

Abb. 5. Beruhigungsbecken (B) mit Absturzschwelle (A) und Tauchwand (C, hochgezogen).

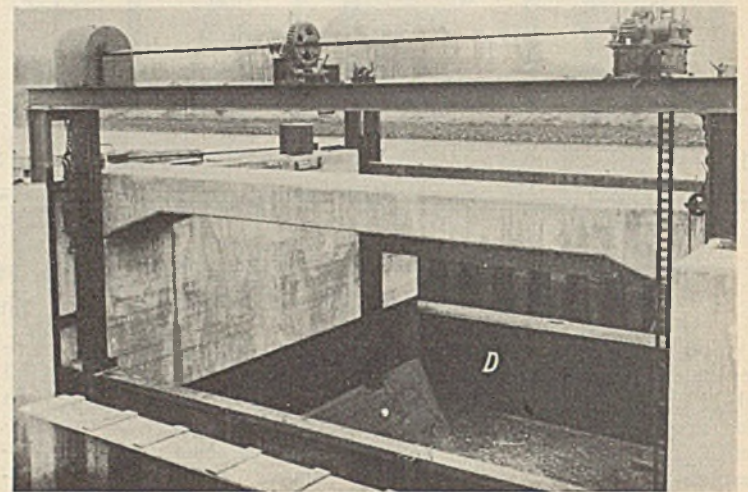


Abb. 6. Beruhigungsbecken mit Überlaufschwelle (D).

Reibungswert durch Baustellenversuche ermittelt werden. Im vorliegenden Falle genügt das Gewicht der Sohle (rd. 420 t) und die Erdreibung am Spundwandmantel unterhalb der Betonsohle (rd. 500 t) zur Aufnahme des Auftriebes (rd. 710 t). Die Erdreibung in dem anstehenden feinen Sand wurde zu 3 t/m² angesetzt.

Die Umschließung der Baugrube mit schräggestellten Spundbohlen erfordert bei vorliegendem Grundriß mehrere Keilbohlen, und zwar für jede Ecke zwei Stück. Diese Keilbohlen müssen bei 7 m Bohlenlänge nach unten um 35 cm breiter werden. Die Keilbohlen wurden aus gewöhnlichen Spundbohlen hergestellt. Abb. 7 zeigt die Ausbildung einer Ecke des Spundwandkastens.

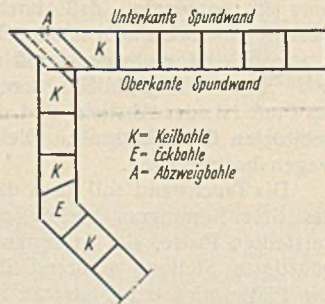


Abb. 7. Eckausbildung des Spundwandkastens.

Die Zahl der Keilbohlen kann bei geringeren Bohlenlängen dadurch vermindert werden, daß der keilige Abzweig schräg auf den Rücken einer gewöhnlichen Bohle aufgelenket wird.

In rammtechnischer Hinsicht bot die Herstellung des Spundwandkastens mit schräggestellten Spundbohlen keine Schwierigkeiten.

Nachdem die Baugrube mittels Greifbaggers ausgehoben war, wurde die Eisenbewehrung der Sohle zu zwei Körben zusammengeflochten (s. Abbild. 8), durch alte Profilleisen versteift und versenkt. Die aufgehenden Eisen waren in diese Körbe eingeflochten. Es ist notwendig, die Eiseneinlagen besonders sorgfältig festzulegen, damit sie durch den Unterwasserfußbeton

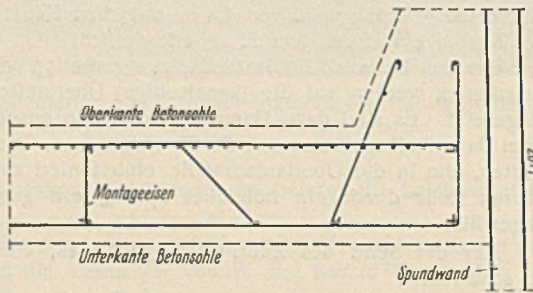


Abb. 8. Eisenbewehrung der Sohle.

mäßig großen Grundfläche der Sohle wären fünf Schütt-Trichter erforderlich gewesen, hätte man die ganze Sohle in einem Arbeitsgang herstellen wollen. Dementsprechend wäre auch die Zahl und Größe der Mischmaschinen und der Reservemaschinen bereit zu halten gewesen. Um an Baustelleneinrichtung zu sparen, erschien es zweckmäßiger, die Sohle in zwei Abschnitten zu betonieren. Hierzu wurde der zuerst herzustellende Teil durch eine hölzerne Tafel an der freien Seite abgeschalt. Um einen guten Abschluß zwischen dieser Tafel und der nicht völlig ebenen Sohle zu erzielen, wurde die Tafel der Sohlenform entsprechend ausgeschnitten und außerdem mit einem schneidenartigen Blech verlängert, das etwa 10 bis 20 cm in den Untergrund einschnitt und dadurch ein Durchquellen des Betons unter der Tafel wirksam verhinderte (vgl. Abb. 9). Zum Anschluß dieser Tafel an die schrägen Spundwände dienten kurze Tafeln, die den Zwischenraum überdecken.

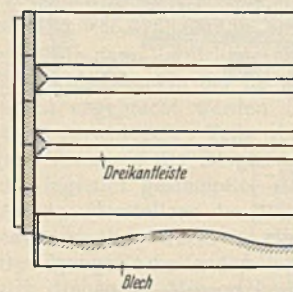


Abb. 9. Holztafel zur Abschaltung des ersten Sohlenabschnittes.

Auf die Haupttafel wurden ferner zwei kräftige Dreikantleisten von 10·10 cm Kantenlänge waagrecht aufgenagelt, die in dem zuerst betonierten Sohlenteil zwei Aussparungen herstellten. Es wurde damit eine völlig dichte Verzahnung beider Teile erreicht.

Während des Auspumpens der Baugrube nach fertiggestellter Betonsohle wurden genaue Messungen zur Ermittlung etwaiger Bewegung der Sohle angestellt. Die Messungen ergaben, daß die Sohle keine Bewegung ausgeführt hat.

Die eisenbewehrte Sohle zwischen schräggestellten Spundbohlen ist bei vorliegendem Bauwerk um rd. 11 000 RM billiger als die Schwerkohlsole und somit dieser wirtschaftlich überlegen.

Die Bauweise mit schräggestellten Spundwänden ist mit gutem Erfolg auch bei mehreren Düchern im Bezirk des Mittellandkanals angewandt worden.

Im ganzen hat das Bauwerk nebst einem 600 m² großen Schlammfang rd. 70 000 RM gekostet. Es wurde in der Zeit von Juni bis Dezember 1935 im wesentlichen fertiggestellt.

Die Bauausführung war der Firma E. Schmerschneider in Oebisfelde übertragen. Die Eisenausrüstung lieferte die Firma Louis Eilers Hannover. Die Entwurfsbearbeitung und Bauleitung oblagen dem Kanalbauamt Oebisfelde.

Über die Berechnung der kleinsten Knickbelastung des flachen parabolischen Zweigelenkbogens.

Alle Rechte vorbehalten.

Von Prof. Dr.-Ing. K. Federhofer, Graz.

1. Für die Ermittlung der kleinsten kritischen lotrechten Belastung eines flachen Zweigelenkbogens mit parabolisch gekrümmter Bogenachse stehen mehrere Näherungsformeln zur Verfügung. Zwei davon, und zwar jene von R. Mayer¹⁾ und E. Chwalla²⁾, sind unter der Annahme gewonnen worden, daß der Bogenpfeil f gegenüber der Stützweite $2l$ genügend klein sei, um für die Parabelachse, die mit der Stützlinie für die gleichmäßig verteilte Belastung p t/m zusammenfällt, einen den Scheitel

und die beiden Kämpfer der Parabel verbindenden Kreisbogen vom Halbmesser r annehmen zu können, so daß die Knickuntersuchung mit Benutzung der für den elastischen Kreisbogen geltenden Beziehungen durchgeführt werden kann. J. Frötsche³⁾ und K. Federhofer⁴⁾ legen der Herleitung ihrer Formeln von Haus aus eine flache parabolische Bogenachse zugrunde; ersterer berechnet die Knicklast durch genäherte Integration der Differentialgleichung der elastischen Linie

¹⁾ R. Mayer, Knickfestigkeit, S. 146 ff. J. Springer. 1921.

²⁾ E. Chwalla, Sitzungsberichte d. Akad. d. Wiss., Wien, Abt. IIa, 136 (1927) S. 674 ff.

³⁾ J. Frötsche, Bautechn. 1925, Heft 35, S. 465.

⁴⁾ K. Federhofer, Sitzungsberichte d. Akad. d. Wiss., Wien, Abt. IIa, 143 (1934), S. 131.

eines Parabelbogens, letzterer benutzt dazu die Methode der kleinen Schwingungen.

In einer kürzlich erschienenen Arbeit über die Knickung eines gekrümmten Stabes hat nun A. Lockschin⁵⁾ u. a. auch den Fall des parabolischen Bogenträgers bei gleichmäßig verteilter Belastung behandelt, wobei aber die einschränkende Annahme eines flachen Bogens, die den früher erwähnten Formeln eigen ist, fallengelassen ist. Das Integrationsverfahren von Störmer-Adams ermöglichte die Integration der Differentialgleichung für das Ausknicken eines beliebig stark gekrümmten Parabelbogens mit zwei Gelenken und die zahlenmäßige Berechnung der kleinsten Knicklast, die dort für Pfeilverhältnisse f/l von 0,2 bis 1,0 durchgeführt worden ist. Diese mit sehr erheblichem Rechenaufwande gewonnenen Zahlenergebnisse bieten die Möglichkeit, den Genauigkeitsgrad und Gültigkeitsbereich der erwähnten Näherungsformeln zu beurteilen. Im nachstehenden werden die Ergebnisse einer solchen vergleichenden Untersuchung kurz mitgeteilt.

2. Bezeichnet r den Halbmesser, β den Zentriwinkel des durch den Scheitel und die Kämpfer des Parabelbogens von der Spannweite $2l$ gelegten Kreisbogens (Abb. 1), so gilt

$$l = r \cdot \sin \frac{\beta}{2}$$

Der Horizontalschub H des Parabelbogens beträgt mit Vernachlässigung des bei schlanken Zweigelenkbogen unbedeutenden Einflusses der durch die Längskräfte hervorgerufenen Formänderungen

$$(1) \quad H = \frac{p l^2}{2f}$$

Wir führen die dimensionslosen Größen α, c ein, gemäß

$$(2) \quad \frac{f}{l} = \alpha = \operatorname{tg} \frac{\beta}{4}$$

$$(3) \quad \frac{H l^2}{EJ} = c^2;$$

es ist demnach die kleinste kritische lotrechte Belastung p bzw. der ihr nach Gl. (1) entsprechende kritische Horizontalschub H mit der Kenntnis des Wertes c^2 bestimmt, der nach den angeführten Untersuchungen aus folgenden Formeln gerechnet werden kann:

$$(I) \quad c^2 = \frac{(4\pi^2 - \beta^2) \sin^2 \frac{\beta}{2}}{\beta^2 (1 + 2\alpha^2)}, \quad (\text{nach R. Mayer});$$

$$(II) \quad c^2 = \frac{4\pi^2 \left(1 + \frac{1}{2} \sin^2 \frac{\beta}{2}\right) \sin^2 \frac{\beta}{2}}{\beta^2 (1 + 2\alpha^2)} \cdot \omega, \quad (\text{nach E. Chwalla});$$

$$(II) \quad \omega = \frac{(4\pi^2 - \beta^2)^2}{16\pi^4 + 2\pi^2\beta^2 \left(\frac{4\pi^2 \cdot \sin^2 \frac{\beta}{2}}{\beta^2} - 3\right) + \beta^4 \left(\frac{3}{2} - \frac{4\pi^2 \cdot \sin^2 \frac{\beta}{2}}{\beta^2}\right)}$$

$$(III) \quad \operatorname{tg} c + \frac{3c\vartheta(2c^2 + 1)}{c^2(12 - 5\vartheta) - 96\vartheta} = 0 \quad (\text{nach J. Fritsche});$$

wobei $\vartheta = 2\alpha^2$ und c als kleinste Wurzel der transzendenten Gl. (III) zu berechnen ist;

$$(IV) \quad c^2 = \frac{\pi^4 (1 - 0,5653 \alpha^2)}{\pi^2 + 15,16 \alpha^2} \quad (\text{nach K. Federhofer});$$

$$(V) \quad c^2 = \frac{K_1}{2\alpha} \quad (\text{nach A. Lockschin});$$

worin K_1 einen Zahlenwert bedeutet, dessen Abhängigkeit von α aus folgender Zahlenreihe zu entnehmen ist:

α	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
K_1	3,56	5,68	5,81	5,49	4,80
c^2	8,90	7,10	4,84	3,43	2,40

In der Zahlentafel 1 u. 2 sind die aus den Gl. (I bis IV) berechneten Werte c^2 für den Bereich $\alpha = 0$ bis 0,4 zusammengestellt. Einem $\alpha = 0,4$ entspricht eine Pfeilhöhe f gleich $\frac{1}{5}$ der Stützweite $2l$, demnach bereits ein Parabelbogen, der nicht mehr als flach zu gelten hat.

Für den Grenzfall des mit H axial gedrückten geraden Stabes von der Länge $L = 2l$ und gelenkiger Befestigung der Enden liefern natürlich alle vier Formeln mit $\alpha = 0, \beta = 0$ den gleichen Wert $c^2 = \pi^2$, und es stimmt der zugehörige Knickschub H überein mit der zweiten Eulerschen Knicklast, wobei die elastische Linie in Stabmitte einen Knoten hat⁶⁾.

⁵⁾ A. Lockschin, Z. ang. Math. u. Mech. 16 (1936), S. 49.

⁶⁾ Bekanntlich besitzt auch die elastische Linie des Bogenträgers bei Wirkung der kleinsten Knickbelastung und dehnungsloser Bogenachse im Scheitel einen Wendepunkt. Vgl. P. Funk, Z. ang. Math. u. Mech. 1924, Heft 4, S. 143.

Zahlentafel 1.

$c^2 \backslash \alpha$	0	0,1	0,2	0,3	0,4
Gleichung I	π^2	9,511	8,534 (-4,1%)	7,202	5,780 (-18,6%)
II	π^2	9,530	8,607 (-3,3%)	7,338	5,976 (-15,8%)
III	π^2	9,660	9,006 (+1,2%)	7,811	5,507 (-22,4%)
IV	π^2	9,665	9,088 (+2,1%)	8,230	7,206 (+1,5%)
nach Gl. V	—	—	8,90	—	7,1

Zahlentafel 2.

$c^2 \backslash \alpha$	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Gl. IV	6,123	5,062 (+4,6%)	4,07	3,176 (-7,4%)	2,384	1,692 (-29%)
V	—	4,84	—	3,43	—	2,40

Anmerkung: Die in Klammern gesetzten Zahlen geben in den Zahlentafeln 1 u. 2 die Abweichungen vom Werte c^2 nach Gl. (V) an.

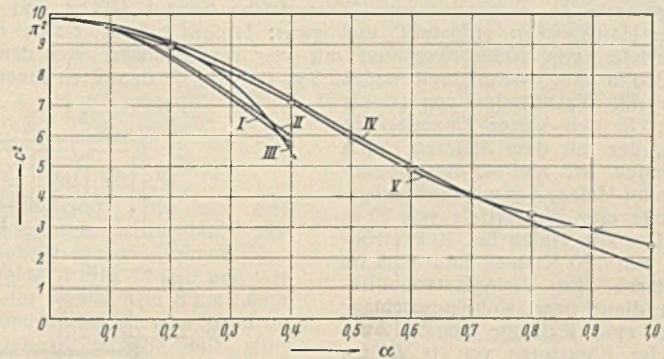


Abb. 2.

Diagramme (c^2, α) nach den Gleichungen I bis V.

Die Zahlenwerte und die in Abb. 2 gezeichneten Diagramme (c^2, α) zeigen, daß die mit Annahme eines Ersatzkreisbogens (nach Gl. I u. II) berechnete kleinste Knickbelastung kleiner ist als die des Parabelbogens mit gleichem f und l , und zwar um so kleiner, je größer das Pfeilverhältnis α wird.

Bis zu einem Werte $\alpha = 0,25$ zeigen die aus Gl. (III) von J. Fritsche berechneten c^2 sehr gute Übereinstimmung⁷⁾ mit jenen der Gl. (V); von dieser Grenze an wachsen aber die Abweichungen beträchtlich.

Am gleichmäßigsten schmiegen sich den Werten nach Lockschin die aus der Gl. (IV) ermittelten Näherungswerte c^2 an. Der Gültigkeitsbereich der Gl. (IV) ist — obgleich sie unter der Annahme eines flachen Parabelbogens gewonnen wurde — ein überraschend großer; er kann mit $\alpha = 0$ bis etwa 0,7 begrenzt werden, und es beträgt innerhalb dieses großen Bereiches die größte Abweichung gegenüber den Werten von Lockschin nur + 4,6% (vgl. Zahlenreihe 2).

Hiernach kann für die Berechnung der Knicklast eines nicht zu stellen Parabelbogens mit Kämpfergelenken die Gl. (IV) empfohlen werden, und zwar auch deshalb, weil sie unter den vier verglichenen Näherungsformeln die geringste Mühe bei ihrer Auswertung macht⁸⁾.

⁷⁾ Die Bemerkung Fritsches, daß die erste Knicklast aus der kleinsten Wurzel der Gl. (III) zu berechnen sei, ist nicht ganz zutreffend, worauf mich Dr.-Ing. H. Egger aufmerksam machte. Man überzeugt sich nämlich leicht durch Zeichnen der Kurven $\operatorname{tg} c$ und $f(c)$ (wenn $f(c)$ den zweiten Summanden in Gl. (III) bedeutet), daß die kleinste Wurzel dieser Gleichung z. B. im Falle $\alpha = 0,2$ sich ergibt mit $c = 0,791$ oder im Falle $\alpha = 0,4$ mit $c = 1,802$, während die zur kleinsten Knicklast gehörigen Wurzeln betragen $c = 3,001$ bzw. $c = 2,347$. Es ist also in der transzendenten Gl. (III) nicht die kleinste, sondern die dem Werte π am nächsten liegende Wurzel aufzusuchen.

⁸⁾ Der Band 94 vom Génie Civil (1929) enthält in sieben Aufsätzen eine lebhaft Auseinandersetzung über die genäherte Berechnung der Knickfestigkeit flacher Bogenträger; es fehlt dort jeglicher Hinweis auf die damals schon bekannten Lösungen von Mayer, Chwalla und Fritsche, deren Kenntnis die Debatte völlig überflüssig gemacht hätte.

im Bau befindet, das 321 m Länge, 40 m Breite und 13 m Tiefe hat. Der Kohlen- und Holzhafen hat 15 ha mit 11 m Wassertiefe, und der neue Handelshafen 50 ha mit 10 bis 20 m Wassertiefe. Insgesamt sind 8 km Kailänge vorhanden mit vier Kohlenverladeanlagen und 35 elektrisch betriebenen Kranen. Auch hier bestehen die Hafenbauten meist aus auf einem Steinkörper ruhenden aufeinandergesetzten künstlich hergestellten Blöcken mit Ausnahme einiger kleineren Teile, die entweder aus Eisenbetonsenkasten hergestellt oder mittels Druckluftgründung errichtet wurden.

Der Hafen von Catania ist sehr heftigen Stürmen aus O bis SO mit Wellenhöhen über 7 m ausgesetzt (Abb. 18 bis 21). Die Wasserfläche beträgt jetzt 66 ha und ist von einem 1,86 km langen nord-südlich verlaufenden Hauptwellenbrecher und einem kleineren ost-westlich verlaufenden Wellenbrecher eingeschlossen. Die Wassertiefe beträgt 7 bis 10 m, die gesamte Kailänge 3 km und die Landfläche 15 ha. Der Hauptwellenbrecher besteht, wie Abb. 19 zeigt, in seinem 1,12 km langen älteren Teil aus einem eingeschütteten Steinkörper mit einer Krone aus künstlich hergestellten Betonblöcken. Der neuere Teil (Abb. 20)

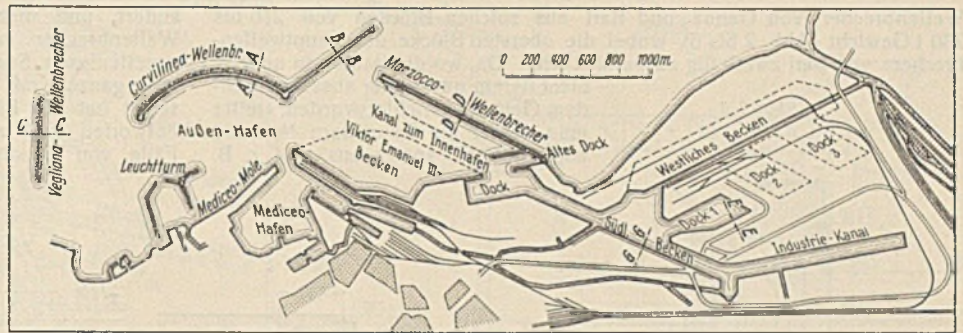


Abb. 7.

hergestellt. Die Zufahrt zum Marghera-Hafen geschieht vom Marinehafen durch den Victor-Emanuel-III.-Kanal, der 4 km lang und 90 m breit ist und 10 m Wassertiefe hat. Ein 3 m tiefer Kanal führt zum Brentakanal und stellt die Verbindung zur Lagune her. An den Victor-Emanuel-III.-Kanal ist der Petroleumhafen mit 40 ha Wasserfläche an-

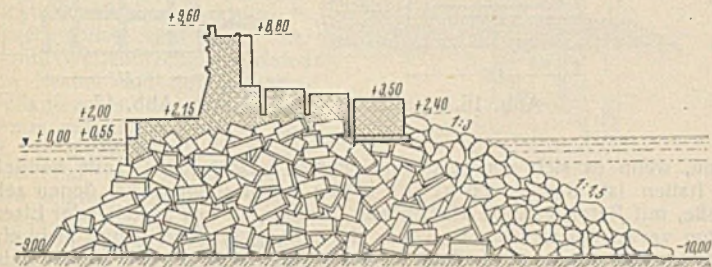


Abb. 8.

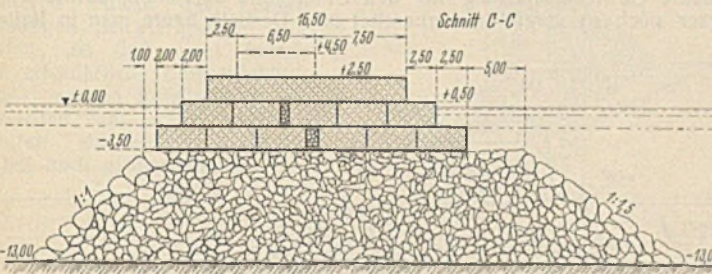


Abb. 9.

besteht aus großen aufeinandergesetzten künstlichen Blöcken, die auf einem aufgeschütteten Steinkörper ruhen. Dieser Teil wurde zerstört, aber in gleicher Weise wieder aufgebaut. Abb. 21 läßt die Übergangsstelle erkennen.

Der Hafen von Ravenna ist der einzige bedeutende italienische Hafen, der landeinwärts liegt und durch einen Kanal, den 10 km langen Corsini-Kanal, mit der See verbunden ist (Abb. 22 u. 23). Der eigentliche Hafen hat eine Wasserfläche von 3,6 ha. Die Mündung des Kanals ist durch zwei parallele Wellenbrecher von 600 m Länge mit 40 m Abstand voneinander geschützt und stellt gleichzeitig einen kleinen Hafen von 8 ha Wasserfläche dar. Die Wassertiefe beträgt 5,5 m, die gesamte Kailänge 2,61 km. Die Kaimauern bestehen aus Kastenfangdämmen, die teilweise in Holz, teilweise in Eisenbeton ausgeführt und landseitig durch eine Steinschüttung gesichert sind. Die Kaimauerkronen sind teils gemauert, teils aus Blöcken errichtet.

Der Hafen von Venedig besteht aus dem alten an der Ostseite gelegenen, heute Marinezwecken dienenden Hafen und dem neuen, erst in den letzten Jahren erbauten Marghera-Hafen (Abb. 24 bis 26). Der letztere umfaßt eine Fläche von 2000 ha des früher dort vorhandenen Sumpf- und Schwemmlandes. An den kanalartig ausgebildeten Hafenbecken liegen acht Kais, je 1000 m lang und 220 m breit. Zur Zeit ist der Kohlenhafen im Bau mit 1,63 km Kailänge und 9 m Wassertiefe, die später auf 10 m vertieft werden soll. Der Aufbau der Kaimauern ist aus Abb. 25 ersichtlich. Sie werden entweder aus aufeinandergesetzten künstlich hergestellten Blöcken errichtet oder als Hohlkörper mit Hilfe von Druckluftgründung

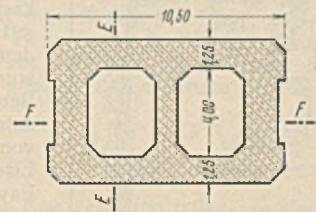
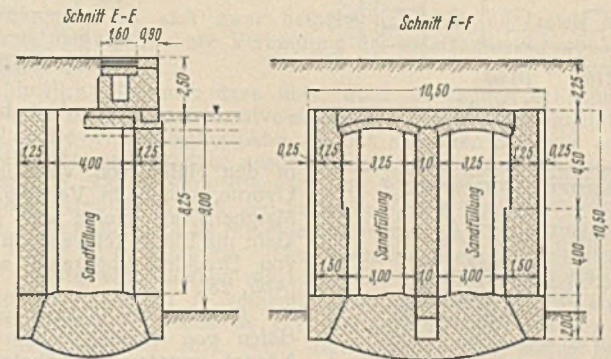


Abb. 10.

geschlossen. Bis jetzt sind 1200 ha Industriegelände verfügbar, das von einem Netz kleiner 100 m breiter und 9 m tiefer Kanäle von 8 km Länge durchzogen ist. Dort sind bis jetzt 74 Betriebe mit einer Gesamtfläche von 3,4 Mill. m² und 7300 Arbeitern und Angestellten angesiedelt.

Grundsätzlich bestehen alle italienischen Hafenbauten aus durchgehendem Mauerwerk aus künstlichen Blöcken aus Puzzolanzementen, die auf einer Steinschüttung gelagert sind. Im Laufe der Zeit wurden lediglich die Abmessungen der Blöcke größer und größer. So bestehen die

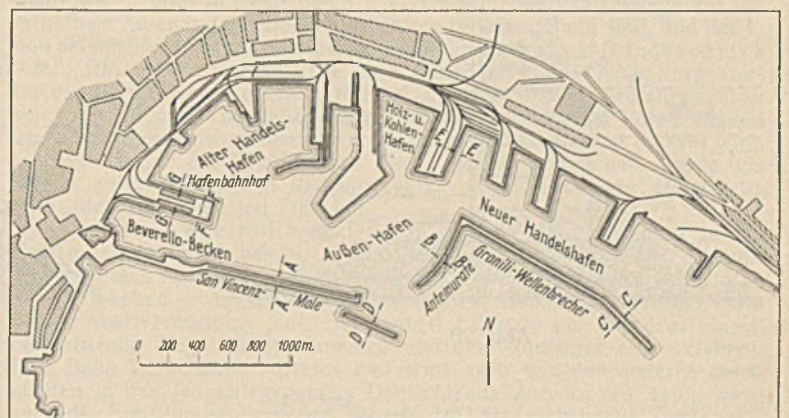


Abb. 11.

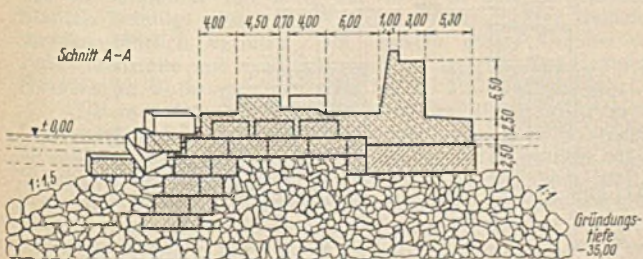


Abb. 12.

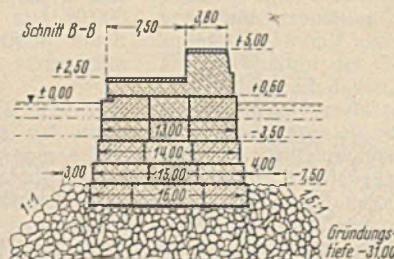


Abb. 13.

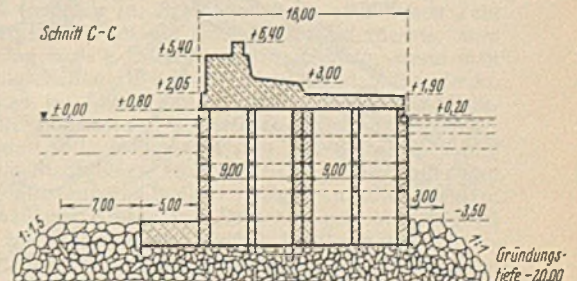


Abb. 14.

Wellenbrecher von Genua und Bari aus solchen Blöcken von 210 bis 230 t Gewicht (Abb. 2 bis 6), wobei die obersten Blöcke des Hauptwellenbrechers von Bari zweifach ausgeführt sind. Da, wo die Bauten in neuem, nicht tiefem und später auszubaggerndem Gelände errichtet wurden, stellte man zuerst die Kalmauern her und baggerte erst später aus, wie z. B.

ändert, und man baut auch heute noch in Italien hochbeanspruchte Wellenbrecher mit senkrechten Wänden, an denen die Wellen der gezeitenlosen See nach der offenen See zurückgeworfen werden, statt ihre ganze Kraft gegen den Wellenbrecher wirken zu lassen. Cagli selbst hat die Bauten von Neapel (Abb. 11 bis 17) und anderen Häfen entworfen und ausgeführt und ist der Ansicht, daß trotz einzelner Fälle von Zerstörung die gewählte Bauform beizubehalten ist, auch

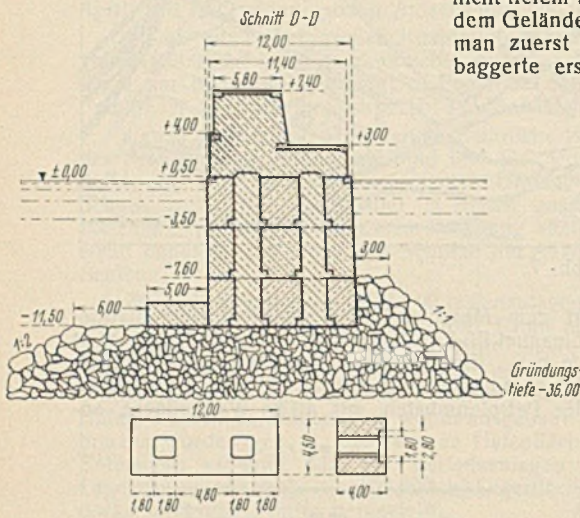


Abb. 15.

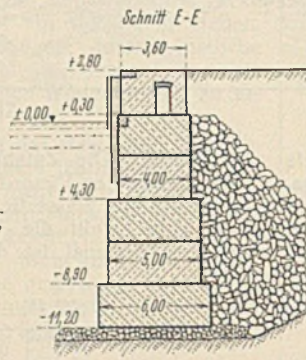


Abb. 15a.

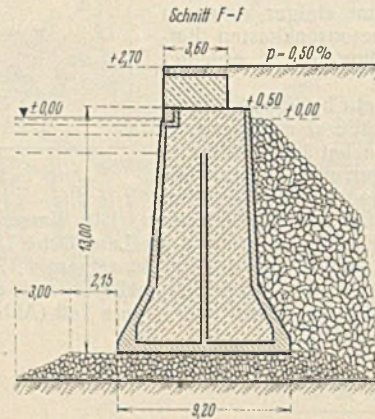


Abb. 16.

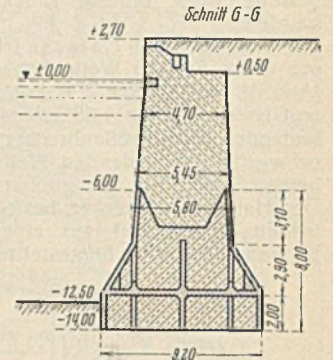


Abb. 17.

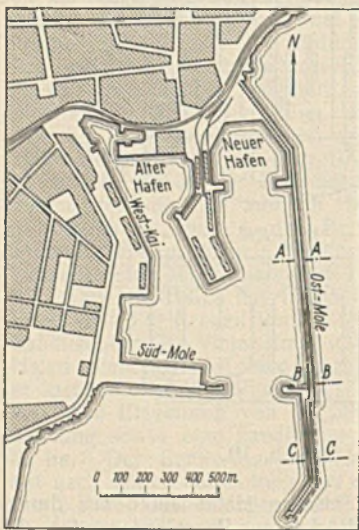


Abb. 18.

in den Häfen von Venedig und Livorno, wobei in Venedig beim Marghera-Kai infolge der großen Tiefe die Blöcke teilweise mit Hilfe von Druckluft abgesenkt wurden (Abb. 25).

An einzelnen Stellen in den Häfen von Venedig, Genua und Neapel wurden Eisenbetonsenkboxen verwendet, die nachträglich mit Puzzolanement ausgefüllt wurden. Bei Wassertiefen unter 6 m wurden Kastenfangdämme mit Betonfüllung verwendet mit Ausnahme einzelner Teile in den Häfen von Venedig und Livorno, wo Eisenbetonpfähle nach Cognet-Ravier benutzt wurden. Abgesehen von der Veränderung der Abmessungen und den daraus sich ergebenden Änderungen hat sich im Aufbau der italienischen Kai- und Wellenbrecherbauten in den letzten 40 Jahren grundsätzlich nichts ge-

dann, wenn es sich um besonders schwer beanspruchte Teile handelt. In Italien ist man jedoch gegen solche Ausführungen, bei denen sehr große, mit Beton gefüllte einheitliche Senkkasten aus Metall oder Eisenbeton verwendet werden, weil ihre Herstellung langwierig und nicht einfach ist, die richtige Absenkung Schwierigkeiten macht, weil sie teilweise aus nicht seewasserbeständigen Teilen bestehen und schließlich eine ungeheure Gewichtsbelastung für den Untergrund darstellen, selbst wenn dieser noch so sorgfältig vorbereitet ist. Deshalb baute man in Italien

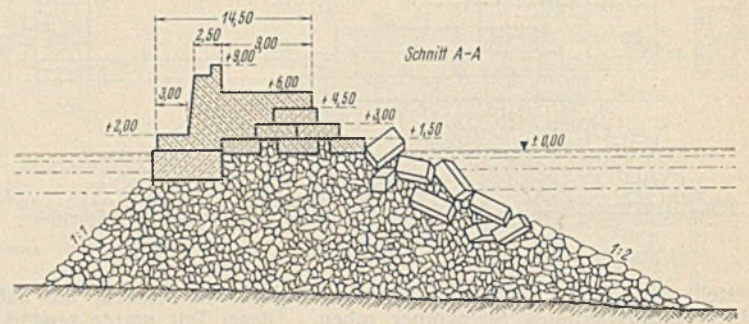


Abb. 19.

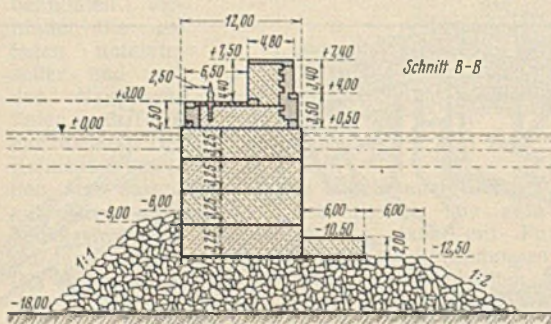


Abb. 20.

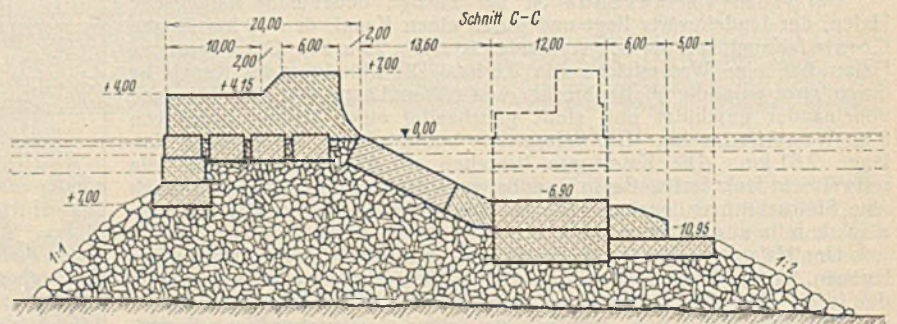


Abb. 21.

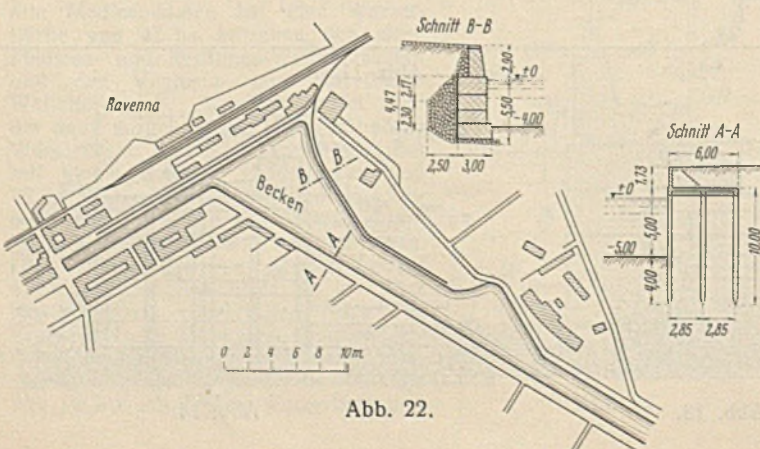


Abb. 22.

zunächst solche Wellenbrecher, die aus einzelnen, 5 bis 6 m langen mit Zellen versehenen, aneinandergeschichteten Blöcken bestehen. Die großen Zellenöffnungen wurden später von oben mit Beton gefüllt, um einen

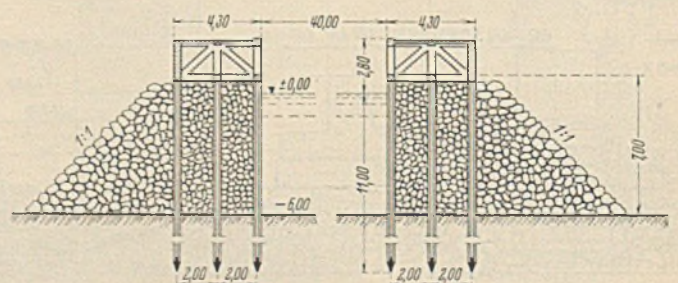


Abb. 23. Schnitt durch den Corsini-Kanal.

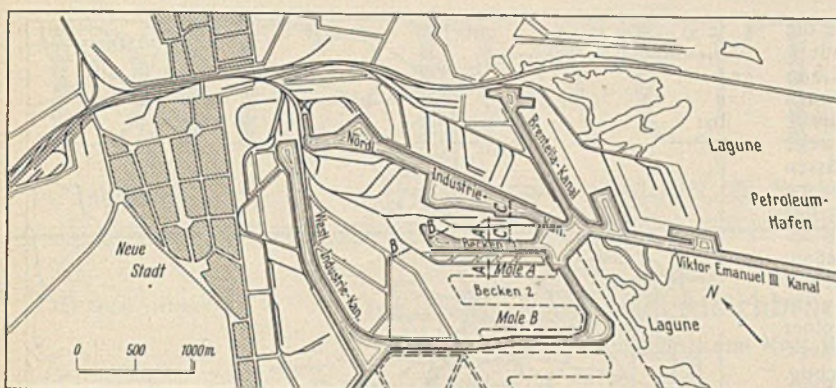


Abb. 24.

durchgehenden einheitlichen Baukörper zu erhalten. Die waagerechten Trennfugen wurden mit Blei oder anderem Dichtungsmittel abgedichtet. In dieser Weise sind z. B. der Granit-Wellenbrecher im Hafen von Neapel und der Umberto-Wellenbrecher im Hafen von Genua ausgeführt (Abb. 2 und 13, 14), deren Blöcke je 260 m³ groß sind und 220 t wiegen. Bald zeigten sich jedoch Nachteile, die auf die großen Zellenöffnungen zurückzuführen waren, die die Blöcke schwächten, wobei außerdem beim späteren Füllen der Zellenöffnungen Schwierigkeiten auftraten, so daß nicht immer die erforderliche Einheitslichkeit eines solchen Querschnitts zu erreichen war. Bei späteren Bauten wurden die Blöcke daher noch größer gemacht, die

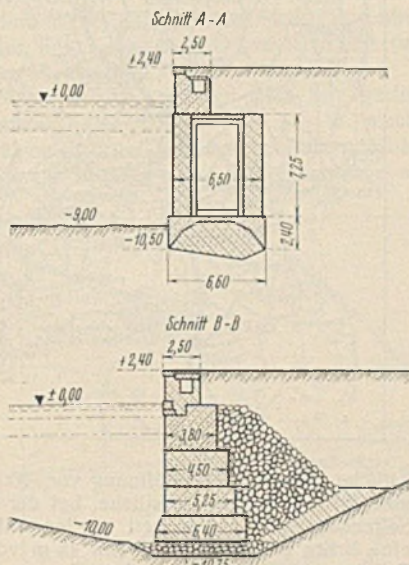


Abb. 25.

Vermischtes.

Der Bau von Radfahrwegen. Wegen der geringen Kosten für die Beschaffung und Unterhaltung sowie wegen seiner Schnelligkeit, Beweglichkeit und Platzersparnis ist das Fahrrad heute für Millionen deutscher Volksgenossen zu einem unentbehrlichen Beförderungsmittel geworden, das hauptsächlich dem Berufsverkehr dient. Durch die Benutzung des Rades als Verkehrsmittel wird die Lebenshaltung des Arbeiters verbessert; hat man doch z. B. festgestellt, daß er durchschnittlich mehr als 7 RM monatlich beim Gebrauch des Fahrrades an Fahrgeldern spart. Dazu kommen gesundheitliche Vorteile, da das Fahrrad das einzige Beförderungsmittel ist, das den Benutzer zu eigener Bewegung in der frischen Luft zwingt. Laut Verkehrsstatistik hat in den Jahren 1925 bis 1934 der Anteil des Radfahrverkehrs am gesamten Straßenverkehr von 30 auf 40% zugenommen. Die Zahl der Fahrräder wird z. Z. in Deutschland auf 17 Mill. geschätzt. Diese Aufwärtsentwicklung wird noch weitergehen, weil durch die Bestrebungen, die städtischen Wohnviertel aufzulockern und ländliche Siedlungen zu schaffen, dem Fahrrad als Verkehrsträger steigende Bedeutung zukommt.

Wo die Belastung des Straßennetzes mit dem Kraftwagenverkehr am stärksten ist, weist auch der Radfahrverkehr die größte Verkehrsdichte auf. Infolgedessen wird die Abwicklung des mit den verschiedensten Verkehrsmitteln gemischten Straßenverkehrs immer schwieriger. Hinzu kommt, daß die Kraftwagen bei starkem Radfahrverkehr nur mit verminderten Geschwindigkeiten fahren können, so daß hierdurch wirtschaftliche Schädigungen für den Kraftfahrer nicht ausbleiben. Der Radfahrer mit den technischen Besonderheiten seines Beförderungsmittels bildet eine Gruppe Verkehrsteilnehmer, die zwischen den Fußgängern und den übrigen Fahrzeugen steht.

Wo beide Verkehrsmittel auf stark belasteten Straßen auf eine gemeinsame Fahrbahn angewiesen sind, läßt sich leider die Erfahrung machen, daß die Radfahrer mit mehr als 50% an den Verkehrsunfällen in den Städten beteiligt sind. 650 Radfahrer verunglückten tödlich, und 80 000 werden jährlich verletzt. Die meisten dieser Unfälle wurden durch Zusammenstöße mit Kraftfahrzeugen verursacht. Der dadurch verursachte Schaden an Volksvermögen wird auf 40 Mill. RM geschätzt.

Will man diese Unzuträglichkeiten beseitigen, will man die Sicherheit, Leistungsfähigkeit und Wirtschaftlichkeit des Straßenverkehrs auf einen Höchstwert bringen und die Benutzung des Fahrrades im Interesse der Wohlfahrt und Gesundheit des Volkes fördern, dann gibt es nur eins: mehr Radfahrwege bauen! Berlins Unfallstatistik zeigt, daß auf 10 km Radfahrwegen drei Fahrer tödlich verunglückten, auf der gleichen Strecke einfacher Straßen dagegen 25. Infolgedessen ist die Forderung nach getrennten Fahrbahnen für die verschiedensten Verkehrsmittel immer dringender geworden. Schon gibt man dem Autovekehr eigene kreuzungsfreie Fahrbahnen; aber der nationalsozialistische Staat richtet seine Sorge

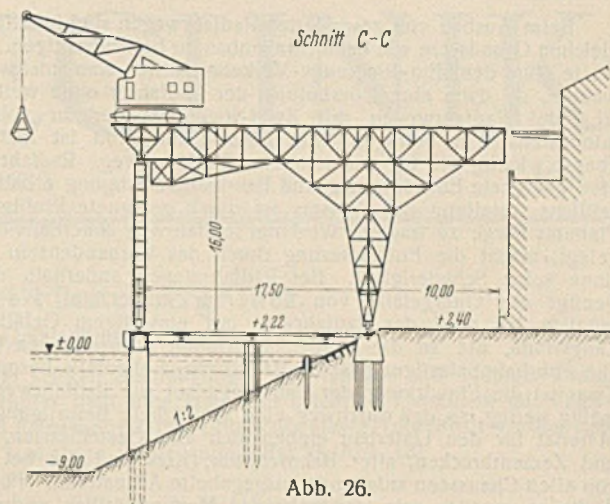


Abb. 26.

Zellenöffnungen an sich zwar beibehalten, aber nur noch so groß bemessen, daß eine sichere Verbindung der aufeinanderliegenden Blöcke möglich ist.

Schließlich ging man dazu über, auch die kleinen Zellenöffnungen wegzulassen und nur noch massive einheitliche Blöcke aufeinanderzusetzen. Der Umberto-Wellenbrecher (Abb. 3), der schweren Stürmen aus SSW mit Wellen bis zu 6 m Höhe ausgesetzt ist, besteht zum Teil aus solchen Blöcken, die 300 bis 350 t wiegen. Die Sohle liegt 11,5 m unter NW. Die Blöcke sind 12 m dick und verbreitern sich nach der Sohle zu auf 13,5 m. Die Außenseite ist mit einem Schutzwall aus künstlichen Blöcken von 5 × 2 × 1,5 m geschützt. Der Fundamentkörper ist seeseitig 11 m breiter und hat eine Neigung von 1:2. Der San Vincenzo-Wellenbrecher in Neapel (Abb. 15) ist in seinem Endteil 12 m dick. Die Sohle liegt 11,5 m unter NW. Er besteht aus drei Schichten von Blöcken, die je 410 t wiegen. Hier sind noch durchgehende Zellenöffnungen von 1,8 × 1,8 m vorgesehen, die dann mit Beton gefüllt werden. Auch hier ist seeseitig ein Schutzwall aus künstlichen Blöcken von 5 × 3 × 2 m vorgesehen, die auf dem um 11 m breiteren Fundamentkörper ruhen, dessen Böschung eine Neigung von 1:2 hat. Ähnlich sind die Wellenbrecher von Bari und Catania gebaut, deren Blöcke je 320 bzw. 300 t wiegen (Abb. 20). Schm.

nicht allein auf den Bau großer Kraftverkehrsstraßen, sondern er sorgt auch für die Volksgenossen, die mit geringeren Mitteln ihrer täglichen Arbeit nachzugehen haben.

Radfahrwege tun not! Dieser Forderung gab auch der Generalinspektor für das deutsche Straßenwesen, Dr. Todt, Ausdruck, als er am 23. November 1934 u. a. erklärte, daß das Straßenbauprogramm der Reichsregierung unvollständig wäre, wenn es nicht auch den Bau von Radfahrwegen vorsehen würde. In diesem Zusammenhang mag erwähnt werden, daß etwa 1/5 aller in Deutschland z. Z. vorhandenen Radfahrwege auf unmittelbare Anregung des Generalinspektors zurückzuführen sind, und daß in den beiden letzten Jahren allein 700 km mit einem Kostenaufwande von etwa 3 Mill. RM. gebaut wurden. Die unter dem Einfluß des Generalinspektors für das Straßenwesen gegründete Reichsgemeinschaft für Radfahrwegbau sorgt mit ihren 16 Gaustellen dafür, daß der Gedanke der Notwendigkeit eines Schutzes der Radfahrer durch eigene Wege immer mehr erkannt wird.

Auf Grund der Ermittlungen dieser Reichsgemeinschaft wurde ein Bedarf an vordringlichen Radfahrwegen von rd. 40 000 km festgestellt, vorhanden sind aber erst 5000 km.

Stadtbaurat Wiethof berichtet, daß z. B. die Stadt Duisburg in den letzten Jahren damit begonnen hat, dem stark angestiegenen Radfahrverkehr durch Anlage von Radfahrwegen Rechnung zu tragen. Trotz aller Schwierigkeiten — besonders auf finanziellem Gebiete — hat die Duisburger Stadtverwaltung jede Gelegenheit benutzt, um auf dem einmal beschränkten Wege weiterzukommen und dem Radfahrer eine gefahrenfreie Bahn zu schaffen. Dieses Ziel wird auch von den anderen Großstädten in den Industriegebieten Deutschlands anzustreben sein, wenn auch die Ermittlungen ergeben haben, daß das vorhandene Straßennetz in dem dicht bevölkerten Westen Deutschlands von Radfahrern besonders stark in Anspruch genommen wird. Im Ruhrgebiet ist die Anlage von Radfahrwegen einmal aus Gründen zur Beseitigung der sehr hohen Zahl von Verkehrsunfällen von Radfahrern ein unbedingtes Erfordernis, zum andern ist hiermit auch eine soziale Erleichterung verbunden, wenn man an den Verkehr der Gefolgschaften zu und von den Arbeitstätten denkt.

Abgesehen davon, daß für Anlage und Linienführung von Radfahrwegen im allgemeinen die Verhältnisse der Straßen, in deren Zuge der Radfahrweg angelegt werden soll, maßgeblich sind, ist bei der Planung zwischen Radfahrwegen im Stadtgebiet, also innerhalb der Ortslage, und solchen auf Landstraßen, also außerhalb der Ortslage, zu unterscheiden. Die übliche und zweckmäßigste Anlage von Radfahrwegen in genügend breiten Stadtstraßen sind zwei Fahrstreifen zwischen Fahrbahn und Bürgersteig. Am vorteilhaftesten legt man Radfahrwege außerhalb der Ortslage außerhalb der Baumreihen an, weil hierdurch der Radfahrer vor dem Schleudern der Lastwagenanhänger und vor der Blendwirkung der Autoscheinwerfer geschützt wird.

Beim Ausbau von gesonderten Radfahrwegen sind im allgemeinen die gleichen Grundsätze wie beim Straßenbau zu berücksichtigen. Als Mindestbreite für den Ein-Richtungs-Verkehr sollte man nicht unter 1,5 m wählen, da dann eine Überholung der Radfahrer ohne weiteres möglich ist. Bei Radfahrwegen mit Zwei-Richtungs-Verkehr soll die Breite mindestens 2 m betragen. Ein guter Untergrund ist für Radfahrwege ebenso wichtig wie für jeden anderen Verkehrsweg. Radfahrwege müssen eine geeignete Entwässerung und Fahrbahnbefestigung erhalten. Für eine seitliche Ableitung des Wassers ist durch geeignete Profilgestaltung des Planums Sorge zu tragen. Wird der Radfahrweg innerhalb der Straße angelegt, macht die Entwässerung durch das Vorhandensein der Straßensrinne keine Schwierigkeit. Bei Radfahrwegen außerhalb der Fahrbahn genügt ein Quergefälle von 1,5‰ zur Straße hin. Wo dieses nicht möglich ist, wird der Radfahrweg mit einseitigem Gefälle und einer Längsrinne, die an die Straßensrinne anzuschließen ist, angelegt. Die Fahrbahnbefestigung ist für Radfahrwege ebenfalls besonders wichtig. Zwar ist die Einwirkung der Fahrzeuge auf die Radfahrwege verhältnismäßig gering, so daß durchweg eine schwächere Befestigung genügt. Als Material für den Unterbau eignen sich alle Gesteinsarten, auch Ziegel- und Zementbrocken, alter Bahnschotter, Kies und das bei dem Umbau von alten Chausseen anfallende ausgegabelte Altmaterial. Für den Westen dürfte es gegeben sein, die in großen Mengen örtlich vorhandene Hochofenschlacke sowohl als Unterbau, als auch in Verbindung mit Teer als Deckenbefestigung zu verwenden.

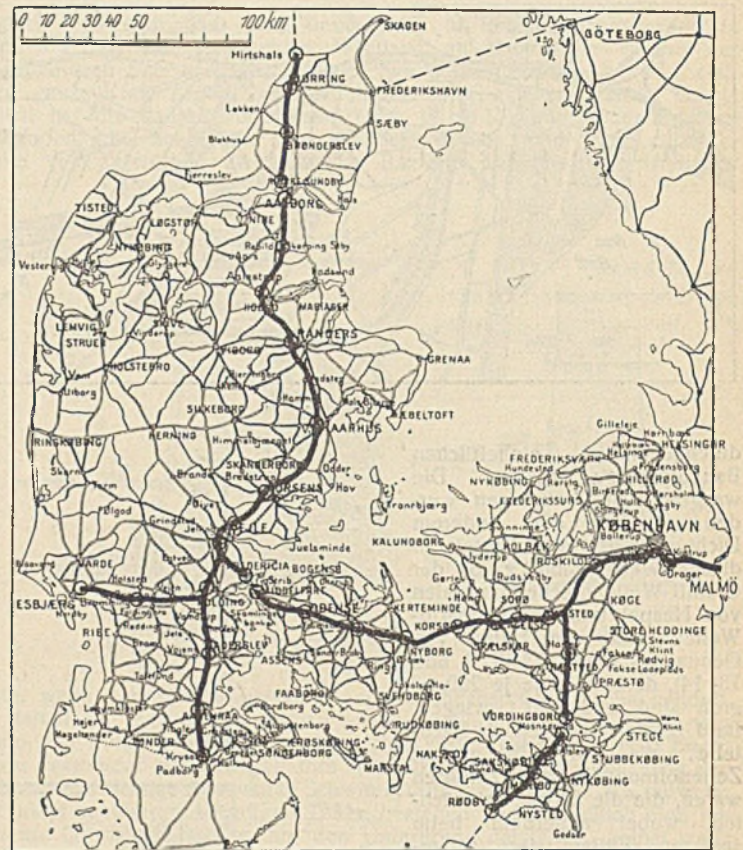
Würde man Kesselasche oder Schlackensand ohne Bindung durch Teer oder Asphalt verwenden, so bestände die Gefahr der Nichtbenutzung dieser Fahrbahn durch die Radfahrer infolge von Staubbildung im Sommer und von Aufweichen bei feuchtem Wetter und Frost. Diese Nachteile würden zur Folge haben, daß die Radfahrer ihre Sonderwege verlassen und die Straßensrinne benutzen, wenn diese für sie bequemer fahrbar ist. Deshalb ist man in vielen Gegenden dazu übergegangen, an Stelle bindenden Sandes Straßenteer zu benutzen. Am Niederrhein wird in großem Umfang Teer verwendet, weil er im Gebrauch billig ist und sich auch auf Aschenbahnen, die den Vorteil haben, daß das Oberflächenwasser sehr schnell versickert und der Weg stets trocken bleibt, gut bewährt hat. Anderenorts, besonders in zahlungskräftigen Gemeinden, haben sich Zement und sogar Pflaster als Belag für Radfahrwege bewährt. Bei Verwendung von Straßenteer besteht der Vorteil einer weitgehenden Anpassung an die Verkehrsstärke durch Benutzung der verschiedenen aus dem allgemeinen Straßenbau bekannten Bauweisen. Die Oberflächenverteilung, die man heiß oder kalt anwenden kann, bildet einen schützenden, wasserabweisenden Überzug über eine vorhandene oder eine mit einfachsten Mitteln herzustellende Decke, die immer noch die billigste Form von guten und haltbaren Radfahrwegen darstellt. Sie genügt dort, wo man aus finanziellen Gründen auf die hochwertigeren Bauweisen, die in der Tränkung der Decke oder dem Aufwalzen einer geteerten Steinschicht bestehen, verzichten muß. Dabei muß aber darauf geachtet werden, daß die Oberfläche zum Schutze gegen Witterungseinflüsse dicht geschlossen ist.

Wenn man sich auch bei der Planung von neuen Radfahrwegen in erster Linie nach den vorhandenen Geldmitteln richten muß, so zeigen doch die schon erzielten Erfolge, daß auch das Geldproblem zu lösen ist, wenn ein starker Wille die Dinge vorwärtstreibt. Dr. Flemmig.

Straßen- und Brückenbauten in Dänemark. Auf einer Fläche von 43 000 km² mit gegen 4 Mill. Einwohner besitzt Dänemark ein Straßennetz für den durchgehenden Verkehr von rd. 51 700 km Länge. Davon sind 7700 km Hauptstraßen, die in gutem Zustande sind, und 44 000 km Straßen von geringerer Bedeutung, die aber auch gut befahrbar sind. Zu diesen Straßen kommen noch die städtischen Straßen und solche von örtlicher Bedeutung, die das Netz insgesamt auf 62 000 km bringen¹⁾. Auf 100 km² entfallen also ungefähr 140 km, auf 1000 Einwohner ungefähr 16 km Straßenlänge. Damit übertrifft die Dichte des dänischen Straßennetzes die von Deutschland und England mit 50 und 65 km/1000 km² sehr erheblich, und nur Frankreich kommt ihm mit 120 km/1000 km² nahe.

Die dänischen Straßen haben von jeher eine gute Gründung gehabt, und als der Kraftwagenverkehr aufkam, der eine bessere Beschaffenheit der Oberfläche erfordert als der Pferdeverkehr, brauchte man zunächst nichts weiter zu tun, als auf die vorhandenen Straßen eine neue Decke aufzubringen. Bis jetzt haben etwa drei Viertel der Hauptstraßen eine solche Decke mit Teer- und Asphaltemulsion als Bindemittel erhalten, der größte Teil der Straßen von geringerer Bedeutung hat aber noch eine Decke aus wassergebundenem Schotter.

Neuerdings wird geplant, dem Beispiel Deutschlands folgend, in Dänemark ein Netz von Kraftwagenstraßen zu schaffen²⁾. Drei Großunternehmen des Straßen- und Tiefbaues haben einen Zehnjahresplan aufgestellt, der zur Bekämpfung der Arbeitslosigkeit seinen Teil beitragen soll — es gab Ende Februar 1936 in Dänemark etwa 120 000 Arbeitslose — und nach dessen Durchführung ein Netz von Kraftwagenstraßen von rd. 700 km Länge vorhanden sein wird. Diese Straßen sollen zwei durch einen Mittelstreifen getrennte Fahrbahnen erhalten und frei von allen Kreuzungen mit anderen Verkehrswegen in gleicher Höhe sein³⁾. Eine solche Straße soll das Land in der Richtung von Süden nach Norden von der Grenze gegen Deutschland bis Hirtshals durchziehen (s. Abbildung), eine zweite soll in der Ost-West-Richtung verlaufen und Kopenhagen mit Esbjerg verbinden. Die letztgenannte Straße würde die neue Brücke über den Kleinen Belt benutzen, der Große Belt müßte zur Verbindung der Inseln Seeland und Fünen auf einem Damm von insgesamt 17,5 km Länge überspannt werden⁴⁾. Dabei sind zwei Fahrtrassen zu überbrücken, eine



östliche mit einer Mittelöffnung von 400 m und zwei seitlichen Öffnungen von 267 m, und eine westliche, bei der die Mittelöffnung 160 m, die zwei Seitenöffnungen 140 m weit werden sollen. In der östlichen Brücke soll eine lichte Durchfahrthöhe von 45 m vorgesehen werden, im westlichen Teile soll dieses Maß nur 30 m betragen, doch soll hier eine Hubbrücke eingebaut werden. Neben einer zweigleisigen Eisenbahn sollen die Brücken eine 9,2 m breite Fahrbahn und einen Fuß- und Radfahrweg von 3 m Breite aufnehmen. Die Gründung dieser Brücken wird Schwierigkeiten bieten, weil an einigen Stellen der feste Baugrund 45 m unter dem Wasserspiegel liegt.

Als Fortsetzung der Ost-West-Straße soll der Öresund überbrückt werden. Hierzu wird zwischen Kopenhagen und Malmö ein 14 km langer Damm zu schütten sein, der für die zwei Schiffahrtrinnen im Öresund durch zwei Brücken von 300 m Weite zu unterbrechen ist.

Die Kosten der beiden Brücken werden zu 257 Mill. und 138 Mill. Kronen angegeben, wozu 219 Mill. für die Straßen kommen. Sie sollen auf zehn Jahre verteilt werden. Diese Beträge sollen zum Teil von der Staatseisenbahnverwaltung, die durch die beiden Brücken durchgehende Verbindungen erhält, teils durch eine Anleihe und einen Beitrag des Staates, teils durch das Ertragnis der Kraftwagen- und Betriebsstoffsteuer aufgebracht werden. Die Regierung steht dem Plan freundlich gegenüber, hohe Beamte haben an seiner Ausarbeitung mitgewirkt. Er soll demnächst den gesetzgebenden Körperschaften zur Genehmigung vorgelegt werden. Wkk.

Personalmeldungen.

Deutsches Reich. Deutsche Reichsbahn. Betriebsverwaltung. Ernannt: zum Oberlandmesser auf wichtigeren Dienstposten: die Oberlandmesser Leo Fritz in Hannover, Dartmann in Münster (Westf.), Bichler in Frankfurt (Oder) und Knepper in Wuppertal.

Versetzt: die Reichsbahnoberräte Lewerenz, Leiter der Obersten Bauleitung der Reichsautobahnen in Königsberg (Pr.), als Dezernent zur RBD Altona, Markert, Dezernent der RBD Köln, als Abteilungsleiter zur RBD Osnabrück und Wendland, Dezernent der RBD Münster (Westf.), als Dezernent zur RBD Berlin; die Reichsbahnräte Sorger beim Betriebsamt Hannover 1, als Vorstand zum Betriebsamt Ludwigslust 1, Kampf, Vorstand des Neubauamts Palmnicken, als Vorstand zum Betriebsamt Görlitz 1, Eißler, Vorstand des Betriebsamts Calw, als Dezernent zur RBD Breslau und Braunwarth, Vorstand des Neubauamts Karlsruhe, als Vorstand zum Betriebsamt Ascherleben 2; die Reichsbahnbaussessoren Borschdorf bei der RBD Berlin, als Vorstand zum Neubauamt Palmnicken und Münster beim Betriebsamt Konstanz zum Betriebsamt Heidelberg 2.

INHALT: Der Hochwasserelast bei Rügen (Mittellandkanal). — Über die Berechnung der kleinsten Knickbelastung des flachen parabolischen Zweigelenkbogens. — Die Entwicklung der italienischen Hafenbauten. — Vermischtes: Der Bau von Radfahrwegen. — Straßen- und Brückenbauten in Dänemark. — Personalmeldungen.

¹⁾ „Wegen“ 1936 vom 1. Mai. — ²⁾ Quarry and Roadmaking 1936, April. — ³⁾ Roads and Road Construction 1936 vom 1. April. — ⁴⁾ De Ingen. 1936 vom 29. Mai. Dieser Zeitschrift ist auch die Abbildung entnommen.