße werden gemäß Abschnitt C bereits so klein, daß von der Ausführung von Übergangslinien für den Bereich  $R > 600$  m überhaupt abgesehen wird.

3) Zahlentafel 1.

Auf Grund dieser einfachen Überlegungen ist nun in den Spalten 1 und 2 der Zahlentafel 1 ein Vorschlag für die Ausbauweise von Straßen gegeben. Da hier bei allen abgeleiteten mathematischen Beziehungen eine genaue Einhaltung praktisch nicht erforderlich ist, sind die Zahlenwerte so abgerundet, daß sie leicht gehandhabt werden können.

Abszissen und Ordinaten des Übergangsbogens  
Zahlentafel 1

R	l	K=R·l	$\Delta R$ in cm	1000:K
1	2	3	4	5
25	20,00	500	66,7	2,000
30	22,00	660	67,3	1,515
40	26,00	1 040	70,4	0,961
50	28,00	1 400	65,2	0,714
60	30,00	1 800	62,5	0,555
80	34,00	2 720	60,2	0,368
100	36,00	3 600	54,0	0,278
120	38,00	4 560	50,1	0,219
150	40,00	6 000	44,4	0,167
160	42,00	6 720	46,0	0,149
180	44,00	7 920	44,8	0,126
200	46,00	9 200	44,0	0,109
250	48,00	12 000	38,4	0,083
300	40,00	12 000	22,2	0,083
400	30,00	12 000	9,3	0,083
500	24,00	12 000	4,8	0,083
600	20,00	12 000	2,8	0,083

Zahlentafel 2

$x$ in m	$x^2 : 60$	$x$ in m	$x^2 : 60$
6	7	6	7
5	2,08	18	97,20
6	3,60	19	114,32
7	5,72	20	133,33
8	8,53	21	154,35
9	12,15	22	177,47
10	16,67	23	202,68
11	22,18	24	230,40
12	28,80	25	260,42
13	36,62	26	292,93
14	45,73	27	328,05
15	56,25	28	365,86
16	68,27	29	406,48
17	81,88	30	450,00

$$y = \frac{x^3}{6K}, \quad K = R \cdot l, \quad y_{cm} = \frac{100 \cdot x^3 \cdot 1000}{6000 \cdot K} = \frac{x^3 \cdot 1000}{60 \cdot K}$$

$$y_2 = \frac{l^2}{48K}, \quad \Delta R = 2y_2, \quad \Delta R = \frac{l^2}{24R}$$

Bemerkungen:

Zahlentafel 1 enthält die Längen (l) und Kennziffern (K) für die Übergänge zu den Rundmaßen R=25-600m. Für R>600m werden keine Übergangsbogen eingeschaltet.

Da man z. B. sehr häufig die halbe Übergangslänge ( $\frac{l}{2}$ ) braucht, sind für l nur gerade Zahlen verwendet (s. auch Abb. 3). Die gewählten Werte entsprechen für die kleinsten Rundmaße ( $R = 25$ ) etwa der Annahme

$$V = 4,8 \sqrt{R},$$

$$\text{für } R = 250 \text{ m: } V = 5,1 \sqrt{R},$$

während Bogen mit  $R > 250$  m mit der Höchstgeschwindigkeit des Kraftwagens befahrbar sind. Für die Entschlußzeit ( $t_e$ ) wurde 1,4 sek und die verfügbare Fahrstreifenbreite etwa 4,0 m angenommen.

C. Form der Übergangslinie.

Es ist hinreichend bekannt, daß zwischen einer geraden Fahrstrecke ( $R = \infty$ ) und einem Kreisbogen (mit dem Rundmaß R) eine besonders geformte Linie eingeschaltet werden muß, die zunächst die folgenden Bedingungen erfüllen soll. Die Linie soll an ihrem Anfang (ÜA) die kennzeichnenden Eigenschaften (Krümmung und Richtung) der Geraden, an ihrem Ende — also am Anfang des reinen Kreisbogens (BA) — jene des Kreises haben. Oder anders ausgedrückt, sie muß anfangs ebenso gegenüber der Geraden liegen, wie schließlich gegen den Kreis. Eine solche Linie gibt es, und sie kann gefunden werden, indem man aus einer Geraden durch geringfügige Abänderung ihrer Richtung und Krümmung eine neue Linie von der geforderten Eigenschaft ableitet. Wird dann eine ähnliche Ableitung aus dem Kreis durchgeführt, so erhält man zwei Linienäste, die in der Übergangsmitte (ÜM) zusammengestoßen, die Übergangslinie bilden. Gemeinverständlich ausgedrückt wird in der ersten Hälfte des Übergangs eine Gerade soweit gesetzmäßig „verkrümmt“, wie in der zweiten Hälfte ein Kreis „begradigt“ („entkrümmt“) wird, so daß beide in der Übergangsmitte mit gleicher

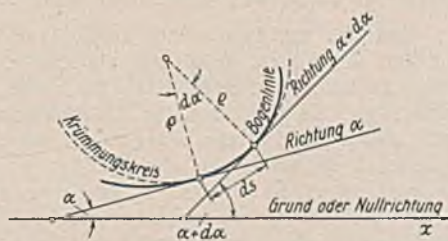


Abb. 5.

Krümmung ( $\frac{1}{2R}$ ) und gleicher Richtung zusammenschließen. Obwohl diese Erkenntnisse bereits an anderen Stellen<sup>3) 4)</sup> ausführlich dargelegt sind, soll der Vollständigkeit halber ihr Ergebnis auch hier zusammenfassend angeführt werden.

Legt man für Kraftwagenstraßen als Änderung der Krümmung ( $\frac{1}{\rho}$ ) im Übergang eine gleichmäßige (geradlinige) Zunahme zugrunde, so liegt das Krümmungsbild (Abb. 6) in der ersten Hälfte (von  $x = 0$  bis  $\frac{l}{2}$ ) spiegelgleich zur Geraden wie in der zweiten Hälfte (von  $x = \frac{l}{2}$  bis l) zum Kreis. Die Gleichung der Linie selbst ergibt sich für die erste Hälfte ( $x = 0$  bis  $\frac{l}{2}$ ) aus dem bekannten Ausdruck für den Krümmungshalbmeser einer gekrümmten Linie:

$$\rho = \frac{(1 + y')^2}{y''}$$

für  $dx = ds \dots y' = 0$

$$\frac{1}{\rho} = y''$$

Das Krümmungsgesetz ist nach Abb. 6:

$$\frac{1}{\rho} = \frac{x}{Rl} \quad y'' = \frac{x}{Rl}$$

(10)

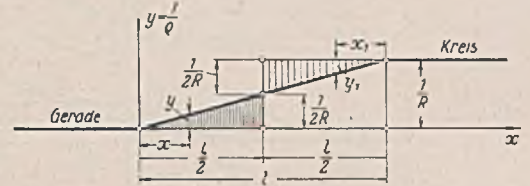


Abb. 6. Krümmungsbild.

$$y' = \frac{x^2}{2Rl}$$

(11)

$$y = \frac{x^3}{6Rl} = \frac{x^3}{6K}$$

Dabei ist  $K = Rl$  der sogenannte Kennwert (Parameter) der als kubische Parabel bekannten Bogenlinie. Die Integrationsunveränderlichen sind für diesen Fall gleich Null.

Die Bedeutung der Gl. (10) kennzeichnet das sogenannte „Richtungsbild“ (Abb. 7), das die Änderung der Richtung der zu suchenden Linie von der Nullrichtung der Geraden darstellt. Dies deshalb, weil nach Abb. 5 für jede Krümmung gilt:

$$\rho d\alpha = ds \cdot dx \quad d\alpha = \frac{1}{\rho} \cdot dx$$

und mit  $\frac{1}{\rho} = y''$

$$d\alpha = \frac{x}{Rl} \cdot dx \dots \int d\alpha = y'$$

(12)

$$\alpha = \frac{x^2}{2Rl}$$

Es läßt sich aus diesen Beziehungen für  $x = 0$  bis  $\frac{l}{2}$  unter Zugrundelegung des Krümmungsbildes der Abb. 6 das Richtungsbild der Abb. 7 und schließlich das Bild der Bogenlinie der Abb. 8 ableiten und zeichnen. In der Strecke  $x = \frac{l}{2}$  bis l ergibt sich aber aus der Spiegelbildlage des Krümmungsbildes gegenüber dem Kreis, daß sowohl das Richtungsbild der Abb. 7 als auch das Bild der Bogenlinie der Abb. 8 nach demselben Gesetz aus dem Kreis abgeleitet werden kann wie in der ersten Hälfte aus der Geraden.

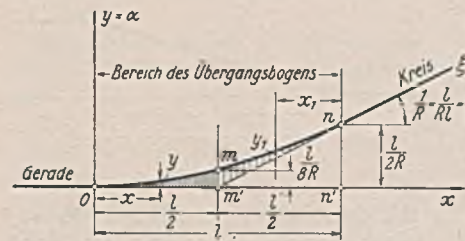


Abb. 7. Richtungsbild.

Die Bogenlinie liegt also, wie eingangs verlangt, anfänglich genau so gegenüber der Geraden wie schließlich gegenüber dem Kreis, und in der Mitte (ÜM) besteht bei beiden Linienästen gleiche Krümmung und Richtung. Die Lage des Kreises gegen die Gerade ist aus Abb. 8 ohne weiteres zu entnehmen. Die Einrückung des Kreises um das Maß  $\frac{l^2}{24R}$  ergibt sich mit  $\frac{l^2}{24R}$ . Die beiden Hälften zusammen decken sich aber nicht mit einer einheitlichen kubischen Parabel von der vollen Abszissenlänge l. Es wird grundsätzlich nur die Gleichung der kubischen Parabel in der Strecke  $x = 0$  bis  $\frac{l}{2}$

<sup>3)</sup> Findels, Der Übergangsbogen, Gleistechn. 1940, H. 15/16, S. 57.

<sup>4)</sup> Findels, Die neue Form des Übergangsbogens im Eisenbahngleis, Org. Eisenbahn 1937, Heft 24, S. 439.

verwendet, wo die Annäherung  $ds = dx$  praktisch bestimmt zutrifft. Man braucht daher die Werte für  $y$  der zweiten Krümmungshälfte gar nicht zu kennen, und damit fallen alle jene Bedenken weg, die dazu geführt haben, eine „genauere Berechnung“ der Übergangslinie einzuführen, die schließlich die „Klothoide“ ergibt. In dem Bereich für  $x = 0$  bis  $\frac{l}{2}$  sind für die bei Straßen tatsächlich vorkommenden Ausmaße die Abweichungen der Klothoide von der kubischen Parabel kleiner als 1 mm. Überdies bewegt sich ein Straßenfahrzeug ohnehin nicht in der mathematischen Fahrbahnachse.

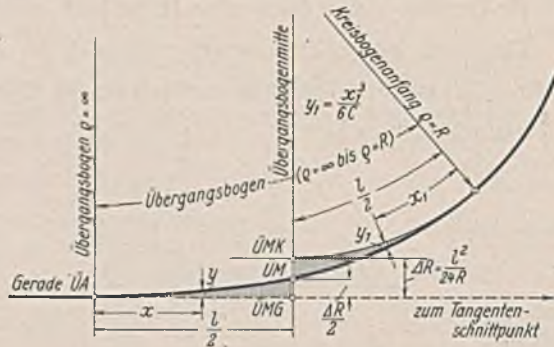


Abb. 8. Übergangslinie.

Die Handhabung der Absteckung nach dem Gesetz der kubischen Parabel (einerseits von der Geraden, andererseits vom Kreis ausgehend) ist denkbar einfach und gibt sofort die Übersicht über die jeweils erforderliche Übergangslänge ( $l$ ), was die Planung sehr erleichtert. Es wird daher für den Straßenbau die Anwendung dieses Gesetzes nach Zahlentafel 1 u. 2 empfohlen.

Die geradlinige Zunahme der Krümmung (nach Abb. 6) entspricht beim Straßenbau einer gleichmäßigen Zunahme des Einschlags der Lenkvorrichtung oder der Vorderräder. Sie ist praktisch ohne weiteres möglich, da alle diese Vorgänge vom Willen des Fahrers abhängen. In letzterer Zeit hat man zwar bei den Eisenbahnen, bei der die Fahrzeuge durch das Gleis (also nicht willensmäßig) gelenkt werden, auch versucht, den Krümmungsverlauf vollkommen stetig zu gestalten, so daß das Krümmungsbild keine Ecken aufweist (Abb. 9). Wenn diese Grundlage gewählt wird, so läßt sich das Gesetz der Parabel vierter Ordnung für die Übergangslinie <sup>3)</sup> ableiten und auch ausführen. Die Berechnungen zeigen jedoch, daß eine solche Ausführungsform nur so wenig von der Übergangslinie nach Vorschlag der Zahlentafel 1 und 2 abweichen würde, daß im Straßenbau hierauf verzichtet werden kann, zumal sich das Fahrzeug nicht in einer festgelegten Spur bewegt, vielmehr alle Fahrvorgänge ohnehin nur gefühlsmäßig beeinflusst werden. Überdies ist es gar nicht wahrscheinlich, daß ein Fahrer seinen Lenkvorgang tatsächlich der Abb. 9 anpaßt, wo er den größten Einschlag überhaupt nur in der Übergangsmitte erreicht, worauf er ihn sofort wieder vermindert. Er wird vielmehr etwa nach Abb. 10 fahren, welche Fahrweise dem gleichmäßigen Einschlag sehr nahekommt.

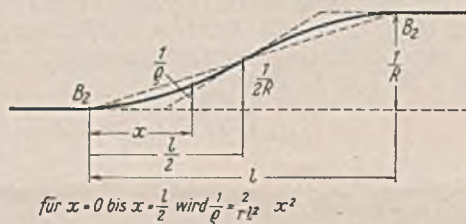


Abb. 9. Stetiger Krümmungsverlauf.

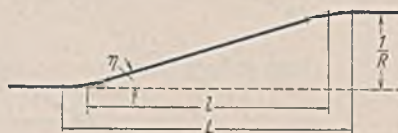


Abb. 10.

#### D. Aufstellung und Handhabung der Zahlentafel 1 und 2.

Da sich aus dem Vorgesagten für verschiedene Rundmaße  $R$  zuerst wachsende, dann (ab  $R = 250$ ) fallende Übergangslängen ( $l$ ) ergeben, so wechselt für jedes Rundmaß auch das  $K = Rl$ , die sogenannte Unveränderliche der Übergangslinie. Die Größe  $K$  wäre daher zutreffender mit dem Worte „Kennzahl“ (Parameter) zu bezeichnen, doch wird es wohl die aus dem Eisenbahnbau übernommene Gewohnheit mit sich bringen, daß sich diese richtige Bezeichnung erst langsam einführen wird.

Trotzdem es sich also um die Verwendung von verschiedenen Werten für  $K$  handelt, ist doch die Handhabung der Gleichung

$$(11) \quad y = \frac{x^3}{6K} \dots K = Rl$$

sehr einfach, denn wie bei allen gekrümmten Linien, die nur eine Kennzahl haben, besteht auch für alle kubischen Parabeln das Gesetz der geometrischen Ähnlichkeit.

Die Abszissen ( $x$ ) werden in ganzen Metern zu berechnen sein, gegebenenfalls ist zwischenschalten. Hingegen sind die Ordinaten ( $y$ ) größenordnungsmäßig nur in Zentimetern auszudrücken, da sie nur für den Bereich  $x = 0$  bis  $\frac{l}{2}$  (für 0 — 20 m) gebraucht werden und sich daher nur kleine Maße ergeben.

$$(13) \quad y^{cm} = \frac{100x^3}{6000} \cdot \frac{1000}{K} = \frac{x^3}{60} \cdot \left(\frac{1000}{K}\right).$$

Die Form (13) wird deshalb gewählt, weil  $K$  entweder nahe an 1000 oder ein Vielfaches davon ist, so daß  $\frac{1000}{K}$  eine für die Rechenarbeit handliche Zahl ergibt. Die Größen  $\frac{x^3}{60}$  sind in Zahlentafel 2 angegeben.

Die Zahlentafel 1 gibt (als Vorschlag) eine Zusammenstellung der Längen ( $l$ ) und Kennzahlen ( $K$ ) für die Übergänge zu den Rundmaßen von  $R = 25$  bis  $R = 600$ . Für Bogen  $R > 600$  m erübrigt sich die Anwendung von besonderen Bogenübergängen wegen der Kleinheit der Ausmaße.

Die Handhabung der beiden Zahlentafeln 1 und 2 ist nun sehr einfach und leicht faßlich, und es genügt, die Ordinaten mit dem Rechenschieber zu berechnen. Nach Wahl des Rundmaßes ( $R$ ) ergibt die Tafel 1 sofort die zugehörige Übergangslänge, die Tangentenabstände ( $AR$ ) und die Ähnlichkeitszahl  $\frac{1000}{K}$  (in Spalte 5). Das Produkt aus den Spalten 5 und 7 ergibt sofort die zu suchende Ordinate für die Abszissen ( $x$ ).

Bei den hier gewählten einfachen Zusammenhängen ist es aber auch ohne weiteres möglich, von den in diesen Tafeln enthaltenen Vorschlägen abzuweichen. So ist es z. B. denkbar, anstatt der angegebenen Übergangslängen ( $l$ ) größere zu nehmen, wenn es das Gelände erlaubt. Denn es ist ja nicht erforderlich, alle Übergänge gleichmäßig günstig zu machen; man kann auch größere Übergangslängen wählen, so daß dann der eine oder andere Bogen noch günstigere Fahrverhältnisse aufweist als der Durchschnitt. Man rechnet dann eben  $K = Rl$  und das zugehörige  $\frac{1000}{K}$  und vervielfacht diese Ähnlichkeitszahl mit Spalte 7.

Der hier zur Anwendung empfohlene Vorschlag hat hauptsächlich das Ziel vor Augen, möglichst einfache und durchsichtige Zusammenhänge zwischen Liniengestaltung der Straße und möglicher Fahrweise zu verwenden. Es konnten dabei übersichtliche Ergebnisse erzielt werden, nach denen eine Straße ausgebaut werden kann. Da bei den verschiedenen Betrachtungen aber gezeigt wurde, daß man sich in der Fahrweise einer solchen Straße ungezwungen anpassen kann, dürfte durch diesen von der bisher üblichen Betrachtungsweise abweichenden Vorschlag eine brauchbare Lösung für die Aufgabe der Liniengestaltung im Straßenbau gegeben sein.

### Grundsätzliches über die Berechnung von doppelten Spundwänden (Fangedämmen).

Alle Rechte vorbehalten.

Von Professor Dr.-Ing. e. h. E. Jacoby, Gotenhafen.

In einem früheren Aufsatz<sup>1)</sup> habe ich die Berechnung frei stehender und verankerter einfacher Spundwände behandelt. Nachstehend sollen die doppelten Spundwände oder Fangedämme betrachtet werden, woraus sich Folgerungen über die entlastende Wirkung von Pfählen ergeben, die hinter und vor einer Spundwand eingerammt sind. Die Voraussetzungen für diese Untersuchungen sind dieselben, wie in der erstgenannten Arbeit, nämlich: Anwendung der klassischen Erddrucklehre bei Annahme ebener

Gleitflächen, gesonderte Berücksichtigung der Bindung (Haftung) des Bodens und Vernachlässigung der stets günstig wirkenden Reibung zwischen Wand und Erde.

1. Zwei miteinander verankerte Spundwände. Die hintere Spundwand steht frei;  $l > x_1 \cdot \text{tg}(45^\circ + \varphi/2)$  und  $l > l \cdot \text{tg}(45^\circ - \varphi/2)$  (Abb. 1).

Der tätige Erddruck auf die vordere Wand kann sich in voller Größe ausbilden. Die vordere Wand wird nach den für einfache Spundwände<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Grundsätzliches über die Berechnung von Spundwänden. Bautechn. 1941, Heft 8, S. 88.

<sup>2)</sup> a. a. O., S. 91.



gegebenen Regeln berechnet. Bei der hinteren Wand kann der Erdwiderstand auf den oberen Teil voll zur Wirkung gelangen. Die hintere Wand stellt daher eine frei stehende, durch eine waagerechte Einzelkraft  $H = A$  belastete Wand dar, die nach den früher<sup>3)</sup> abgeleiteten Gleichungen berechnet wird. Die Gleichungen lauten:

$$(1) \quad x_1 = \frac{k(4t + 6h)}{t^2 - 2k}$$

$$(2) \quad x = \frac{k(4t + 6h)}{2x_1 t - x_1^2 - 2k}$$

$$(3) \quad \sigma = (\lambda_p - \lambda_a) \left[ \frac{x_1 x - 2k}{t - x} \right],$$

worin  $k = \frac{H}{(\lambda_p - \lambda_a) b}$   $\lambda_p = \gamma \cdot \text{tg}^2(45^\circ + \varphi/2)$   $\lambda_a = -\gamma \cdot \text{tg}^2(45^\circ - \varphi/2)$ .

$b$  ist die Breite des betrachteten Wandausschnitts,  $H = A$  die aus der Berechnung der vorderen Wand erhaltene Ankerkraft. Zu beachten ist, daß  $h$  negativ ist, weil bei der Ableitung der Gleichungen die waagerechte Kraft  $H$  über der Erdoberfläche angreifend, der positive Wert  $h$  von der Erdoberfläche nach oben angenommen war. Falls Bindung (Haftung) berücksichtigt werden soll, kann das nach den früher gegebenen Anweisungen geschehen.

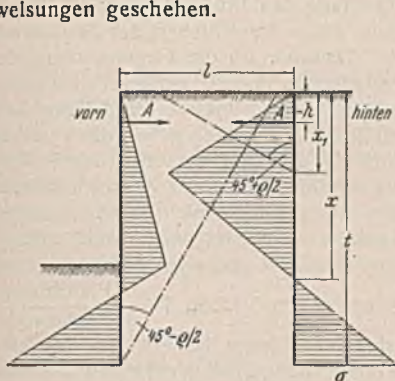


Abb. 1.

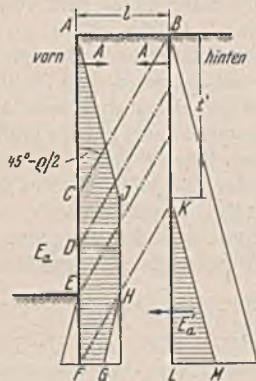


Abb. 2.

nur im oberen Teil bis zu einer Tiefe  $t_1 = l \cdot \text{ctg}(45^\circ + \varphi/2)$  bilden, wo der Flächendruck den Wert  $t_1(\lambda_p - \lambda_a)$  erreicht. Nimmt man, ebenso wie vorhin beim tätigen Erddruck geschehen, an, daß Gleitflächen unter dem Winkel  $45^\circ + \varphi/2$  auch unterhalb der Tiefe  $t_1$  den geringsten Erdwiderstand ergeben, so folgt daraus, daß der Gegendruck auf die Flächeneinheit mit zunehmender Tiefe nicht wächst. In Wirklichkeit werden die ungünstigsten Gleitflächen etwas flacher verlaufen und schließlich die Fußpunkte beider Spundwände verbinden. Für die vorliegende Berechnung ist das aber praktisch bedeutungslos. Der Gegendruck auf die hintere Wand wird durch die in Abb. 3 gezeichnete Druckfläche dargestellt. Er wächst bis zur Tiefe  $t_1$  geradlinig an und erreicht hier den Flächendruckwert  $t_1(\lambda_p - \lambda_a)$ . Dieser Flächendruck bleibt bis zur Tiefe  $x_1$ , nimmt weiter unten bis auf Null in der Tiefe  $x$  ab, um noch weiter unterhalb als Gegendruck gegen die Rückseite der Wand wieder zuzunehmen (Abb. 3).

Für die Berechnung der Größen  $x_1$  und  $x$  haben wir die drei Gleichgewichtsbedingungen (Abb. 3).

$$(4) \quad D_1 a_1 + D_2 a_2 + D_3 a_3 + D_4 a_4 - H a_H = 0$$

$$(5) \quad D_1 + D_2 + D_3 - D_4 - H = 0$$

$$(6) \quad \frac{\sigma}{t - x} = \frac{t_1(\lambda_p - \lambda_a)}{x - x_1}.$$

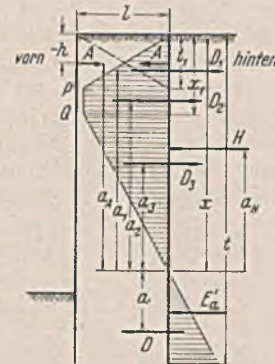


Abb. 3.

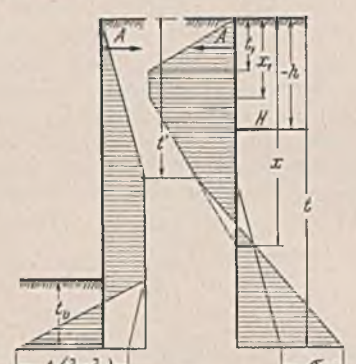


Abb. 4.

## 2. Zwei miteinander verankerte Spundwände. Die hintere Wand steht frei; $l < x_1 \cdot \text{tg}(45^\circ + \varphi/2)$ und $l < t \cdot \text{tg}(45^\circ - \varphi/2)$ .

Wenn die Wände näher zusammenrücken, so kann sich die ungünstigste Gleitfläche für den tätigen wie für den widerstehenden Erddruck nicht so ausbilden wie in einem unbegrenzten Erdkörper. Dadurch wird der tätige Erddruck auf die vordere Wand und mit ihm die Ankerkraft  $A$  kleiner. Ebenso verringert sich der Erdwiderstand gegen die hintere Wand, während der tätige Erddruck hinter ihr in voller Größe wirkt. Betrachten wir zunächst die vordere Wand (Abb. 2). Für die obere Wandstrecke vom Punkt  $A$  bis zum Punkt  $C$  wird der Erddruck von der hinteren Wand nicht beeinflußt. Die Druckverteilungsfläche ist ein Dreieck. Unterhalb von  $C$  kann der Erddruck nicht mehr in demselben Maße anwachsen, wie im unbegrenzten Erdkörper. Homberg<sup>4)</sup> hat nachgewiesen, daß auch für diesen Wandteil eine unter dem Winkel  $\varphi_a = 45^\circ - \varphi/2$  zur Lotrechten gelegte Gleitfläche eine praktisch dem Größtwert des tätigen Erddrucks gleiche Kraft liefert. Legt man durch die Punkte  $D$ ,  $E$  und  $F$  solche Gleitflächen, so erhält man für jedes hinzukommende Wandstück  $CD$ ,  $DE$  und  $EF$  einen der Höhe des Wandstückes verhältnismäßigen Zuwachs des Erddrucks. Daher wird die Druckverteilungsfläche nach Abzug des auf den eingerammten Teil  $EF$  der vorderen Wand von vorn wirkenden tätigen Erddrucks die Begrenzung  $AFGHI$  (Abb. 2) haben. Der tätige Erddruck auf die Flächeneinheit wächst von Null an der Erdoberfläche (wenn keine Auflast vorhanden ist) geradlinig auf  $t' \lambda_a$  in der Tiefe  $t' = l \cdot \text{ctg}(45^\circ - \varphi/2)$ . Unterhalb dieser Tiefe bleibt er unverändert bis zur Erdoberfläche vor der Wand, um von da an wieder abzunehmen. Diese Druckfläche gibt den Erddruck  $E_a'$ , für den die vordere Spundwand zu berechnen ist. Diese Berechnung liefert die Ankerkraft  $A$ .

Auf die hintere Wand wirkt von vorn derselbe verminderte Erddruck wie auf die vordere Wand, nur ohne Abzug im untersten Teil, von hinten der volle Erddruck. Nach Zusammensetzung beider Drucke verbleibt ein tätiger Erddruck  $E_a'$ , der durch die Druckfläche  $KLM$  (Abb. 2) dargestellt wird. Außer diesem Erddruck wirkt auf die hintere Wand der Ankerzug  $A$ , der sich aus der Berechnung der vorderen Wand ergeben hat.  $E_a'$  und  $A$  zusammen ergeben die waagerechte Kraft  $H$  (Abb. 3). Diese Kraft ruft einen Gegendruck des Erdbodens zwischen den Wänden hervor. Dieser Gegendruck kann sich in der vollen Größe des möglichen Erdwiderstandes

Die algebraische Auflösung dieser Gleichungen ergibt:

$$(7) \quad x_1 = \frac{k(4t + 6h) - t_1(t - t_1)^2}{2t t_1 - t_1^2 - 2k}$$

$$(8) \quad x = \frac{k(4t + 6h) + t_1 x_1^2 - t_1^3 + 2t t_1^2 - 2t t_1 x_1}{2t t_1 - t_1^2 - 2k}.$$

Je größer bei gleichem  $H$ ,  $h$  und  $t$  der Abstand zwischen den Wänden, um so größer ist  $t_1$  und um so kleiner  $x_1$ . Die Punkte  $P$  und  $Q$  (Abb. 3) nähern sich einander. Wenn  $x_1 \leq t_1$ , so geht Gl. (7) in die schon bekannte Gl. (1) und Gl. (8) in Gl. (2) über.

In Abb. 4 sind für beide Wände die Druckflächen gezeichnet, wie sie sich aus der Zusammenlegung der tätigen und widerstehenden Kräfte ergeben. Die Wände sind einzeln gezeichnet, damit sich die Druckflächen nicht überschneiden. Die Begrenzung der Druckfläche für die hintere Wand hat in der Tiefe  $t' = l \cdot \text{ctg}(45^\circ - \varphi/2)$  einen Bruchpunkt.

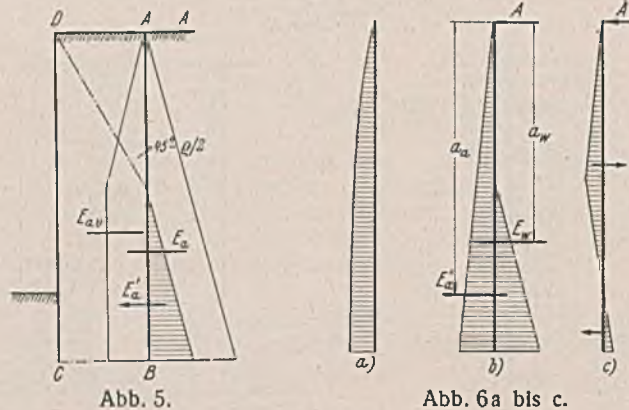
Je näher die beiden Wände zusammengedrückt werden, um so kleiner wird  $t_1$ . Gleichzeitig rückt der Angriffspunkt von  $H$  tiefer, weil  $A$  kleiner und  $E_a'$  (Abb. 3) größer wird. Es läßt sich aus Gl. (7) nicht ohne weiteres ersehen, ob  $x_1$  dabei kleiner oder größer wird. Für die in der Praxis vorkommenden Werte von  $\lambda_p$  und  $\lambda_a$  dürfte  $x_1$  sich mit  $t_1$  verringern und kleiner werden als  $t_1$ . Sobald Gl. (7) für  $x_1$  einen Wert ergibt, der kleiner ist als  $t_1$ , ist nicht mehr Gl. (7), sondern Gl. (1) zu benutzen. Für die Berechnung von  $x$  gilt dann selbstverständlich Gl. (2).  $x$  kann auch negativ sein. Wenn  $x_1$  und  $x$  ermittelt sind, läßt sich die Druckverteilungsfläche vor der hinteren Wand zeichnen. An keiner Stelle der Wand darf der erforderliche Gegendruck größer sein als der mögliche Erdwiderstand, den der Erdkörper zwischen den Wänden liefern kann. Ein etwaiger Überschuß der tätigen Kräfte über die widerstehenden wird auf die vordere Wand übertragen und belastet diese zusätzlich. Hierbei ist zu beachten, daß die Ankerkraft  $A$  sich dabei nicht ändert, da sie nur von dem Erddruck herrührt, den der zwischen den Wänden befindliche Boden hervorruft, während der zusätzliche Druck von außen auf die Doppelwand wirkt und der zwischen den Wänden liegende Boden nur als Übertragungsmittel dient. Die vordere Wand ist jetzt als frei stehende Wand zu berechnen, die durch den Erddruck, der vom Boden zwischen den Wänden herrührt, den von der hinteren Wand übertragenen Zusatzdruck und die vorher ermittelte Ankerkraft  $A$  belastet ist. In jedem Falle ist die Doppelwand noch auf die Möglichkeit eines Grundbruchs zu untersuchen.

<sup>3)</sup> a. a. O., S. 90.

<sup>4)</sup> Homberg, Graphische Untersuchung von Fangedämmen usw. Mitt. aus dem Gebiete des Wasserbaues, Heft 8. Berlin 1938, Wilh. Ernst & Sohn.

### 3. Doppelte Spundwand. Beide Wände sind miteinander und außerdem noch nach hinten verankert.

Auf die hintere Spundwand, die oben durch einen Anker gehalten wird, wirken folgende Kräfte (Abb. 5): auf die Rückfläche wirkt der volle tätige Erddruck  $E_a$ , auf die Vorderfläche der durch das Vorhandensein der vorderen Wand verminderte Erddruck  $E_{av}$  (vgl. Abb. 2). Es verbleibt ein Überdruck  $E_a'$  auf die Rückfläche, dem sich ein Erdwiderstand  $E_w$  von vorn entgegenstellt. Dieser Erdwiderstand ist durch den Widerstand in einer Gleitfläche  $BC$  begrenzt (von einer gewissen Tiefe ab verbindet die ungünstigste Gleitfläche die Fußpunkte beider Wände). Wenn dieser Widerstand genügend groß ist, um ein Verschieben des Erdkörpers  $ABCD$  längs dieser Gleitfläche zu verhindern, so wird die Kraft  $E_a'$  vom Erdkörper zwischen den Wänden aufgenommen und überträgt sich nicht auf die vordere Spundwand. Wenn die Wand vollkommen starr wäre, so würden bei Drehung um den oberen Ankerpunkt die waagerechten Verschiebungen der einzelnen Wandpunkte entsprechend ihrem Abstand vom Drehpunkt geradlinig anwachsen. Den Verschiebungen entsprechen Gegendrucke seitens des Erdkörpers vor der Wand, die sich im allgemeinen so verteilen werden, wie Abb. 6a zeigt. Wäre die Wand vollkommen schlaff,



so würden die Gegendrucke sich ebenso verteilen wie die angreifenden Drucke  $E_a'$ . Man wird keinen großen Fehler machen, wenn man der Einfachheit halber annimmt, daß die Gegendrucke sich geradlinig verteilen (Abb. 6b). Dann erhält man die Größe des für das Gleichgewicht der

Wand erforderlichen Widerstandes aus:  $E_w = \frac{E_a' a_a}{a_w}$  und weiter die

Ankerkraft  $A = E_w - E_a'$  in derselben Richtung wirkend wie  $E_a'$ . Man kann also jetzt die hintere Wand auf Biegung berechnen. Die Belastungsfläche ist in Abb. 6c dargestellt. Wenn der erforderliche Erdwiderstand größer wird, als der durch die Gleitfläche  $BC$  bedingte mögliche Widerstand abzüglich des von vorn auf die hintere Wand wirkenden tätigen Erddrucks  $E_{av}$ , so bedeutet das, daß der Erdkörper zwischen den Wänden dem tätigen Erddruck gegen die Rückseite der Wand keinen genügenden Widerstand entgegenzusetzen vermag. Der Überschuß des tätigen Erddrucks ist dann auf die Vorderwand zu übertragen. Die vordere Wand erhält als Belastung außer diesem Überschuß noch den tätigen Erddruck, der von dem Erdkörper zwischen den Wänden herrührt. Sie ist wie eine gewöhnliche verankerte Spundwand zu berechnen. Zu bemerken ist, daß die sich aus der Rechnung ergebende Ankerkraft  $A$  für den Teil des Ankers gilt, der die beiden Wände miteinander verbindet. Der Teil des Ankers, der zwischen der hinteren Wand und der Ankerplatte liegt, ist durch die negative Ankerkraft der hinteren Wand entlastet. Die hintere Wand dient somit als Ankerwand für die vordere und entlastet die eigentliche Ankerwand oder Ankerplatte.

### 4. Die entlastende Wirkung hinter einer Spundwand eingerammter Pfähle (Abschirmung).

In geringer Entfernung hinter einer Spundwand stehende Pfähle bewirken bekanntlich eine Verringerung der die Spundwand angreifenden Erddruckkräfte. In der Regel wird der Fall gegeben sein, daß die Pfähle mit der Spundwand oben durch Anker (Pfahlrost oder Betonplatte bei Kaimauern) verbunden sind. Denkt man sich die Pfähle in einer Reihe dicht nebeneinander geschlagen, so ist der Fall auf den in Abschnitt 3 behandelten zurückgeführt: vorn eine Spundwand, dahinter im Abstand  $l$  eine Pfahlwand, beide Wände nach hinten verankert. Die Berechnung ist also ebenso durchzuführen wie für die nach hinten verankerte doppelte Spundwand. Die sogenannte „Abschirmwirkung“ ist damit vom Abstand zwischen der vorderen Spundwand und der hinteren Pfahlwand abhängig. Ist der waagerechte Abstand  $l \cong t \cdot \operatorname{tg}(45^\circ - \varphi/2)$ , worin  $t$  die Gesamthöhe der Wand bedeutet, so bewirkt die hintere Wand keine Verringerung des Erddrucks auf die vordere, die „Abschirmwirkung“ ist Null. Mit der

Verringerung des Abstandes  $l$  nimmt der Erddruck auf die vordere Wand ab (Silodruck), die „Abschirmwirkung“ nimmt zu. Man darf sich aber das nicht so vorstellen, als müßte die hintere Wand zusätzlich den Anteil des Erddrucks aufnehmen, um den die vordere Wand entlastet wird. Es ist nicht so, daß, wenn auf die vordere Wand 25% des Gesamtdrucks entfallen, die hintere 75% aufzunehmen hat und daher besonders biegefest sein muß. Die hintere Wand bekommt nur den Anteil, der sich laut Abb. 6c aus dem Unterschied der tätigen und widerstehenden Kräfte ergibt. Es geht auch keine Kraft verloren, es wird nur ein Teil der Kraft vom Gleitwiderstand in der gefährlichen Gleitfläche des zwischen den Wänden befindlichen Erdkörpers aufgenommen. Wenn bei näherem Zusammenrücken der Wände dieser Gleitwiderstand zur Aufnahme dieses Kraftanteils nicht genügt, so wird der Überschuß auf die vordere Wand übertragen. Die „Abschirmwirkung“ hat demnach einen günstigsten Wert bei einem gewissen Abstand zwischen den Wänden. Bei Vergrößern des Abstandes fällt die „Abschirmwirkung“ bis auf Null, bei Verkleinern fällt sie und erreicht einen Mindestwert beim Abstand Null. Gleiches elastisches Verhalten beider Wände vorausgesetzt, erhält dann jede Wand die Hälfte des vollen Erddrucks.

Leider sind bisher nur wenig Versuche über die „Abschirmwirkung“ von Pfählen bekanntgeworden. Die Versuche von Förster<sup>5)</sup> geben insofern kein zutreffendes Bild von der Verteilung des Erddrucks auf die Spundwand und die Pfähle, als bei ihnen durch Verschieben der Spundwand eine Gleitfläche erzwungen wurde. Dadurch ist die Gegenwirkung des zwischen Spund- und Pfahlwand befindlichen Bodens aufgehoben worden. Bei den Versuchen mit der waagrecht angeordneten Wand fällt diese Gegenwirkung auf die Pfähle ebenfalls fort. Dagegen geben die Versuche einen Anhalt dafür, welchen Einfluß der Abstand zwischen den Pfählen in der Längsrichtung des Bauwerks auf die Größe der Abschirmwirkung ausübt. Wenn nämlich die Pfähle der hinteren Wand nicht dicht zusammenstehen, so wird trotzdem die „Abschirmung“ die gleiche sein, solange der Abstand zwischen den Einzelpfählen ein gewisses Maß nicht übersteigt. Es hat sich erwiesen, daß bei einem Verbau  $V = \frac{\text{Pfahlbreite}}{\text{Pfahlabstand}}$

$\times 100 = 50\%$  die gleiche entlastende Wirkung besteht wie für eine dichte hintere Pfahlwand mit  $V = 100\%$ . Bei kleiner werdendem  $V$  nimmt der Erddruck auf die Spundwand annähernd geradlinig zu und erreicht den vollen Wert bei  $V = 0$ . Daraus ergibt sich folgendes Verfahren zur Ermittlung des Erddrucks auf die vordere Spundwand. Man berechnet den Erddruck wie für den Fall einer verankerten doppelten Spundwand.



Abb. 7.

Die Druckverteilungsfläche ist  $ABCD$  (Abb. 7). Diese Fläche gilt bis zu einem Verbau von 50%. Das Dreieck  $CDE$  entspricht dem Zuwachs des Erddrucks bei einem bis auf  $V = 0$  abnehmenden Verbau. Für einen Verbau von  $p\%$  ergibt sich dann der Zuwachs  $DCF$  (Abb. 7), wenn  $FE = p/50 CE$  gemacht wird, und der Erddruck auf die Spundwand ist durch die Fläche  $ABFD$  gegeben. Wegen der Unsicherheit der Grundlagen kann dieses Verfahren nur als ein Hilfsmittel zur Abschätzung der entlastenden Wirkung angesprochen werden, und dementsprechend ist bei der weiteren Berechnung der Wand der Sicherheitsgrad zu wählen.

Bei der Berechnung der hinter der Spundwand stehenden Pfähle ist, wenn der Verbau gleich oder größer ist als 50%, der Erddruck auf die volle Breite  $b$  des betrachteten Wandabschnitts zu rechnen, so wie auf eine dichte Wand. Bei  $p\%$  Verbau ist so zu rechnen, als wäre die Breite  $p/50 b$ .

### 5. Einfluß vor einer Spundwand stehender Rostpfähle.

Bei Kaimauern auf hohem Pfahlrost mit hinten stehender Spundwand bewirken die vor der Wand stehenden Pfähle eine Vergrößerung des Erdwiderstandes gegen den im Boden steckenden Teil der Spundwand, und man kann mit einer kleineren Rammtiefe der Spundwand auskommen. Das ist nicht nur auf die Verdichtung des Bodens durch die Pfähle zurückzuführen, sondern ist auch dadurch bedingt, daß sich eine Gleitfläche des geringsten Widerstandes nicht so ausbilden kann wie beim Fehlen der Pfähle.

Es soll zunächst angenommen werden, daß im Abstand  $l$  vor der Spundwand eine Pfahlwand gerammt ist. Die Wand und die Pfahlreihe sind oben durch eine steife Verbindung (Rostplatte) zusammengehalten (Abb. 8). Auf die Spundwand wirkt der tätige Erddruck  $E_a$ . Er wird zum Teil vom Anker  $A$  und zum anderen Teil vom Widerstand gegen den in der Erde steckenden Teil der Spundwand aufgenommen. Der Grenzwert dieses Widerstandes ist die waagerechte Kraft  $E_p$ , die erforderlich ist, um die beiden Erdkörper I und II (Abb. 8) längs Gleitflächen des geringsten Widerstandes zu verschieben. Wie aus dem Kräfteplan hervor-

<sup>5)</sup> Die Abschirmwirkung des Erddrucks von Spundwänden durch Pfahlroste. Mittlg. d. Hannoverschen Hochschulgemeinschaft 1937, Heft 17/18.

geht, besteht der Grenzwert aus zwei Teilen  $E_{p1}$  und  $E_{p2}$ . Bei Fehlen der vorderen Pfahlreihe wäre er nur  $E_{p2}$  gleich. Durch die vordere Pfahlreihe wird er also um  $E_{p1}$  vergrößert. Wenn man annimmt, daß beide Wände gerade so tief gerammt sind, wie es das Gleichgewicht erfordert, so erhält man die Gleichungen (Abb. 9)

$$(9) \quad E_a a_a - E_{p1} a_1 - E_{p2} a_2 - W_i a_i + W_i a_i = 0 \text{ und}$$

$$(10) \quad A_1 + A_2 + E_{p1} + E_{p2} - E_a + W_i - W_i = 0.$$

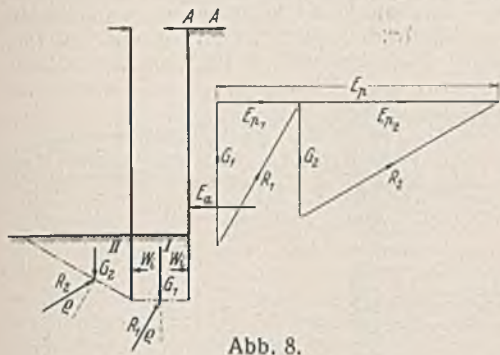


Abb. 8.

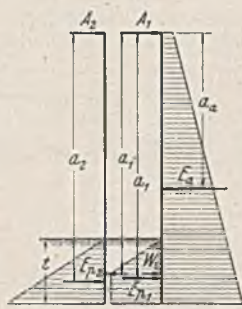


Abb. 9.

Wenn die Rammtiefe  $t$  angenommen wird, so sind  $E_{p1}$  und  $E_{p2}$  sowie ihre Angriffspunkte bestimmt. Durch Probieren kann man die Tiefe  $t$  finden, bei der Gl. (9) erfüllt ist. Um die Ankerkräfte  $A_1$  und  $A_2$  zu bestimmen, müssen beide Wände getrennt betrachtet werden. Um eine Drehung der hinteren Spundwand um den festen Punkt  $A$  zu verhindern, ist der Widerstand  $E_{p1}$  allein nicht genügend. Der Erdkörper I (Abb. 8) überträgt noch eine Kraft  $W_i$  auf den Erdkörper II. Der Angriffspunkt dieser Kraft würde, wenn die Wand vollkommen starr wäre und die Ver-

schlebung den Spannungen im Erdboden verhältnismäßig zunehmen, im Schwerpunkt eines Trapezes liegen, dessen schräge Seite durch den Punkt  $A$  geht. Wegen der Biegsamkeit der Wand und wegen des Umstandes, daß die Spannungen langsamer wachsen als die Verschiebungen, rückt der Angriffspunkt höher. Er soll daher schätzungsweise in der halben Rammtiefe angesetzt werden. Dann lauten die Gleichgewichtsbedingungen für die hintere Wand

$$(11) \quad E_a a_a - E_{p1} a_1 - W_i a_i = 0,$$

woraus  $W_i$  zu ermitteln ist, und

$$(12) \quad E_a - E_{p1} - W_i - A_1 = 0,$$

woraus sich  $A_1$  ergibt.

Für die vordere Pfahlreihe gilt

$$(13) \quad W_i a_i - E_{p2} a_2 = 0$$

(zur Nachprüfung) und

$$(14) \quad A_2 = W_i - E_{p2}.$$



Abb. 10.

Diese Berechnung gilt bis zu einem Verbau von 50%.

Wenn sich der Verbau verringert, so vergrößert sich der Anteil  $E_{p1}$ , während  $E_{p2}$  kleiner wird. Bei  $V=0$  ist  $E_{p2}=0$  und  $E_{p1}$  ist so groß, wie wenn keine Pfähle vor der Wand vorhanden wären. Bei Zwischenwerten von  $V=p\%$  wird man ebenso vorgehen können wie bei der Abschirmung, indem man  $E_{p1}$  (Abb. 10) so vergrößert, daß  $EF = p/50 CE$  und gleichzeitig  $E_{p2}$  nicht auf die Breite  $b$ , sondern auf die Breite  $p/50 b$  bezieht.

Man könnte dieses Verfahren auch auf mehrfache Spundwand- und Pfahlreihen erweitern, doch soll davon abgesehen werden, bis durch weitere Versuche die Grundlagen der Berechnung auf ihre praktische Anwendbarkeit überprüft sind. Auch so wird es möglich sein, bei vorsichtiger Berücksichtigung der entlastenden Größen Spundwände genauer zu berechnen und sparsamer zu entwerfen, als das bis jetzt der Fall gewesen ist.

### Vermischtes.

**Vortragstagung der 44. Hauptversammlung des Deutschen Beton-Vereins (e. V.).** Die diesjährige Tagung des Beton-Vereins fand am 8. und 9. April in München statt. Reichsminister Dr. Todt und der Leiter der Fachgruppe Bauwesen im Nationalsozialistischen Bund Deutscher Technik, Ministerialdirektor Schönleben, wohnten neben Vertretern der Münchener Behörden den Vorträgen bei.

Der Vorsitzende, Reglerungs- und Baurat a. D. Dr.-Ing. Nakonz, gab einen kurzen Überblick über die derzeitige Lage im Bauwesen. Die Arbeit des Deutschen Beton-Vereins gehe auch während des Krieges weiter. Die Neufassung der Eisenbetonbestimmungen, besonders in den §§ 12 (Schalungen), 27 (Säulen) und 29 (Spannungen) und die Durchführung der laufenden Versuche in der Materialprüfungsanstalt Stuttgart (Wetterbeständigkeit, verschiedene Stähle, Zusätze zur Erzielung einer Herabsetzung der Menge des Anmachwassers) seien augenblicklich die wichtigsten Aufgaben.

Anschließend übergab Reichsminister Dr. Todt die Mörsch-Denkünze Professor Graf, dem verdienstvollen Leiter des Instituts für die Materialprüfungen des Bauwesens an der Technischen Hochschule Stuttgart<sup>1)</sup>. Darauf eröffnete die Reihe der Vorträge Ministerialdirektor Dr. Knipfer, indem er über die Bedeutung des Luftschuttraumbaues im Rahmen der Luftverteidigung sprach. Dann gab Dipl.-Ing. Weiß, der Leiter des Ausschusses für Luftschutz bei der Fachgruppe Bauwesen, einen Überblick über das Ergebnis des Wettbewerbes „Alarm“. Die 33 Preise sind wegen der teilweise sehr geringen Unterschiede in der Güte der Preisarbeiten in drei Gruppen von gleichbewerteten Lösungen eingeteilt worden. Reichsminister Dr. Todt nahm im Anschluß an den Vortrag die Verteilung der Preise vor.

Der folgende Vortrag von Professor Dr.-Ing. Pistor, dem Rektor der Technischen Hochschule München, über Arbeiten deutscher Bauunternehmungen im Auslande wird demnächst in der Bautechnik wiedergegeben werden. Dasselbe gilt von dem Vortrage von Professor Löser über „Schalung und Rüstung“. Der Vortrag von Professor Graf über „Gütesteigerung des Betons seit 1918“ ist bereits erschienen<sup>2)</sup>.

Zwei weitere Vorträge brachten wertvolle Angaben über neuartige Wege des Wasserkraftausbaues (Dr.-Ing. Grengg, Wien) und über die Baustelleneinrichtung und die Durchführung des Baues eines großen Wasserkraftwerks (Baurat Deifel, Graz). F. Stiegler.

**Wasserflugzeughalle in Baltimore.** Mit dem Bau einer Wasserflugzeughalle ungewöhnlicher, durch den Baugrund bedingter Bauart befaßt sich ein Aufsatz von W. Waters Pagon im Oktoberheft 1940 (S. 1469) der Proceedings der American Society of Civil Engineers. Der Veröffentlichung entnehmen wir folgendes:

**Baugrund:** Der größte Teil der für einen Wasser- und Landflughafen vorgesehenen Baustelle in Baltimore lag in der Mündung des

Patapsco-Flusses, und zwar bis zu einer Tiefe von 5,50 m unter Wasser. Die Fläche wurde durch Ufermauern verschiedener Bauart eingefabt, zu ihrer Auffüllung verwendete man im Hafen gebaggerten Schlackboden, der durch Klappschuten vor die Ufermauern geklappt und von dort aus aufgespült wurde. Im Flußbett liegen an dieser Stelle bis zu einer Tiefe von etwa 18,50 m unter mittlerem Niedrigwasser diluviale Schlamm-schichten, untermischt mit Schluff-, Ton- und Sandschichten. Der aufgespülte Schlack bestand aus einer halbflüssigen Masse, in die ein einzelner Mann eine 9 m lange Stange vollständig hineindrücken konnte. Die Aufspülung hatte 1928 begonnen und war 1931 so weit fortgeschritten, daß die etwa 125 ha große Fläche vollständig mit einer Masse aufgefüllt war, die mit einem Neigungswinkel von etwa 0° 8' zur Ruhe gekommen war. Nach 18 Monate langem Trocknen war eine Kruste entstanden, die, wenn man die Tiefe der Schrumpfrisse maß, 20 bis 25 cm dick war. Darunter befand sich noch eine Schicht von 15 bis 25 cm Dicke von kittartiger Beschaffenheit. Die Kornverteilung des Schlackes ist:

Korngröße	2 bis 0,25 mm	1 bis 2%
0,25	0,50	4
0,50	0,005	25
0,005	0,001	38
< 0,001		32

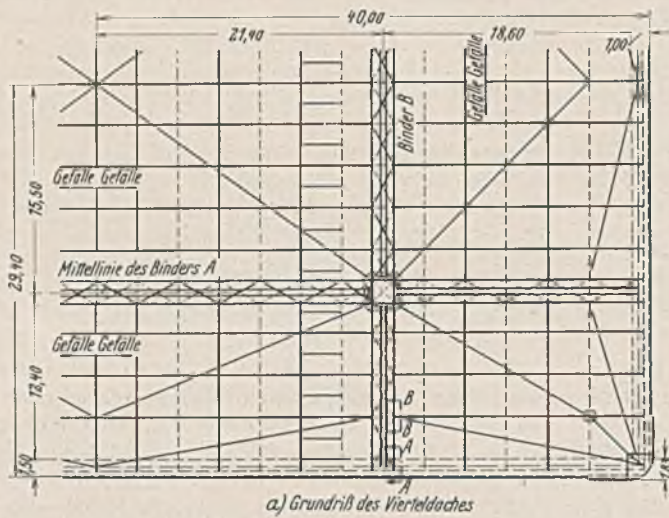
1936 beschloß die Gemeinde, auf dem aufgehöhten Gelände einen Wasser- und Landflughafen zu errichten, und begann damit, feinen Sand mit 10 bis 15% tonigen Bestandteilen mit Kies untermischt auf dem Platz zu verteilen. Durch die Auffüllung wurde der Schlack in Wellen verdrückt, so daß die aufgebrauchte Sandschicht 1,50 bis 5,00 m mächtig war. Die ursprüngliche Flußsohle lag 8 m unter der eingebebeten Fläche.

**Gründung:** Bei dem Entwurf für die Gründung der etwa 60 m von der Ufermauer entfernten Halle für Wasserflugzeuge war zu berücksichtigen, daß der tiefer liegende Schlack noch immer die gleiche halbflüssige Beschaffenheit hatte wie früher, und daß nach Ausführung der Gründung noch auf Jahre hinaus mit einem weiteren Setzen und Austrocknen zu rechnen war. Bei den hohen Kosten der Gründung in dem schlechten Baugrund empfahl es sich, die Zahl der Gründungskörper möglichst zu beschränken. Die einzelnen Pfeiler mußten bei Annahme einer runden Form gegen einen seitlichen Druck von durchschnittlich 3,4 t/m<sup>2</sup> (bezogen auf den lotrechten Querschnitt des Pfeilers) standsticher sein. Dieses Maß wurde aus den Gleichungen für das Fließen zäher Flüssigkeiten mit geringer Geschwindigkeit um einen Zylinderkörper bei einer angenommenen Scherbeanspruchung ermittelt. Bei einem etwaigen Bodenaushub war zu berücksichtigen, daß der Bodendruck nahezu in der Größe des Wasserdrucks einzusetzen war. Vor allem mußte dabei verhindert werden, daß der Schlack in der Sohle der ausgehobenen Baugrube hochtrieb, zumal dann in der Umgebung erhebliche Senkungen zu erwarten waren. Der tragfähige Baugrund befand sich in einer Tiefe von 18,50 m. Ferner war bei einer die Halle umschließenden Gründung mit einem übermäßig hohen Seitendruck auf die Umschließung infolge der Belastung des Hallenbodens durch die Wasserflugzeuge zu rechnen.

Wegen aller dieser Schwierigkeiten entschloß man sich, nur vier Pfeiler mit einem darauf stehenden Rahmentisch, der das Dach und die

<sup>1)</sup> Die Verdienste von Professor Graf sind aus Anlaß seines 60. Geburtstages kürzlich in Bautechn. 1941, Heft 16, S. 183, gewürdigt worden.  
<sup>2)</sup> Bautechn. 1941, Heft 16, S. 178.

an den Randpfetten hängenden Wände und Türen trägt, vorzusehen. Unter Berücksichtigung der Größe der unterzubringenden Flugzeuge ergab sich eine Lösung als die wirtschaftlichste, bei der die Entfernung der die Hallenfüße bildenden Rahmenstiele in der Längsrichtung 42,80 m und in der Querrichtung 31,00 m betrug und die Rahmenriegel an der Längsseite um 18,60 m, an der Querseite um 12,40 m auskragen (Abb. 1a).



a) Grundriß des Viereckdaches

Abb. 1a.

Die tiefe Lage des tragfähigen Baugrundes und die Schwierigkeit des Bodenaushubes legten für diese Pfeiler den Gedanken einer Pfahlgründung nahe (Abb. 2). Da die Rahmenstiele erhebliche Windkräfte aufzunehmen haben, ließen sich Schrägpfähle nicht vermeiden. Da man aber befürchtete, daß diese beim Setzen des Schlicks zu große Beanspruchungen erhalten würden, sah man als Schutz um die Pfahlgruppen kreisförmige hölzerne Brunnen vor, die bis auf etwa 2 m unter die ehemalige Flußsohle abzusenken waren. Zur Aussteifung erhielten sie innen ringartige hölzerne Verzimmerungen, die untereinander durch in den Wandflächen liegende hölzerne Fachwerke verbunden sind. An der Außenseite haben die Brunnen außerdem noch eiserne Ringe erhalten. Trotzdem die Absenkung durch Spülen mit ringförmigen Strahlrohren erleichtert wurde, erforderte sie zur Überwindung des Auftriebes und der Reibung eine zusätzliche Belastung von 125 t. Bei einem der Brunnen war sogar besondere Schmierung erforderlich. Nach dem Absenken hatte sich der Boden außen bis zu einer Entfernung von 4,50 m um 1,20 m gesenkt. Der Boden wurde größtenteils durch Pumpen entfernt, wobei sorgfältig darauf geachtet wurde, daß der Wasserspiegel im Innern auf Geländehöhe blieb. Als Geradpfähle wurden Holzpfähle verwendet, die Schrägpfähle bestanden aus I-Eisen, die mit Eisenbeton umhüllt waren. Nach dem Rammen und teilweisen Einspülen der Pfähle wurde der Brunnen mit Sand verfüllt.

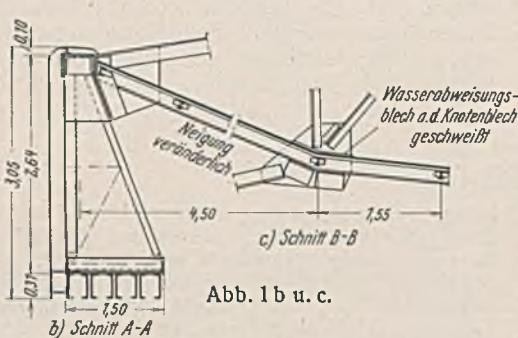


Abb. 1b u. c.

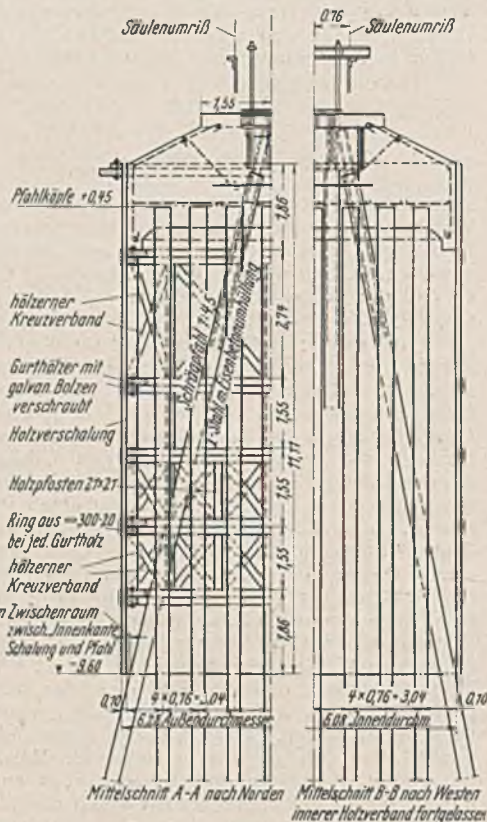


Abb. 2.

Einzelheiten der Halle: Die die Hallenbinder bildenden Rahmenstiele und Riegel und die rings um die Halle

laufenden Randpfetten sind als Fachwerke ausgebildet (Abb. 3). Die Dacheindeckung ist ungewöhnlich. Sie hängt an den Untergurten der Riegel. Hierfür werden folgende Gründe angegeben. Da die Abfallrohre nur in den Stielen heruntergeführt werden konnten, mußte das Dach Gefälle zu den Stielen hin erhalten. Daraus erklärt sich auch die Form des Riegeluntergurtes. Als wichtiger und entscheidender Grund wird angeführt, daß man den Binder gegen Feuer schützen und den zu heizenden Raum so niedrig wie möglich halten wollte. Die Anordnung einer oberen Dacheindeckung und einer am Untergurt hängenden Decke hätte nach Ansicht des Verfassers das Gewicht zu sehr erhöht.

Die Fachwerkrandträger sind wie auch die Wände an den Gebäudeecken zur Vermeidung von Windwirbeln abgerundet. Wände und Tore hängen an den Randpfetten (Abb. 1b) und werden an der unteren,

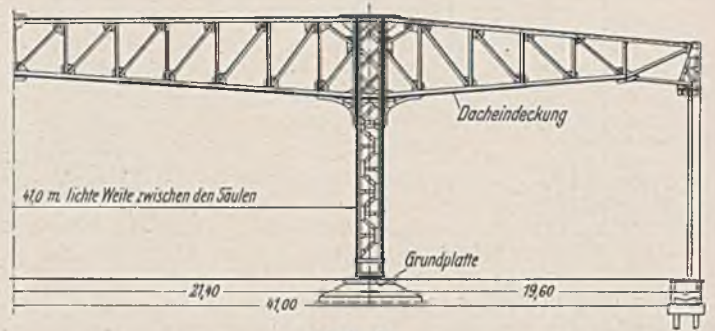


Abb. 3.

besonders gegründeten Saumschwelle aus Eisenbeton nur seitlich geführt. Die aus acht sich paarig gegenüberstehenden U-Stählen bestehenden oberen Führungsschienen bilden gleichzeitig einen Teil des Untergurtes der Randpfette. Sie liegen nebeneinander und erfüllen zusammen mit einem auf ihnen liegenden Breitstahl gleichzeitig die Aufgabe des Windträgers. Die unter den Wänden herumlaufende Saumschwelle hat als senkrechte Belastung nur den an beliebiger Stelle auftretenden Raddruck der Beförderungswagen für die Flugzeuge in Höhe von 11,5 t aufzunehmen. In waagerechter Richtung wird sie von der Hälfte des Winddrucks auf die Wandflächen beansprucht. Aus dem oben genannten Grund wurde bei der Gründung der Saumschwelle von Schrägpfählen abgesehen und nur eine Doppelreihe senkrechter Pfähle vorgesehen. Zur Berichtigung von Ungenauigkeiten der Torführung in senkrechter und waagerechter Richtung, die sich infolge Setzens der Halle und seitlichen Bewegens der Saumschwelle ergeben können, wurden besondere Nachstelleinrichtungen geschaffen. Ebenso wurden die Höhenänderungen der Toraufhängung, die sich aus der Verschiedenartigkeit der Durchbiegung der Rahmenriegel bei durch Schnee belastetem und unbelastetem Dach und bei einseitigen Torstellungen ergeben, berücksichtigt. Um zu vermeiden, daß Dampf-, Wasser- und sonstige Leitungen durch Bewegungen des Baugrundes beschädigt würden, sind sämtliche Leitungen in der Decke untergebracht. Der Hallenfußboden hat eine abgewalzte Sandauffüllung mit Asphaltbetonbelag erhalten.

K. Brü.

Personalmeldungen.

Hochschulnachrichten. Ministerialrat Dr.-Ing. Speck in Dresden, Leiter der Obersten Straßenbaubehörde des Landes Sachsen, ist mit der Wahrnehmung der Dienstgeschäfte des Lehrstuhles für Straßenbau und Städtebau sowie mit der Leitung der Institute für Straßenbau und für Erdbau an der Technischen Hochschule Dresden beauftragt worden.

Technische Hochschule Wien. Dem außerordentlichen Professor Dr. techn. Josef Kozeny ist unter Ernennung zum ordentlichen Professor der Lehrstuhl für Verkehrswasserbau, städtischen Tiefbau und landwirtschaftlichen Wasserbau übertragen worden.

Deutsches Reich. Straßenwesen. Für Führer und Reich starben den Heldentod: Feldwebel in einem Infanterieregiment Hans Peter Staack, Regierungsbaurat beim Straßen- und Wasserbauamt in Neustrelitz; Gefreiter in einem Artillerieregiment Fritz Fehrmann, Provinzialbaurat im Provinzialstraßenbauamt Templin.

Ernannt wurden zum Regierungsbaurat bei Übernahme in das Beamtenverhältnis auf Lebenszeit: Baurat Adam Grader beim Straßenbauamt Eger; Bauassessor Karl Reichelt beim Straßenbauamt Trautenuau; Dipl.-Ing. Adolf ZöB beim Reichsstattthalter in Oberdonau.

Ernannt wurden zum Regierungsbaurat unter Berufung in das Beamtenverhältnis auf Lebenszeit: Dipl.-Ing. Richard Navratil beim Reichsstattthalter in Oberdonau; Dipl.-Ing. Erich Sommer beim Reichsstattthalter in Oberdonau.

INHALT: Hubbrücke über einen Kanal. — Der Kreisbogen und seine Übergangslinie im Straßenbau. — Grundstützliches über die Berechnung von doppelten Spundwänden (Fangedämmen). — Vermischtes: Vortragstagung der 44. Hauptversammlung des Deutschen Betonvereins (e. V.). — Wasserflugzeughalle in Baltimore. — Personalmeldungen.

Verantwortlich für den Inhalt: Dr.-Ing. Erich Lohmeyer, Oberbaudirektor a. D., Berlin-Steglitz, Am Stadtpark 2. — Verlag: Wilhelm Ernst & Sohn, Verlag für Architektur und technische Wissenschaften, Berlin W 9. — Druck: Buchdruckerei Gebrüder Ernst, Berlin SW 68.